## **Beräkningar med kalkylbladet som utgår från exempelbostaden i Självdragsråden**

*Förklaringarna utgår från det ifyllda kalkylbladet, ver. 2. Bladen är skyddade: värden kan bara an­ges i vita fält. Hänvisningar sker till formler i Lars Jensens bruksanvisning.*

Allmänna uppgifter

1. Kalkylbladet har 12 strömningsvägar, kolumn B:M. Varje strömningsväg motsvarar ett rum med antingen till- eller frånluft. Benämningar på rummen anges på rad 7. Observera att hall, vardagsrum och kök är samman­slagna. Vardagsrum och kök är markerade som separata strömningsvägar där v-rum har tilluft medan köket har frånluft. OBS! Innan du fyllt i fler data för de olika strömningsvägarna markerar kalkylbladet med ”#######” på olika platser.
2. Fasadernas riktning anges för rummen med tillufti cell B11:E11. Observera riktningskonventionen: 90o = öster, 180o = söder, 270o = väster, 360o = norr (OBS! inte 0o. Värden mellan -1 till +1 anger vindfaktor). Den övre fasaden vetter mot SSV = 190o. Den nedre fasaden vetter mot NNO = 10o.
3. För rum med frånluft, anges form-/vindfaktorerna **fi** i cell F11:H11. Det är svårt att beräkna korrekta vindfaktorer vid avluften på taket. Man kan som en grov uppskattning ange värdet -0,5. Detta innebär att vinden orsakar ett medelstarkt undertryck vid avluften.
4. Anslutningsnivåer **zi** anges för de olika strömnings­väg­ar­na på rad 13. **zi** [m] är den vertikala höjden över golvnivån, Uteluftdonen antas i exemplet ligga 1 m över golvnivån och samtliga skorstens­mynningar på taket ligger 5 m över golvnivån. Detta innebär att Själv­dragsrådens ”lyft-/skorstens­höjd” är 5-1 = 4 m. Observera att i kalkylbladet är det möjligt att ange individuella anslutnings­nivå­er för olika uteluft­don och för olika skorstensmynningar.

Parallellkoppling av uteluftdon och läckflöde, fliken *§ Parallella komponenter*

1. Öppna fliken § Parallella komponenter för att se angivna data för uteluft­don och läckflöde. För detta används formel 5 med tryckfall [Pa] angivna som *negativt* ***a****-värde och* motsvarande luftflöden [l/s] angivna som *positivt* ***b****-värde*. Överst anges i detta exempel läckflödet (med **Ak**-värden på rad 5) ordningen mellan de parallellkopplade komponenterna saknar betydelse.
   1. Tryckfallet vid provtryckning av läckflöde anges i cell B3:E3. I exemplet antas -50 Pa.
   2. Motsvarande luftflöden anges i cell B4:E4. I exemplet antas *läckflödet* vara 1 l/s/m2 fasadyta vid provtryckning med 50 Pa. Med takhöjden 2,5 m blir inläckaget 2,5 l/s per meter fasad. För sov1, sov2, sov3 och v-rum har den verkliga fasadlängden justerats uppåt på grund av kon­sta­ter­ade läckage vid fönster- och dörrspringor (givetvis grova uppskattningar!). De uppskattade fasadlängderna anges till resp. 5, 8, 5 och 15 m. Motsvarande läckflöden vid 50 Pa anges därför till 12,5, 20, 12,5 resp. 37,5 l/s. (För att underlätta, ange istället =5\*2,5 i cell B4 osv.)
   3. Beräknade **Ak**-värden för fasadläckage anges i cell B5:E5. Ak-värdena beräknas med formel 5.
2. För de uteluftdon, som är parallellkopplade med läckflödena i respektive rum, anges uppgifterna angivna på rad 6:7, 9:10, 12:13 och 15:16, beroende på hur många don som är parallellkopplade i de olika rummen. I exemplet är det bara v-rum som har två parallellkopplade uteluftdon. För varje uteluftdon hämtas uppgifter om tryckfall (negativt **a**-värde) och tillhörande luftflöde (positivt **b**-värde) från donets tryck-flödesdiagram, figur 17 i Självdragsråden.
   1. Tryckfallet enligt tryck-flödesdiagram anges i cell B6:E6. I exemplet i samtliga fall -5 [Pa].
   2. Motsvarande luftflöden anges i cell B7:E7. I exemplet 5,5 [l/s], …
   3. **Ak**-värden beräknade för uteluftdonen anges i cell B8:E8. I exemplet 0,19 [dm2], …
   4. För ett extra uteluftdon i v-rum anges motsvarande uppgifter i cell E9:E10 och **Ak**-värdet har beräknats i cell E11.
3. Totala **Ai1**-värden, dvs. fasadens ekvivalenta genomströmningsarea för respektive strömningsväg, har beräknats i cell B18:E18. Detta sker genom en enkel summering av de parallellkopplade kompo­nen­ternas **Ak**-värden för resp. rum. **Ai1** ska utläsas som första komponenten i den i:te strömnings­vägen, där i=1 för sov1, i=2 för sov2 osv.

