

Mätning och verifiering

**Underlag till kriteriedokument för Passivhus och
Minienergihus**

Juli 2009

ATON rapport 0904

FORUM FÖR
ENERGIEFFEKTIVA
BYGGNADER

Förord

Föreliggande dokument utgör en del av det underlag som använts inför revidering av kriteriedokumentet för Passivhus och Minienergihus för bostäder, vilka är frivilliga kravspecifikationer som utarbetats av *Forum för Energieffektiva Byggnader* (FEBY). Dokumentet är framtaget av Eje Sandberg och har varit på en remiss och diskuterats i en teknikgrupp bestående av följande personer:

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

Föreliggande rapport beskriver metoder och möjligheter, men är inte ett eget kravdokument. Den kan däremot användas som underlag för att i olika byggprojekt formulera specifika krav på hur en uppföljning och mättingsinsats ska ske.

I kapitel 1 beskrivs hur en uppföljning av krav och prestanda kan ske i byggprocessens olika skeden och med mer detaljerade och med mer detaljerade exempelbeskrivningar på hur en uppföljning baserat på projekteringsdata kan gå till kompletterat med ett stickprovsförfarande för täthetsprovningen.

I kapitel 2 beskrivs en metod för effektförlustmätning och konkreta mätanvisningar.

I kapitel 3 görs en felanalys för denna metod och en jämförande analys med ett alternativ där mer schablonvärden använts.

Innehåll

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Förord | 1 |
| 1. Verifiering inför en certifiering | 3 |
| 1.1 Sammanfattning..... | 3 |
| 1.2. Bakgrund..... | 4 |
| 1.3. Förslag | 5 |
| 1.3.1. Byggstartbesked..... | 5 |
| 1.3.2 Kontroll i byggskedet..... | 6 |
| 1.3.3. Effektförlustmätning, verifiering av effektkravet | 7 |
| 2.3.4. Årsenergimätning..... | 7 |
| 1. 4. Avslutande kommentarer/diskussion..... | 8 |
| Bilaga 1.1. Checklista. Konstruktionsdetaljer - täthet | 10 |
| Bilaga 1.2. Solskyddsberäkning sommarfallet..... | 11 |
| Bilaga 1.3. Fuktsäkerhetsbeskrivning..... | 12 |
| Bilaga 1.4. Kvalitets- och kontrollplan..... | 13 |
| Bilaga 1.5. Dokumentering av relevanta indata..... | 14 |
| Bilaga 1.6. Täthetsprovning..... | 16 |
| 2. Effektförlustmätning – Metodbeskrivning, samt anvisningar för bostadsbyggnader. | 17 |
| 2.1 Inledning..... | 17 |
| 2.2. Är energisignaturmetoden ett alternativ?..... | 18 |
| 2.3. Effektförlustmätning..... | 19 |
| 2.3.1 Mätparametrar | 19 |
| 2.4 Effektberäkning | 20 |
| Kommentar angående varmvattenförlusten | 23 |
| 2.5. Kostnader..... | 23 |
| Bilaga 2.1. Mätanvisningar | 25 |
| Ventilationens förluster, mm..... | 27 |
| Eleffekt till fläktar och pumpar | 27 |
| Yttre och inre elvärmare..... | 27 |
| Bilaga 2.2. Enkätvar för beräkning av vädringsflödet..... | 28 |
| Enkätdata flerbostadshus..... | 28 |
| 3. Effektförlustmätning - felanalys | 29 |
| 3.1. Sammanfattning..... | 29 |
| 3.2. Felanalys för flerbostadshus | 29 |
| 3.2.1 Resultat..... | 30 |
| 3.3. Felanalys för småhus | 31 |
| 3.3.1 Resultat..... | 32 |
| 3.4 Resultatdiskussion | 33 |

