



Energieffektiva skolor och förskolor — Kravspecifikation för Minienergihus

Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus

Remissversion 2009-03-10

Svein Ruud, SP Energiteknik

Förord

Hösten 2005 diskuterades problemet med att byggherrar inte visste vilken nivå man kunde lägga energikraven på utan att entreprenörer skulle säga att det var omöjligt. Styrgruppen för Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus gav Forum för energieffektiva byggnader i uppdrag att tillsammans med branschen ta fram en lämplig kravspecifikation för passivhus i Sverige. Förslaget var att man skulle utgå från tyska passivhuskrav men utveckla dem för svenska förhållanden och också ta intryck av de passivhusprojekt som genomförts i Sverige. Det har också funnits önskemål om att ta fram en kravspecifikation för någonting mellan passivhus och gällande byggnorm. Denna typ av lågenergihus har givits benämningen ”minienergihus”.

Föreliggande dokument är ett förslag till frivillig kravspecifikation för minienergihus som har utarbetats av *Forum för Energieffektiva Byggnader* (benämnt FEBY i texten nedan). Dokumentet är framtaget av en teknikgrupp bestående av följande personer:

- Svein Ruud, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
- Martin Erlandsson, IVL Svenska Miljöinstitutet (redaktör)
- Eje Sandberg, ATON Teknik Konsult
- Maria Wall, Lunds Tekniska Högskola
- Åsa Wahlström, CIT Energy Management

I dag byggs både skolor och förskolor med ”passivhusteknik” men utvärderingen av sådana projekt har varit oklar då entydiga kravspecifikationer har saknats för dessa typer av byggnader. Detta förslag till kravspecifikation baseras på de kravspecifikationer som inom FEBY tagits fram för bostäder, men har anpassats för de särskilda förhållanden som gäller för enklare lokaler av typen skolor och förskolor. Vad som generellt skiljer skolor och förskolor från bostäder är högre krav på luftomsättningar vid närvaro och mycket större variation i internlast. Hårda effektkrav innebär också svårigheter att uppnå en god termisk komfort direkt efter en längre tids frånvaro med sänkt temperatur. Eventuell natt- och helgsänkning av innetemperaturen måste därför ske med försiktighet när det är som kallast. Frivärme från apparater och verksamheten i form av personvärme ger dock positiva förutsättningar för ett minskat energibehov vid närvaro under uppvärmningssäsongen. Beräkningar har visat att de ökade ventilationsförlusterna när byggnaden är i användning även i ett norrlandsklimat mer än väl kan kompenseras av den ökade värmeavgivningen från personer och utrustning. Detta under förutsättning att man har en relativt hög systemverkningsgrad på ventilationens värmeåtervinning.

Samtidigt kan en ökad termisk isolering ge upphov till ett större kylbehov. Eftersom skolor inte användas under den varmaste årstiden antas normalt att dessa inte behöver utrustas med någon aktiv komfortkyla. Förskolor stängs däremot endast under en kortare period på sommaren. Att klara högt ställda krav på termisk komfort utan aktiv komfortkyla är därför svårare för denna typ av lokaler. Även förskolor bör dock kunna utformas på ett sådant sätt att en god termisk komfort kan uppnås utan att aktiv komfortkyla ska behövas. För att uppfylla högt ställda krav på termisk komfort krävs då en mycket genomtänkt byggnadsutformning samt möjlighet till vädring och solavskärmning. Ventilationssystemet bör dock kunna utnyttjas för frikyla i form av forcerad ventilation dagtid och nattsänkning under sommarhalvåret. Även frikyla från mark eller vatten bör vara möjligt att utnyttja.

Att kravspecifikationen begränsats till skolor och förskolor beror dels på att det är en relativt enkel och homogen typ av lokaler, dels på att det bland de byggnadsprojekt som redan beviljats stöd inom Energimyndighetens externa program för Passivhus och lågenergihus inte bara fanns bostäder utan även skolor och förskolor. Det fanns därför ett behov av att snarast utarbeta kravspecifikationer för den här typen av lokaler. Kravspecifikationen avser inte sport och idrottshallar.

Kravspecifikation för Minienergihus i Sverige

Byggnadsutformningen ska tillse att ställda innemiljökrav och fuktskydd uppfylls och för bostadsbyggnader ska inte komfortkyla behövas vid nyproduktion.