Seriekoppling av komponenterna i rummen med tilluft

1. Gå tillbaka till huvud­bladet. Där är paragraftecken (§) angivna på rad 16 i kolumnerna för sov1, sov2, sov3 och v-rum. Ak-värdena från *§ Parallella komponenter* är därför automatiskt överförda som kom­ponent **Ai1** i cell B17:E17. I rum med frånluft förekommer ibland många seriekopplade kom­po­nen­ter och man kan behöva an­vända alla fem komponentplatserna. Detta är möjligt så länge man inte angivit ”§” på rad 16. Om man inte vill använda hjälpfliken är det även möjligt att använda outnyttjade strömningsvägar (som ett kladdpapper) för beräkning av Ak-värden för parallell­kopp­lade komponenter. Man kan då addera beräknade Ak-värden manuellt och föra in dem på t.ex. rad 16.
2. För de flesta rummen med tilluft, är **Ai1** seriekopplad med rummets överluftdon. I exemplet gäller det inte v-rum, eftersom är vardagsrum, hall och kök ett gemensamt rum. Det är valfritt vilka rad­par som användas för att ange uppgifter om överluftdonen, dvs. om överluftdonet ska ses som kom­po­nent **Ai2**, **Ai3**, **Ai4** eller **Ai5**. **Ai1**, den översta komponenten, är däremot reser­verad för eventuell parallellkoppling med hjälpfliken *§ Parallella komponenter*.
3. I exemplet är överluftdonen benämnda som **Ai5**  och uppgifterna anges i cell B27:D28. Genom­ström­nings­arean har i samtliga sovrum uppmätts till 0,8 dm2. Detta värde fylls därför i som **b**-värde i cell B28:D28. Obs! När man anger ett uppmätt eller färdigberäknat Ak-värde ska motsvarande **a**-värde vara 0 (se bruksanvisningen).
4. De totala **Ai**-värdena för varje strömningsväg med tilluft har automatiskt beräknats på rad 30. Efter­som sov­rum­men har relativt stora överluftdon, så är Ai-värdena endast obetydligt lägre än mot­svar­an­de värden i cell B17:E17.

Seriekoppling av komponenterna i rummen med frånluft

1. Överluftdonen för bad o dusch anges som komponent **Ai5**. Uppmätta värden anges i cell G28:H28.
2. Data om frånluftskanalerna anges i cell F18:H19 och deras **Ak**-värden beräknas med hjälp av formel 6 i cell F20:H20. Diametrarna i [mm] för frånluftskanalerna i kök (200 mm), bad (200 mm) och dusch (100 mm) anges som **a**-värden i cell F18:H18. Längden är 2,5 m för alla kanalerna. Detta värde anges som **b**-värde i cell F19:H19. Man ser att den lägre diametern för duschrumskanalen får stor bety­del­se för **Ak-**värdet. (Kalkylbladets beräknade värde är något lägre än det beräknade värdet i Själv­drags­råden eftersom beräkningsmetoden är något annorlunda.)
3. Alla frånluftskanaler avslutas på taket utan någon speciell skorstenshuv, dvs. det handlar om fri utblåsning. Fri utblåsning anges som en kanalkomponent/lokal för­lust­faktor enligt formel 8, med **b**-värdet -1. Som **a**-värde anges kanaldiametern i [mm]. Data för fri utblåsning är angivna i cell F21:H22 och **Ak-**värdet är beräknat i cell F23:H23.
4. Komponenttyper för inlopp till frånluftskanalerna varierar mellan de olika våtrummen:
   1. I köket finns en hjälpfläkt som normalt är avstängd. Enligt dess tryckflödeskurva antas den ge 80 l/s vid trycket 10 Pa. Ak-värdet beräknas med formel 5 i cell F26. Motsvarande **a**- och **b**-värden matas in cell F24:F25 (OBS! tryckfallet anges som -10 Pa).
   2. Badrummet saknar frånluftdon. Detta anges som en kanalkomponent med **b**-värdet –0,1 (formel 8) samt med kanaldiametern som **a**-värde, se cell G24:G25. Det beräknade **Ak**-vär­det anges i cell G26 och blir mycket stort (9,93), dvs. begränsningen av luftflödet är försumbar.
   3. I duschrummet är monterat ett frånluftdon i form av en vanlig kontrollventil enligt figur 17 i Självdragsråden. I figuren ser man att luftflödet vid 5 Pa är endast 3,3 l/s. **a**-värdet -5 [Pa]och **b**-värdet 3,3 [l/s] anges i cell H24:H25. **Ak**-värdet be­räknas enligt formel 5 och anges i cell H26. att det beräknade **Ak**-värdet 0,11 dm2 blir mycket lågt.
5. Det finns plats för ytterligare en komponent på frånluftssidan. Den kan användas för att ange eventuella kanalböjar. För t.ex. två 90o böjar, dvs. 180o totalt, anger man 180 som **b**-värde och kanalens diameter [mm] som **a**-värde. Beräkning av Ak-värdet sker med formel 7.