1. Verifiering inför en certifiering

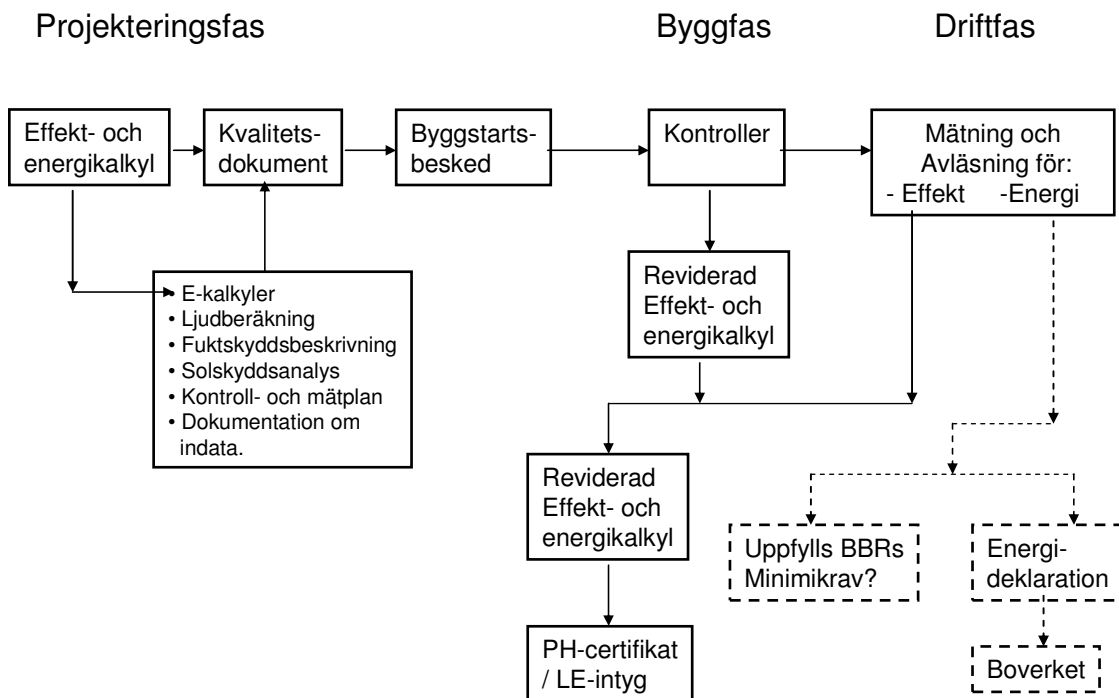
Certifiering kan ske av personer, komponenter och av byggnader. Här diskuteras endast certifiering av byggnader.

1.1 Sammanfattning

Verifiering av byggnadens prestanda för Passivhus och Minienergihus föreslås i detta PM ske enligt en metodik som också är förenlig med nu föreslagna förändringar i bygglovsprocessen.

I den läggs ett ansvar på byggherren (byggentreprenören för småhus) att redan innan kommunen ger ett byggstartsbesked utsett en kvalitetsansvarig (KA), som är en certifierad person för ändamålet och fristående från utföraren, som med en tydlig kontrollplan redovisar hur kontrollarbetet ska utföras.

Verifiering av lågenergihus (Passivhus och Minienergihus) som ska ge ett intyg (certifikat) på att byggnaden uppfyller utställda prestanda, föreslås i detta PM ske i anslutning till projektets tre faser enligt följande figur.



Figur 1. Krav och uppföljningsrutiner anslutna till PBL-utredningen, m.fl förslag på kontrollsystem i byggprocessen. Här utformat för att även inkludera intyg/certifikat för lågenergibyggnader

Vi ser en möjlighet till en certifiering av byggnadens prestanda lagd på två alternativa nivåer. Vald nivå innebär att det på certifikatet anges vilken nivå som avses:

1. Certifiering baserad på projekteringsdata, med kompletterande täthetsprovning.

Innan byggstartsbeskedet ska ett antal handlingar finnas som visar att byggnaden har förutsättningar att klara såväl uppställda energikrav som andra funktionskrav, samt hur detta ska följas upp genom kontroll och mätning i byggfasen och genom mätning av byggnadens förlusteffekt och årsenergibehov i driftfasen. I rapporten och dess bilagor ges detaljerade förklaringar och anvisningar.

2. Certifiering baserad på verifierande mätdata.

En mätinsats för bestämning av byggnadens förlustfaktor redovisas i rapporten. En sådan uppföljning har också ingått som del av uppföljning av demonstrationsprojekt för passivhus.

1.2. Bakgrund

Nuvarande texter i kravspecifikationen anger krav och förutsättningar, men inte att verifierings ska göras och inte alltid hur.