Utöver de krav som anges här gäller minst krav enligt Boverkets Byggregler (BBR 16).

Passivhus och Minienergihus utgör två definitioner på lågenergihus som syftar till att uppnå byggnader med betydligt bättre prestanda än nybyggnadskraven enligt BBR 16 (BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 2008:20).

Minienergihus

Kraven på *Minienergihus* syftar till att minska behovet av tillförd effekt och energi för uppvärmning i byggnader så att erforderlig termisk komfort i byggnaden kan erhållas med kostnadseffektiva lösningar.

Kompletterande krav på resurseffektivitet rekommenderas, dels för att begränsa den totala användningen av köpt energi, d v s för driftsel, varmvatten, och värme, dels för att gynna energiform med en lågvärdig kvalitet exempelvis fjärrvärme i förhållande till köpt el. Olika energiformers kvalitet från ett resurshushållningsperspektiv beaktas därför vid formulering av krav på köpt energi.

Klassning som Minienergihus

För att använda begreppet 'Minienergihus' för en byggnad så krävs att ett antal grundläggande krav för denna typ av byggnad ska uppfyllas. På så sätt kvalitetssäkras innebörden av byggkonceptet i marknadsföring och kommunikation inom bygg- och förvaltningsprocessen.

De byggnader som uppfyller de krav som specificerats här, och där anvisade verifieringar genomförs i varje enskilt byggnadsprojekt, kan klassas som ett 'Minienergihus'. Om dessa krav uppfylls så kan detta begrepp användas för att beskriva den aktuella byggnadens prestanda för kommunikation och i marknadsföring. I sådana fall bör även referens till detta dokument göras så att innebörden av begreppet Minienergihus blir entydigt.

Kravspecifikationen för Minienergihus baseras på motsvarande kravspecifikation för Passivhus, men ställer inte riktigt lika hårda krav på effekt- och energianvändning. Inte heller de byggnadstekniska kraven är lika hårt ställda. Däremot är kraven på innemiljön desamma.

Kravspecifikation för Minienergihus i Sverige - Energieffektiva skolor och förskolor

Kraven på *Minienergihus* syftar till att minimera behovet av tillförd effekt för uppvärmning i byggnader så att erforderlig termisk komfort i byggnaden kan erhållas. Kompletterande krav på resurseffektivitet kan ställas för att begränsa även den totala användningen av köpt energi, d v s för driftsel, varmvatten, värme och eventuell komfortkyla.

Högt ställda inomhuskrav ska uppfyllas och komfortkyla ska inte behövas. Detta kräver en mycket genomtänkt byggnadsutformning samt möjlighet till vädring och solavskärmning.

Även om inga krav ställs på verksamhetsenergi så bör även denna användning begränsas. Dels för att begränsa den totala energianvändningen, men också för att undvika övertemperaturer och undvika att behov av komfortkyla uppstår.

Råd: Behovsstyrd ventilation kan vara ett sätt att reducera elanvändningen och därigenom uppnå de rekommenderade kraven på låg energianvändning. Om tilluftssystemet används för värmedistribution kan dock värmebehovet vid dimensionerande vinterfall behöva överstyra det flöde som styrsystemet för den behovsstyrda ventilationen vill styra ut. Även när byggnaden är i användning kan återluft tillämpas, men uteluftsflödet måste alltid uppfylla kraven på ventilation med avseende på ventilerad golvyta och personbelastning.

Allmänna förutsättningar

A_{temp}	Avser golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10°C begränsade av klimatskärmens insida (m ²), enligt BBR 16.
Systemgräns	Solfångare, vindkraftverk värmepumpar, pannor etc, placeras var som helst på den till byggnaden hörande fastigheten. I begreppet köpt energi ingår förluster i undercentraler, kulvertar mm från och med anslutningspunkten ¹ . I övrigt gäller systemgräns enligt BBR 16.
Gruppbyggnad	För grupp av byggnader med gemensam central för värme eller varmvatten, kan kraven tillämpas på medelvärdet för de ingående byggnaderna om dessa varierar inom intervallet +/- 10%.
Södra zonen	Motsvarar klimatzon 3 enligt BBR 16.
Norra zonen	Motsvarar klimatzon 1 och 2 enligt BBR 16

¹ Förtydligande februari 2009 av BBR, personlig kommunikation med Peter Johansson, Boverket, Dnr: 1271-525/2009.