Sammanställning av alla data om systemet vid vindstilla

1. På rad 30 finns beräknade totala Ak-vär­den för bostadens 7 strömningsvägar. Man ser att den största begränsningen för luftflödet finns i duschrummets frånluft (0,1 dm2) samt i sovrummen, medan strömningsmotstånden är låga i via kök och badrum (Ak**-**vär­den 1,58 resp. 1,36). Summan av Ak-vär­dena för strömningsvägarna med tilluft blir 0,31 + 0,36 + 0,26 + 0,75= 1,68 dm2 Summan av Ak-vär­dena för strömningsvägarna med frånluft blir 1,58 + 1,36 + 0,1 = 3,04 dm2. Av detta framgår att själv­drags­systemets huvudsakliga flödesbegränsning finns i tilluftsdelen.
2. Inne- och utetemperatur (Ti = 20 oC resp. Tu = 0 oC) är angivna i cell B4:B5. Motsvarande densiteter för luften beräknas i cell D4:D5. Den termiska tryckgradienten i [Pa/m] är beräknad i cell D6.
3. Anslutningstrycken anges relativt golvnivå utomhus och är beräknade på rad 14. Alla ström­nings­väg­­ar med till- resp. frånluft har samma anslutningstryck: -0,86 Pa utanför uteluftdonen resp. ‑4,32 Pa vid skorstens­myn­ning­arna för avluften på taket. Skillnaden 4,32 - 0,86 = 3,46 Pa är det s.k. termiska drivtrycket (formel 1 i Självdragsråden).
4. På rad 9 har tryckfallen **Δpi**, beräknats relativt den gemensamma hallen (i detta fall även gemen­samt med vardagsrum och kök) till 2,65 Pa mellan uteluftdon och hall, resp. 0,81 Pa mellan hall och skorstensmynningar. Obs! Summan av tryckfallen är 3,46 Pa, dvs. det termiska drivtrycket.
5. I cell G6 anges den nivå **zneutral** [m], över golvnivå, där differenstrycket över fasaden mellan inne- och uteluft är = 0 Pa. Det innebär att vid en otäthet i byggnaden på denna nivå kommer luften varken att strömma in i eller ut ur bo­stad­en. Under **zneutral** ligger inneluften i undertryck relativt uteluften. I exemplet är **zneutral** = 4,068 m, alltså på vinden. Hela bostadens vis­tel­se­zon ligger alltså i undertryck. Nivån för **zneutral** kan vara intressant i bostäder med flera våningar och visa var man riskerar övertryck. OBS! Denna beräkning gäller bara vid vindstilla.