En diskussion om behovet av att kunna certifiera att ett hus uppfyller passivhuskraven har väckts från Passivhuscentrum i Alingsås. Ett sådant behov har olika utgångspunkter:

- Marknaden vill visa upp ett intyg
- Banker, försäkringsbolag eller myndighet kommer vilja att byggnaden ska ha ett intyg kopplat till prestationen, i de fall speciella lån, bidrag eller kreditförhållanden ska kopplas till prestationen.

Samtidigt finns redan ett regelverk kopplat till uppföljning av byggnadens prestanda i form av energideklarering, men formerna för detta har ännu inte etablerats.

Energiklassning av byggnader, regelverk och metodik kopplat till en sådan klassning pågår (2009) inom SIS.

Passivhuskriterierna är fler än endast ett energikrav, har ett annat upplägg och en annan nivå än BBR och kräver därför en separat metodik.

Utgångspunkten för verifieringsmetodik bör dock vara en nära anslutning till metoder som marknaden kommer att känna igen.

PBL-kommittén föreslog i sitt betänkande flera långtgående förändringar. Bl.a. föreslogs att

- bygganmälan avskaffas,
- den tekniska bedömningen görs i samband med bygglovsprövningen,
- den kvalitetsansvarige ges utökade uppgifter och ska normalt vara certifierad,
- kontrollplanen preciseras

I den uppföljande utredningen (SOU 2008:68 Prövning, tillsyn och kontroll av byggandet) föreslås att följande ändringar införs:

- Bygganmälan avskaffas till förmån för en utvidgad bygglovprocess.
- Byggherrens ansvar för att reglerna följs överförs i vissa delar till andra parter när det gäller småhus och bostadsrättsföreningar.
- Bygget kan sätta igång efter att byggnadsnämnden har utfärdat ett byggstartbesked, om utförandet kan bedömas komma att uppfylla de tekniska kraven m.m.
- En ny funktion, arbetsansvarig AA, införs för att säkerställa att en viss lägsta kompetensnivå finns på byggarbetsplatsen.
- Den kvalitetsansvarige kallas i fortsättningen för kontrollansvarig, KA.
- KA ska vara fristående från utförandet, och KA:s uppgifter utvidgas.
- Kontrollen bygger fortfarande i huvudsak på byggherrens egenkontroll, som kan kompletteras med kontroll av KA, eller av särskilt sakkunnig. Kontrollen ska dock vara tydligt definierad.
- Inför slutbeskedet ska byggnadsnämnden genomföra ett slutsamråd.

En möjlighet som därmed bör övervägas är att ansluta till denna process och för Passivhus (PH) precisera vilka krav som AA och KA ska säkerställa.

1.3. Förslag

Följande verifieringar korresponderar mot ställda krav i specifikationen. Alla andra typer av krav som ställs i normalt byggande och som ska följas upp i byggets kontrollplan ska självklart också ingå.

| Krav | Värde | Passivhusverifikat |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| Fönster U-värde | <0,90 | Leverantörsuppgift |
| Ljudklass | Klass B | Mätning – eller dokumentation på ljudprojektering. |
| Tilluftstemp. | Max 52 °C | Projekteringsvärde |
| Täthet | < 0,3 l/s,m ² | Mätning |
| Effektkrav | < xW/m ² | Kalkyl + dokumenterade indata - Effektförlustmätning |
| <u>Rekommenderade prestanda</u> | | |
| Energi | < x kWh/m ² | Kalkyl + dokumenterade indata – Energimätning |
| Inneklimat sommar | | Förenklad kalkyl eller fördjupad. – Enkät |
| Fuktsäkert byggande | | fuktsäkerhetsbeskrivning |

Byggprocessen för PH bör inkludera följande kontrollpunkter vilka här har avgränsats till de specifika krav och till de delar som är speciellt väsentliga för energieffektiva byggnader. Hur dessa kontrollpunkter inarbetas i byggherrens övriga kvalitetsarbetet är byggherrens sak att avgöra.

Samma rutiner skulle kunna användas för att erhålla ett ”certifikat baserat på projekteringsdata” oavsett om det är ett passivhus eller en minienergibyggnad som ska uppföras.

1.3.1. Byggstartbesked

För att erhålla ett PH-certifikat, skulle delar av följande handlingar kunna ingå som grundkrav och andra utgöra frivilliga kompletterande krav som byggherren själv väljer att lägga till för att säkra kvalitén i utfallet. De bilagor som de olika punkterna hänvisar till är att betrakta som tidiga utkast, mer för att illustrera hur ett uppföljningssystem skulle kunna utvecklas. De handlingar som ska ingå, skulle kunna ligga som en bilaga i ”Byggstartbeskedet”.