Effektkrav

Maximalt avgiven effekt vid dimensionerande vinterutetemperatur för hela byggnaden för direkt uppvärmning beräknat enligt bilaga 2 vid två driftsfall ska högst uppgå till värde enligt nedan angivet effektkrav och förutsatt;

- **vid driftsfall 1** (när byggnaden inte är i användning):
 - avstängt uteluftsflöde
 - en dimensionerande innetemperatur på 20°C
 - areaspesifik frivärme från apparater på maximalt $0,5 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$
- **vid driftsfall 2** (i användning och vid):
 - minsta uteluftsflöde vid maximal personlast
 - en dimensionerande innetemperatur på 20°C
 - areaspesifik frivärme från apparater på maximalt $5 \text{ W/m}^2 A_{\text{temp}}$
 - personspezifisk frivärme från personer på maximalt 70 W/person
- att soltillskott inte ska medräknas.
- en dimensionerande vinterutetemperatur² bestämd enligt svensk standard SS 024310³ (se bilaga 1) med avseende på DUT_{20} , och med hjälp av beräkning av tidskonstanten enligt ekvationen nedan, se även hjälptabell i bilaga 1. För byggnad med högre tidskonstant än 300 timmar, ska ändå DUT_{20} för 300 timmar väljas. Detta för att inte varaktigheten i en period vid DUT_{20} ska bli orimligt lång. När beräknad tidskonstant ligger i intervall mellan tabellerade värden får interpolering tillämpas.

Observera att en tidskonstant och en DUT_{20} gäller för driftsfall 1, samt att en annan tidskonstant och en annan DUT_{20} gäller för driftsfall 2.

Klimatzon söder

Effektkrav Minienergihus: $P_{\text{max}} = 16 \text{ W/m}^2$

Klimatzon norr

Effektkrav Minienergihus: $P_{\text{max}} = 24 \text{ W/m}^2$

Notera:

Ställda effektkrav innebär att det inte alltid är möjligt att använda tilluftssystemet som enda värmebärare. Men möjligheten till besparingar i ett enklare distributionssystem erhålls genom att även använda tilluftssystemet. Under perioder med avstängt eller reducerat uteluftsflöde och när byggnaden inte är i användning kan återluft vara ett sätt att bibehålla tilluftssystemets värmeavgivande kapacitet.

² DUT_{20} skiljer sig ifrån DVUT, så som den definieras i BBR:2008, dvs som om ett medelvärde för *n-day mean design temperature* och *hourly mean design temperature*. DVUT enligt denna definition finns framtagna för 1,2,3 och 4 dygn i EN ISO 15927-5:2005 T1:2007. DUT_{20} ger ett konservativt värde (kallare temperaturer) i förhållande till DVUT (enligt ovanstående referenser) för tidskonstanter < 100 timmar och bedöms ge ett något positivt värde för därutöver längre tidskonstanter. Med andra ord DVUT enligt BBR i förhållande till DUT_{20} gynnar byggnader med korta tidskonstanter och missgynnar något byggnader med långa tidskonstanter (dvs tyngre byggnader). I BBR 16:s supplement för kapitel 9 (2009) hänvisas till en ny kommande uppdatering av svensk standard SS-EN ISO 15927-5 som kan användas (dvs inget krav) för DVUT, men där uppgifter saknas för långa tidskonstanter (> 96 timmar) och därför inte tillämplig här.

³ Denna standard ska tolkas så att man accepterar att rumstemperaturen ska kunna sjunka med högst tre grader vid sådana extrema utetemperaturer som infaller högst en gång på 20 år.

Tidskonstanten är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på en hastig temperaturförändring utomhus eller avbrott i värmeförseln. Tidskonstanten används här för att bestämma dimensionerande vinterutetemperatur enligt DUT_{20} (se bilaga 1) och beräknas enligt nedan:

$$\tau_b = \frac{\sum (m_i \cdot c_i)}{\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \psi_k) + \rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d + \rho \cdot c \cdot q_{läck}} \quad [s]$$

där

$\Sigma (m_i \cdot c_i)$	byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskiktet, inklusive inneväggar och bjälklag upp till 10 cm [J/K]
$\Sigma (U_j \cdot A_j)$	summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, A_j , mot uppvärmd luft, [W/K]
$\Sigma (l_k \cdot \Psi_k)$	värmeeffektörluster pga av linjära köldbryggor, [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{vent} (1 - v) \cdot d$	värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, v , och relativ driftstid, d , [W/K]
$\rho \cdot c \cdot q_{läck}$	värmeeffektörluster pga. luftläckning, [W/K]