Beräkning av luftflöden vid vindstilla

1. På rad 8 har luftflödena **qi** [l/s] beräknats för de olika strömningsvägarna. Ett positivt värde på **qi** innebär att luften rör sig mot hallen (tilluft), ett negativt att den rör sig från hallen (frånluft). Man ser att mycket lite luft går genom duschrummet (-1,16 l/s) och att det klart högsta uteluftflödet går till vardags­rummet (15,76 l/s). Totala luftflödet genom bostaden anges i cell B6 till 35,31 l/s.
2. Vid summering bör summan av alla tilluftflöden resp. frånluftflöden vara lika stora. Kalkylbladet försöker i 12 olika steg (se rad 34-38) gradvis och genom intervallhalveringar, anpassa trycket i hallen (rad 37) så att skillnaden mellan totalt tillufts- och frånluftsflöde blir så liten som möjligt. I detta fall blir slutvärdet -0,0036 l/s (cell N35 och cell M5), en relativt sett mycket liten skillnad. Om intervallhalveringarna lyckats bör värdet i cell M6 (relativa felet) vara = 0. Detta inträffar när differenstrycket i hallen till -3,5104 Pa (cell M4). Det är detta tryck som ligger till grund för beräk­ningar av tryckfall på rad 9 och beräkningar av luftflöden genom varje rum. Om värdet i cell M6 inte skulle bli = 0 kan man prova att själv ange ett annat tryck i cell L4 för att se om M6 blir = 0.

Simulering av vind i olika riktningar och olika vindhastigheter

1. I cell F4 anges vindhastigheten och i cell F5 anges vindriktningen: 90o = ostlig vind (det blåser från öster), 180o = sydlig vind, 270o = västlig vind och 360o = nordlig vind.
2. Prova att ange vindhastigheten 2 m/s i cell F4. Vindtrycket beräknas i cell F6 till 2,58 Pa, alltså fullt jämförbart med det termiska drivtrycket (3,46 Pa). Prova att ange olika vindriktningar i cell F5 och se hur luftflöden och tryck förändras. De största effekterna får man vid vind rakt mot södra fasad­en (190o) resp. norra fasaden (10o). Vid 10o byter anslutningstrycket i sov 1 (cell B14) riktning och blir positivt (1,2 Pa) och totala luftflödet blir 36,72 l/s, en svag ökning. Vid 190o blir istället anslutningstrycken på södra fasaden positiva och totala luftflödet ökar klart till 46,49 l/s. Prova att öka vindhastigheten till 5 m/s vid 190o. Nu byter luftflödet riktning i sov 1 - det blåser rakt igenom bostaden. De här övningarna visar att vinden har stor betydelse i exempelbostaden.

Simulering av installation av hjälpfläkt i duschrummet

1. Eftersom duschrummet har så lågt luftflöde simulerar vi vad som skulle hända vid montering av hjälpfläkt. Fläkten (Fresh 100T) har en kapacitet på 99 m3/h = 27,5 l/s och ett tryck på 35 Pa. För att montera fläkten måste den tidigare frånluftsventilen demonteras. När fläkten är avstängd är gör den ett motstånd mot självdraget. Hjälpfläktens värden -35 Pa (cell H24) och 27,5 l/s (cell H25) får därför ersätta de tidigare komponent­vär­dena för frånluftsventilen. Hjälpfläkten gör något mindre motstånd är den tidigare från­lufts­ventil­en och totala luftflödet genom bostaden ökar obetydligt, från 35,37 l/s till 35,67 l/s när fläkten är av­stängd. För att se vad som händer när fläkten är igång, anger man fläktens tryckstegring med   
   -35 Pa i cell H10. Det tidigare låga luftflödet -2,59 l/s kommer nu att öka till 17,64 l/s, en klar förbättring. Men observera att detta sker till stor del på bekostnad av flödena i kök och badrum. Det totala luftflödet genom bostaden ökar endast till 38,5 l/s. Observera att värdet i cell M6 inte är 0 utan 0,002. Man möjligen prova att ange andra testtryck i cell L4 för att förbättra relativa flödesdifferensen ytterligare, så att värdet i cell M6 närmar sig 0. Men man måste komma ihåg att dessa simuleringar har ganska stor fel och man bör man bör nog inte intressera sig för decimalerna när det gäller beräknade luftflöden.

Sammanfattning

Om utgångsdata är någorlunda korrekta ger kalkylbladet stora möjligheter att förutse hur själv­drags­system­et kommer att reagera i olika situationer. Genom att byta ut komponent- och klimatdata i kal­kyl­bladet är det möjligt att simulera vad som kommer att hända i olika situationer. I många situationer går det också att kontrollera kalkylbladets simulerade luftflödes- och tryckdata med verkliga mätningar för att kunna korrigera kalkylbladets komponentdata i efterhand.