1. Effekt- och energikalkyl som visar att kriterierna enligt FEBY klaras och med erforderliga konstruktionshandlingar som grund. Till detta krav, kan också ingå hur dokumentering av tekniska lösningar för hur täthetskrav ska hanteras (detaljanvisningar för svåra detaljdelar, etc). Exempel på känsliga konstruktionsdetaljer ges i en checklista, bilaga 1.1.
2. Ljudberäkning, eller referens till en identisk och redan uppmätt anläggning, som visar att ljudkraven för sovrummen rimligen kommer att klaras.
3. Utbildningsintyg som visar att berörda parter har erforderlig utbildning i PH-teknik. Detta krav kommer gälla först efter att sådan utbildning utvecklats och finns tillgänglig. Ett utvecklingsarbete pågår inom EU projektet "Certified Training for Passive House Design", CEPH). Utbildning avser konstruktörer, m.fl som deltar i projekteringskedet, men också de utbildningsinsatser som avses för de hantverkare som ska anlitas.
4. Inneklimatkalkyl sommarperioden. En solskyddsberäkning rekommenderas i det fall där beräknad Solareafaktor, SA överstiger 4,8% (genomgående lägenhet) för den mest utsatta bostadsdelen, och visar att ett bra inneklimat klaras. Se bilaga 1.2.
5. En fuktsäkerhetsbeskrivning som visar att känsliga konstruktionslösningar är fuktdimensionerade bör genomföras och hur ett fuktsäkert genomförande av byggandet säkras och vilka eventuella

fuktmätningar som ska genomföras under bygpperioden, se bilaga 1.3.

För byggnader med mer komplexa system, rekommenderas att en kvalitets- och kontrollplan utarbetas som säkerställer att utlovade egenskapskrav uppfylls och som tillställs KAs ansvar, se bilaga 1.4.

En mätplan, så att erforderliga mätningar är möjliga i verifieringsarbetet.

Valda värden för konstruktionsdelarnas U-värden och köldbryggor dokumenteras på lämpligt sätt. Då bör också framgå källa, har de uppmätts och testats i ackrediterade laboratorier eller beräknats med tillräcklig noggrannhet, se bilaga 1.5A eller att använda beräkningsverktyg, ger denna dokumentation.

Valda indata för de väsentligaste installationsdelarnas funktionsegenskaper (SFP, verkningsgrad, markkanalens dimensionering, styrsystem för belysning, etc) dokumenteras på lämpligt sätt. Baseras uppgifterna på värden som ingår i leverantörens dokumentation, som uppmätts och testats referensanläggningar, i ackrediterade laboratorier eller som beräknats med tillräcklig noggrannhet. Se bilaga 1.5 B.

1.3.2 Kontroll i byggskedet

I byggskedet kan följande mätningar och anvisade metoder vara lämpliga att införa i kontrollplanen:

- Byggnadens täthet bör mätas på entreprenörens ansvar redan under byggarbetet, så att otätheterna kan åtgärdas omgående. Mätprotokoll upprättas. Mätning i efterhand kan rekommenderas i osäkra fall för att kontrollera att efterföljande byggmoment inte åter skapat läckage. Kan ske stickprovsmässigt. Se även bilaga 1. 6.
- Fukt i ingående material till ytterväggskonstruktioner, fukthalt i betongkonstruktioner mäts i den mån detta är en del i fuktsäkerhetsbeskrivningen.
- Buller från ventilationssystemet i samtliga sovrum mäts och skall klara minst ljudklass B i sovrum enligt SS 02 52 67 och vid nominellt luftflöde, dvs det luftflöde som ska gälla i normalfallet. Mätning bör ske i samtliga fall då inte ett referensvärde redan finns från annan byggnad där exakt samma utrustning teknisk lösning och samma luftflöde används. I flerbostadshus och i gruppbebyggelse bör stickprovsmätning vara tillräcklig.
- Tilluftstemperatur vid max överförd värmeeffekt avser tilluftsdonets utlopp. Max möjlig avgiven värmeeffekt och minimalt möjligt luftflöde (t.ex bortaluftflöde om detta är inställbart) används som underlag för att beräkna tilluftens möjliga temperaturhöjning och därmed maximalt möjliga tilluftstemperatur. Vid gränsfall mäts temperaturen vid idrifttagningen vid ett sådant driftfall.
- Eventuella köldbryggor kan vid lämpliga mätförhållanden mätas som yttemperatur med värmekamera/yttemperaturmätare. Resultatet skulle då kunna jämföras med förväntade värden enligt konstruktionshandlingar om sådana värden beräknats och införts.
- U-värde och G-värde för fönster kan kontrolleras via beteckningar och jämförelser med handlingar.
- Samtliga luftflöden genom aggregat mäts¹ vid nominell drift och dokumenteras. Krav bör ställas på aggregatleverantören att aggregaten ska ha fasta mätuttag för luftflödesmätning för att underlätta mätningarna. Finns också mätuttag för temperaturer kan även verkningsgrad enkelt följas upp.