I projekteringsskedet kan följande schablon användas för att uppskatta tidskonstanten för en byggnad enligt nedan:

Lätt byggnad: 80 h	(lätt konstruktion och krypgrund)
Halvlätt byggnad: 150 h	(lätt konstruktion, betongplatta på mark)
Halvtung byggnad: 300 h	(tung konstruktion, betongplatta/-bjälklag av betong)

För driftsfall 1 (avstängt uteluftsflöde) sätts $q_{vent} = 0$ och för driftsfall 2 (maximalt uteluftsflöde) sätts $q_{vent} = 0,35 \cdot A_{temp} + 7 \cdot n_{max}$ (liter/s), där n_{max} är maximalt projekterat antal personer i byggnaden.

Luftläckning genom klimatskalet kan mätas enligt tryckprovningssmetod SS-EN 13829 vid ett övertryck på 50 Pa, q_{50} . Vid beräkningar av okontrollerad luftläckning kan ekvation i ISO 13790:2004 användas (se bilaga 2). I driftsfall 1 sätts $V_{sup} - V_{ex} = 0$.

Vädringsbeteendet antas ge försumbara förluster vid DUT_{20} .

Råd: Vid beräkning av ventilationsförluster ska total systemverkningsgrad beaktas, d.v.s. inte bara ventilationsaggregatets temperaturverkningsgrad utan också inverkan av flödesobalans, kanalförluster, förvärmning via marken (direkt eller indirekt) och eventuell avfrostningsmetodik.

Energianvändning

Energianvändningen är i projekteringsskedet ett **prognosvärde** på köpt energi för hela byggnadens **energianvändning exklusive verksamhetsenergi**, dvs varmvatten, värme och driftsel (pumpar, fläktar etc.) samt övrig fastighetsel (allmänbelysning, hissar osv). Samma systemgränser tillämpas som byggreglerna BBR 16. Verkligen energianvändning följs upp på samma sätt som tillämpas i BBR 16.

Maximalt årligen köpt energi **bör**⁴ uppgå till högst det värde som beräknats enligt nedan angivet energikrav och förutsatt;

- en dimensionerande innetemperatur på 22°C när byggnaden är i användning och en sänkning ned till som lägst 18°C när byggnaden inte är i användning.
- att energiberäkningen för aktuell byggnad görs med beräkningshjälpmedel som minst uppfyller krav enligt ISO 13790:2008.
- att byggnaden vid beräkningen antas vara ventilerad på ett sätt som minst uppfyller gällande myndighetskrav/råd vid nominellt ventilationsflöde, d v s vid den maximala projekterade personbelastningen. Inverkan av eventuell behovsstyrd ventilation medtas.
- att vid beräkningen får areaspecifik frivärme från apparater på maximalt 5 W/m² A_{temp} och personspecifik frivärme från personer på maximalt 70 W/person inkluderas. När byggnaden inte är i användning får ett medelvärde på frivärme från apparater på maximalt 0,5 W/m² A_{temp} inkluderas. Därutöver får soltillskott medräknas, dock med rimliga antaganden utifrån antal och typ av fönster, typ av solavskärmningar, byggnadens utformning, placering etc. Överskottsvärme ska när byggnaden är i användning huvudsakligen antas bli bortvädrat och inte inlagrat i byggnadsstommen.
- en standardiserad användning av 38°C varmvatten på 0,5 m³/m² och år.

Rekommenderat energikrav⁵:

Energikravet är givet som summan av köpt energi och med hänsyn till dess kvalitet med hjälp av en energiformsfaktor i intervallet 0 till 1.