Samtliga avvikelser införs i en reviderad effekt- och energikalkyl. Resultatet av samtliga avvikelser bör inte överstiga + 5 % jämfört med ställda kriteriekrav.

¹ Med en noggrannhet som minst motsvarar de i ”Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer”, T22:1988, Byggeforskningsrådet.

1.3.3. Effektförlustmätning, verifiering av effektkravet

För att kunna erhålla ett certifikat baserat på verifierade mätdata uppmäts värmeförlusteffekten under en avgränsad mätperiod under den mörka delen av vinterperioden om minst 3 – 6 veckor (inom perioden v47 – v6) och ger då ett mått på byggnadens förluster vid aktuell utetemperatur. Kan mätningen delas upp i flera delperioder är det en fördel.

Metoden som beskrivs i detalj i kapitel 2 möjliggör en diskret avläsning vilket kan ske manuellt och därmed till en låg kostnad. Metoden har tidigare testats för befintliga byggnader².

Denna omräknas sedan till effektförlust vid DUT. Mätningen sker enligt en separat anvisning (Se kapitel 2) och omfattar bl.a. avläsning av:

- Inkommande el för hushåll, fastighetsel (exkl icke byggnadsknuten el och exklusive el till värmning), el till värmeapparater, varmvattenvolym, fjärrvärme eller bränslevolym.
- Mätning sker av innetemperatur och utetemperatur, samt solinstrålning (t.ex. byggnader över 1000 m²) om inte statistiska klimatdata används. Om intresse finns att kunna dela upp förlusterna på klimatskal jämfört med ventilationsförluster loggas om möjligt luftflöden över aggregat, samt temperaturer på luftflöden.
- Antal personer registreras direkt eller via en inneklimateenkät (som också indikerar de boendes vädringsbeteende).

Förslagsvis ansvarar KA för att mätplanen (se punkt 1) inkluderar nödvändiga mätpunkter för att kunna genomföra verifieringen.

Avvikelser i effektförlust vid DUT i denna mätning och den därmed korrigerade energikalkylen, får vara högst + 10% jämfört med ställda kriteriekrav för byggnader över 1000 m² där även en solenergimätning ingår i mätunderlaget och högst 15% för byggnader under 1000 m².

En mätkorrigerig bör utföras för byggnader med inbyggda betongkonstruktioner vad avser värmebehov för betongens uttorkning. I annat fall antas att den är försumbar.

Uttorkningsförloppet i form av kg vatten per månad som påverkar inneklimate (invändiga konstruktionsdelar) bör därför lämnas av K till KA i samband med mätplanens upprättande för byggnader med större interna och platsbyggda betongkonstruktioner.

Erhållna resultat omräknas till:

- Värmeförlusteffekt vid DUT (eventuellt uppdelat på ventilation och klimatskal)
- Förväntat åresenergibehov för normalår och normalt beteende, se beräkningsmetodik.
- Eventuell viktad energianvändning.

Köpt energi baserad på en sådan mätning bör också kunna utgöra ett vederhäftigt underlag för energideklarationen, förutsatt att värmeproduktionssystemet inte kan förväntas ha allt för varierande prestanda under helåret. Denna möjlighet har dock inte validerats i några projekt ännu.

Beräkning av månadsvärden för normalår rekommenderas för byggnader som drivs av en fastighetsförvaltning (s.k. börvärden underlättad driftuppföljningar).