Klimatzon söder

$$\text{Energikrav Minienergihus: } (\sum 0,5 \cdot E_{fv} + 0,5 \cdot \sum E_{pb} + 0 \cdot \sum E_{s,v} + \sum E_{el}) \leq 40 \text{ kWh/m}^2$$

Klimatzon norr

$$\text{Energikrav Minienergihus: } (\sum 0,5 \cdot E_{fv} + 0,5 \cdot \sum E_{pb} + 0 \cdot \sum E_{s,v} + \sum E_{el}) \leq 55 \text{ kWh/m}^2$$

där

$E_{k\ddot{o}pt}$ Levererad/köpt energi, $E_{k\ddot{o}pt}$ [kWh/m²], tillförd byggnaden från energislagen; fjärrvärme (fv), biopanna (pb) eller el (el) eller på fastigheten genererad sol- eller vindenergi (s,v)^{6,7}.

⁴ I avvaktan på ytterligare erfarenheter från redan uppförda minienergihus i Sverige utgör "energikravet" ett beräknat bör-värde. Det kan därför accepteras att uppmätt energianvändning bli något högre än det värde som beräknats enligt ovan. Jämför med BBR:s krav som utgör ett maxvärde som alltid med normalt brukande ska understigas.

⁵ Exempel på olika energimixer som uppfyller kraven nedan finns i "Bedömning av resurseffektiva byggnader: Faktorer för olika energiformer och energislag" Erlandsson, M: Forum för energieffektiva byggnader (FEBY), mars 2009.

⁶ Till skillnad mot BBR 16 så jämförs vindkraft här med fastighetsrelaterade solceller eller solpaneler.

Byggnadstekniska krav

Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt 0,4 liter/(s m²) vid +/- 50 Pa, enligt SS-EN 13829.

Byggnaden ska ha fönster med ett verifierat U-värde på högst 1,0 W/(m² K), mätt av ackrediterat provningslaboratorium enligt standard SS-EN ISO 12567-1 för ett representativt fönster exempelvis 12x12 M dvs inklusive karm, båge och glas⁸. För övriga storlekar på glaspartier kan beräkningar göras enligt SS-EN ISO 10077-1. Byggnadens genomsnittliga U-värde för fönster och glaspartier ska vara högst 1,0 W/(m² K). Vid större glaspartier kan avsevärt lägre U-värden än 1,0 W/(m² K) krävas för att uppnå en god termisk komfort.

Ventilationssystemet får ha ett SFP-värde på högst 2,0 kW/(m³/s) vid det dimensionerande uteluftsflödet, dvs vid den maximala projekterade personbelastningen, och ska då vid DUT₂₀ ha en värmeåtervinning som reducerar ventilationsförlusterna med minst 70 % jämfört med ett rent frånluftssystem utan värmeåtervinning.

För att i efterhand kunna verifiera byggnadens energitekniska egenskaper ska energianvändningen på månadsbasis kunna avläsas för verksamhetsel, fastighetsel och värmeenergi var för sig. Driftscheman för ventilation och värmesystem ska också dokumenteras. Därutöver bör separat mätning av varmvattenanvändningen ske och en uppskattning göras av antalet närvarande under olika tidsperioder.

Innemiljökrav

Ventilationssystemet ska dimensioneras så att lokalerna vid användning ventileras med ett uteluftsflöde på minst 0,35 liter/(s m²) plus minst 7 liter/(s person).

Ljud från ventilationssystemet ska i undervisningsrum klara minst ljudklass B, enligt SS 02 52 68.

Tillufttemperatur efter eventuell eftervärmare ska uppgå till högst 52°C i respektive tilluftsdon om tilluftssystemet används som värmebärare.

Efter perioder med reducerad innetemperatur och reducerat eller avstängt uteluftsflöde ska en god termisk komfort och en god luftkvalitet vara säkerställd när byggnaden åter tas i bruk.

Byggnaden ska vara utformad, samt utrustad med möjligheter till solavskärmning och vädring, så att innetemperaturen inte överskrida 28°C mer än 80 h per år när byggnaden är i användning samt vädring och solavskärmning utnyttjas på ett optimalt sätt. Vid användning av aktiv kyla bör innetemperaturen inte överskrida 26°C mer än 80 h per år.

Råd: För att säkerställa att kraven på termisk komfort såväl som krav på maximal effekt och energianvändning uppnås, rekommenderas att man använder sig av dynamiska simuleringar vid beräkning av byggnadens funktion och prestanda. Särskilt kritiskt är att under extrema vinterförhållanden återställa en acceptabel termisk komfort direkt efter en lång period när byggnaden inte använts.

⁷ Fossila bränslen i egen panna är inte ett uthålligt alternativ varför detta inte är ett alternativ enligt gällande definition och energislagsfaktor finns därför inte med för detta alternativ.

⁸ Motsvarar samma kvalitet som svenska energiklass B för fönster.

Bilaga 1. DUT₂₀ enligt SS 02 43 10

Tabell 1 Dimensionerande temperatur på vintern. Värdena baseras på uppgifter enligt figur 2 och tabell 2 i SS 02 43 10.

	DUT ₂₀ [°C]	DUT ₂₀ [°C]	DUT ₂₀ [°C]
	80	150	300
Luleå	-25,6	-23,5	-20,6
Östersund	-24	-21,6	-18,2
Söderhamn	-18,9	-16,8	-13,8
Uppsala	-17,9	-15,9	-12,8
Karlstad	-19	-16,7	-13,1
Västerås	-17,5	-15	-11,7
Tullinge	-17	-14,9	-12
Stockholm	-16	-13,6	-10,5
Norrköping	-16,1	-14	-11,2
Linköping	-15,4	-13,1	-10
Såtenäs	-16,6	-14,4	-10,9
Karlsborg	-14,1	-12	-8,8
Kalmar	-13,5	-11,5	-8,5
Ronneby	-10,3	-8,6	-6,1
Ljungbyhed	-13	-10,9	-7,9
Torslanda (Göteborg)	-12,6	-10,9	-8,2
Ängelholm	-10,6	-8,7	-5,7
Säve	-13,4	-11,4	-8,3
Visby	-11,8	-9,8	-6,6
<i>Kristianstad</i>	<i>-12,5</i>	<i>-10,5</i>	<i>-7,3</i>
<i>Malmö</i>	<i>-11,7</i>	<i>-9,7</i>	<i>-6,5</i>

Kursivt: tillkommande orter ingår inte i SS 02 43 10.

Energieffektiva skolor och förskolor - Kravspecifikation för Minienergihus

Tabell 2 Dimensionerande markttemperatur, T_{mark} , för beräkning av maximala effektförluster för ett antal orter baserad på SS-EN ISO 13370:2007. Års- och januarivärden för luftmedeltemperaturen baseras på uppgifter från mätperioden 1930-61.⁹

Effektiv markttemp.	Marktyp:		Lera	Sand	Berg
	T-år (°C)	T-jan (°C)	T_{mark} (°C)	T_{mark} (°C)	T_{mark} (°C)
Luleå	2,0	-10,0	-2,8	-4,6	-6,4
Östersund	2,7	-8,5	-1,8	-3,5	-5,1
Söderhamn	4,7	-5,4	0,7	-0,9	-2,4
Uppsala	5,7	-4,4	1,7	0,1	-1,4
Karlstad	5,9	-4,3	1,8	0,3	-1,2
Västerås	5,9	-4,1	1,9	0,4	-1,1
Tullinge	5,6	-4,0	1,8	0,3	-1,1
Barkarby	5,9	-3,8	2,0	0,6	-0,9
Bromma (Stockholm)	6,3	-3,5	2,4	0,9	-0,6
Skara	5,8	-3,3	2,2	0,8	-0,6
Norrköping	6,9	-3,0	2,9	1,5	0,0
Linköping	6,8	-2,9	2,9	1,5	0,0
Kalmar	7,0	-1,7	3,5	2,2	0,9
Ronneby	7,1	-1,5	3,7	2,4	1,1
Ljungbyhed	7,1	-1,5	3,7	2,4	1,1
Torslanda (Göteborg)	7,5	-1,4	3,9	2,6	1,3
Visby	7,2	-0,6	4,1	2,9	1,7
Sturup (Malmö)	8,0	-0,5	4,6	3,3	2,1

⁹ Jämfört med tabellen för DUT₂₀, så saknas följande orter: Arlanda, Sätenäs (Lidköping), Karlsborg, Ängelholm och Säve (Göteborg), medan Skara tillkommit.

Bilaga 2. Beräkning av effektbehov

Effektbehovet beräknas som summan av byggnadens värmeförluster via transmission, luftläckning och ventilation vid dimensionerande utetemperatur, DUT_{20} , efter avdrag för givet schablonvärde för intern spillvärme. Vädringsbeteendet antas ge försumbara förluster vid DUT_{20} .