2.3.4. Årsenergimätning

Verifiering av energiåtgången på årsbasis är inget krav för certifikat, då energianvändningen endast är ett ”bör”-krav. Energimätning kan däremot ge intressanta indikationer på fel i produktionssystem, regelsystem och utgör ändå en central del i energideklarering av byggnaden.

Avläsning bör ske av årsenergimätare för:

- Inkommande el för hushåll

² Test av verifikationsmodell. MEBY- projektet delrapport 6. www.aton.se (rapporter)

- fastighetsel (exkl icke byggnadsknuten el och exklusive el till värmning)
- el till värmeapparater
- varmvattenvolym
- fjärrvärme eller bränslevolym.

Resultat vad avser normaliserad energiprestanda jämförs med energikravet och bör högst överskrida årsenergi­kravet med 20% med avseende på onoggrannheter i mätdata och normaliseringsmetodik (normalisering jfr normalårs klimat, normal spillvärm­nivå från personer, apparater och hushållsel, varmvatten, se även beräkningsmetodik för årsenergianvändning i passivhuskriterierna).

Omräkning till BBRs energiprestandavärde vad avser areor görs för myndighetskontroll och för energideklarationen.

Avläsning med upplösning minst för månadsvärden rekommenderas för att underlätta eventuella felsökningar.

1. 4. Avslutande kommentarer/diskussion

Förslaget förefaller ganska omfattande och administrativt tungt. Den ansluter dock i stor utsträckning till sådana rutiner som ändå till stor del redan finns eller kommer introduceras.

För kontrollpunkterna inför byggstart är det egentligen mer ordning och reda och kvalitetssäkring av data och planering som krävs. Förslaget bör stämmas av med andra som arbetar med KA-funktioner idag. Men, det finns ännu inget ackrediteringsförfarande för KA eller för att kvalitetstesta U-värden och köldbryggor. Tills vidare kan man möjligen kräva att kvalitetsgranskningen görs av en tredjepart, dvs en person som inte ingår i projekteringsgruppen och som har rätt utbildning för uppgiften i fråga.

Förslaget underlättas om det i en framtid finns redan certifierade delprodukter och delsystem, ”passivhusgodkända” eller med sådana testvärden att de är användbara för kalkyleringen. Det är t.ex högst besvärande att testdata på ventilationsaggregatens verkningsgrad sker vid så höga luftfuktigheter att de inte är relevanta för svenskt vinterklimat, att aggregat­höljets förluster inte ingår, att avfrostningens förluster inte ingår, att spillvärme från motorerna inkluderas i verkningsgraden (kan ge oacceptabelt stor fel i kalkylen), etc. Allt detta

Förslagen till kontrollpunkter i byggskedet innehåller flera av de punkter som tidigare krävts.

Möjligheten att genomföra ytemperaturmätning enligt följande förslag bör studeras närmre:

Köldbryggor med enhet UA kvantifieras genom mätning av ytemperatur, beräkning av ψ -värde med enhet $W/^\circ C, m$ och jämförelse med indata till uppställd energikalkyl.

U-värden på glas med enhet $W/m^2, ^\circ C$ kontrolleras genom stickprovsmätning av ytemperaturer vid utetemperatur understigande $+10\ ^\circ C$ omräkning till U-värde och jämförs med värden enligt specifikationen.

Förslaget på effektförlustmätning kan diskuteras, men bör vara en rimlig nivå om *Certifiering baserad på verifierande mätdata* ska utfärdas.

I demo-projekten är det en självklarhet med denna effektmätning, men den kanske inte tillför så mycket mer om bara kontrollpunkterna före byggstart och i byggskedet enligt ovan fungerar som tänkt. Det skulle möjligen motiveras för att avslöja allvarligare fel i byggtreprenaden, som missade isoleringsinsatser, fel i FTX-systemet (dålig balansering av ventilationen) etc. Resultaten ger dock ingen förklaring till varför. Man ser bara att totalnivån är för hög. I annat fall krävs en verifiering på delsystemnivå, t.ex. mätning av aggregatens systemverkningsgrader. Om ofta större avvikelser uppstår

beroende på brister i entreprenadutförandet är mätning av effektförlusterna väl motiverat, men kanske inte annars. Detta är väl en fråga vi kan besvara först om några år, men på sikt borde inte denna mätning vara nödvändig. Vad säger erfarenheterna från Tyskland?

Årsenergimätningen är en del i energideklarationsarbetet och kräver en minimal insats och är av bägge dessa skäl en självklarhet. Här upptäcks också avvikelser som kan ha sin förklaring i mer installationsmässiga fel, som dålig injustering och reglering, fel på värmepumpen eller solfångaranläggningen. Tyvärr får man dock kunskap om dessa fel väldigt sent i byggprocessen om mätsammanställningen är klar först två år efter driftstart.

Bilaga 1.1. Checklista. Konstruktionsdetaljer - täthet

För konstruktionsdetaljer där täthet kan vara ett problem i genomförande rekommenderas detaljanvisning eller byggritningar för följande konstruktionsdelar. Dessa kan t.ex. beskrivas på följande sätt:

Fönsterkarm mot vägg

Detaljrättning nr:

Bygganvisning:

Dito för:

- Dörr mot vägg och golv
- Golvbjälklag
- Mellanbjälklag
- Takbjälklag
- Taknock, om sadeltak
- Genomföring för ventilations- och imkanaler
- Genomföring för VA-ledningar
- Genomföring för elledningar
- Genomföring för skorsten
- Genomföring för persiennsnören eller andra rörliga solskydd

Bilaga 1.2. Solskyddsberäkning sommarfallet

För bostad i byggnad där Solareafaktor SA enligt nedan, överstiger 4,8 %³ för den mest utsatta bostadsdelen (med fasadorientering väst-syd-öst), bör en separat inneklimatekalkyl genomföras som visar att ett bra inneklimate klaras. Gränsvärdet avser en genomgående lägenhet. För en enkelsidig lägenhet anges lämpligt gränsvärde till 3,6 %. Dessa värden har ännu inte testats på bostadshus. Värdet avser den mest solutsatta delen av byggnaden. Om kalkylen görs på hela byggnaden kan andra värden gälla.

Den mer detaljerade inneklimatekalkylen utförs med lämpligt programstöd, t.ex. PHPP, IDA. Denna bör då visa att rekommendationen på högst 26 grader uppstår under högst 10% av tiden under perioden april – september, med eller utan kompletterande solskyddslösningar. I denna kalkyl ska också vädring beaktas med lämpliga vädringsindata. Dessa beror i sin tur på hur bra vädringsmöjligheter som skapats, vädring i flera plan, vädring i genomgående lägenheter, bra vädringsfönster av typ DreKip som möjliggör vädring längre perioder, etc.

Solareafaktor (AE) definieras på följande sätt:

$$AE = (\text{Fönsterarea} \times \text{Glasandel} \times \Sigma g\text{-värde}) / A_{\text{temp}}$$

$$\Sigma g = g\text{-glas} \times F_{\text{konstruktion}} \times F_{\text{glas}} \times F_{\text{horisont}} \times F_{\text{solskydd}}, \text{ där}$$

g-glas, är glasets soltransmission.

$F_{\text{konstruktion}}$, avser skuggning från byggnad (karm, båge, mm), även fasta solskydd eller utskjutande balkonger och takdelar som ger påtaglig skuggning sommarperioden.

Värdet kan exempelvis beräknas med programmet ParaSol (www.parasol.se).

F_{glas} , avser korrektion för lägre transmittans vid större infallsvinklar av solljuset (ca 0,9).

Skuggning från horisontalavskärmning, F_{horisont} är vanligen 0 då kalkylen avser den mest solutsatta lägenheten eller översta planet.

Rörliga solskydd F_{solskydd} som mellanliggande persienner eller utanpåliggande rörliga solskydd (manuella eller automatiserade) kan ge påtaglig skuggning, men beroende på hur det hanteras. Rätt hanterat kan de ge ett solskydd enligt de värden som hämtas från leverantörsdata.

Här får uppskattas vad som kan vara en rimlig användning av dessa solskydd under varma perioder.

³ Rekommenderat värde för miljöklass B i rapporten Miljöklassning av byggnader, Bygga Bo dialogen..

Bilaga 1.3. Fuktsäkerhetsbeskrivning

En fuktsäkerhetsbeskrivning upprättas, t.ex omfattande innehållet i denna bilaga, men kan ersättas av andra etablerade metoder för kvalitetsstyrning och fuktskyddsbeskrivning och även omfatta fuktskador från regn och inträngande fukt i driftskedet, se även kraven i BBR. Att torka upp fukt inbyggd i konstruktionerna är ingen option i lågenergihus med låga installerade uppvärmningseffekter.