Beräkningen ska ske enligt följande ekvationer eller med färdiga beräkningsstöd anpassade för denna kalkyl.

$$\text{Effektkrav: } P_{\text{byggnad}} \leq P_{\text{max}} \quad [\text{W/m}^2 A_{\text{temp}}]$$

Driftsfall 1 (avstängt uteluftsflöde):

$$P_{\text{byggnad}} = \left((\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \Psi_k) + (\rho \cdot c \cdot q_{\text{läck}}) \cdot (20 - DUT_{20}) + \sum (U_m \cdot A_m) \cdot (T_{\text{mark}} - DUT_{20}) - 0,5 \cdot A_{\text{temp}}) / A_{\text{temp}} \right) \quad [\text{W/m}^2 A_{\text{temp}}]$$

Driftsfall 2 (maximalt uteluftsflöde):

$$P_{\text{byggnad}} = \left((\sum (U_j \cdot A_j) + \sum (l_k \cdot \Psi_k) + (\rho \cdot c \cdot q_{\text{läck}} + \rho \cdot c \cdot q_{\text{vent}} \cdot (1 - v)) \cdot (20 - DUT_{20}) + \sum (U_m \cdot A_m) \cdot (T_{\text{mark}} - DUT_{20}) - 5 \cdot A_{\text{temp}} - 70 \cdot n_{\text{max}}) / A_{\text{temp}} \right) \quad [\text{W/m}^2 A_{\text{temp}}]$$

där

$\sum (U_j \cdot A_j)$ summan av transmissionsförluster med hänsyn till invändiga ytan, A_j , mot uppvärmd luft, [W/K]

$\sum (l_k \cdot \Psi_k)$ värmeeffektörluster pga av linjära köldbryggor, [W/K]

$\rho \cdot c \cdot q_{\text{läck}}$ värmeeffektörluster pga. luftläckning $q_{\text{läck}}$ [l/s], luftens densitet ρ och värmekapacitet c [W/K]

$\rho \cdot c \cdot q_{\text{vent}} (1 - v)$ värmeeffektörluster pga. ventilation med hänsyn till systemets verkningsgrad, v , densitet, ρ , och värmekapacitet, c [W/K]

q_{vent} maximalt uteluftsflöde ($= 0,35 \cdot A_{\text{temp}} + 7 \cdot n_{\text{max}}$) [liter/s]

n_{max} maximalt projekterat antal personer i byggnaden

DUT_{20} och T_{mark} Värderna kan hämtas från tabell i bilaga 1.

Systemverkningsgraden, v , ska inte bara ta hänsyn till aggregatets temperaturverkningsgrad utan även till inverkan av obalans i luftflöden, värmeförluster i kanaler, förvärmning via marken (direkt eller indirekt) och eventuell avfrostningsmetodik. I projekteringskedet kan denna ansättas till 70 %.

Energieffektiva skolor och förskolor - Kravspecifikation för Minienergihus

Luftläckningen, $q_{\text{läck}}$, beräknas med hänsyn till byggnadens läge och om ventilationen inte är 100% balanserad, enligt följande ekvation baserat på EN ISO 13790:2004¹⁰:

$$q_{\text{läck}} = q_{50} \cdot e / (1 + f/e ((V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}}) / q_{50})), \text{ [l/s] där}$$

$V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}}$ är luftöverskottet mellan tilluft, V_{sup} , och frånluft, V_{ex} , [l/s]

I driftsfall 1 sätts $V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}} = 0$.

I driftsfall 2 sätts $V_{\text{sup}} - V_{\text{ex}} = q_{50} / 10$ (motsvarande ett injusterat undertryck på cirka 5 Pa)

e och f är vindskyddskoefficienter enligt tabell 3.

Tabell 3 Vindskyddskoefficienter enligt EN ISO 13790:2004.

Vindskyddskoefficienter e och f			
Koefficient e för avskärmningsklass		flera sidor exponerade	en sida exponerad
Ingen avskärmning	Öppet landskap eller höga byggnader i staden	0,1000	0,0300
Måttlig avskärmning	Förortsmiljö, landskap med träd och andra byggnader	0,0700	0,0200
Kraftig avskärmning	Byggnad i skog eller med genomsnittshöjd i city	0,0400	0,0100
Koefficient f		15	20

¹⁰ Ekvationen är inte tillämplig för beräkning av läckageflöde vid F-ventilation.