Fuktkänsliga konstruktionslösningar, objektsanpassad lista:

| |
|--|
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |
| |

Fuktdimensionering av platta på mark, se bilaga nr:

Beräknad uttorkningstid: dagar

Max fukthalt innan övertäckning: %

Metod för mätning:

Ansvarig för mätning:

Fuktdimensionering av övriga betongkonstruktioner, se bilaga nr:

Beräknad uttorkningstid: dagar

Max fukthalt innan övertäckning: %

Metod för mätning:

Ansvarig för mätning:

Fuktkrav på inbyggda konstruktionslösningar i trä: Fuktkvot <0,16 kg/kg.

Gäller även leveransfuktkvot till byggarbetsplatsen. Kravet innebär att materialet behöver väderskyddas under byggtiden.

Metoder för fuktsäkring på byggarbetsplatsen:

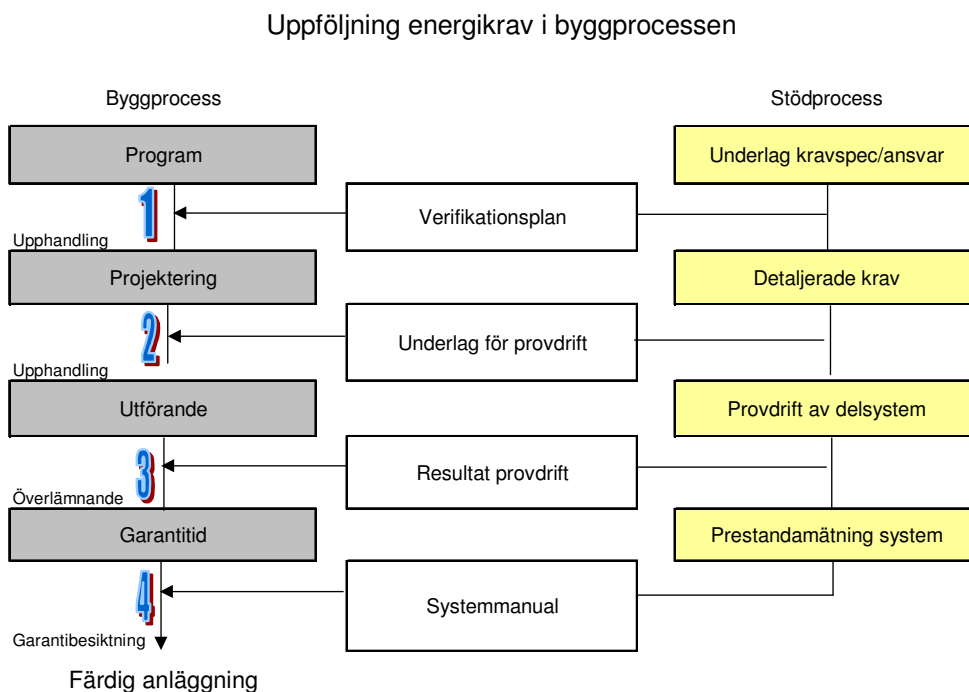
Byggfukt i konstruktion mäts enligt BBR kapitel fukt sid 134 och kontrollsystem för att motverka byggfukt enligt Rådet för ByggKompetens (RBK). Se även standard SS EN 13829.

Litteraturtips: Sikander, Eva. Byggherrens arbete för fuktsäker byggnad. Krav, uppföljning, hjälpmedel och erfarenheter.

(http://www.byggherre.se/documents/Dokument_offentliga/Kalendarieresurser/SP_rapp_2005_13.pdf)

Bilaga 1.4. Kvalitets- och kontrollplan

Ju mer komplicerade energirelaterade installationer en byggnad innehåller ju större är behovet av att ställda egenskapskrav verkligen följs upp. Energirelaterade egenskapskrav bör om möjligt inrymmas i hela byggprojektets kvalitets- och kontrollplan. En sådan handlingen ska inkludera en verifikationsplan där krav som ska säkras redovisas, hur de ska säkras, hur resultaten ska dokumenteras, samt när och vem som ansvarar. Principen som bör tillämpas framgår av figur 1.



Figur 1. Stödprocessen för uppföljningen av energikrav i byggprocessen. Källa: UFOS rapport, Hela vägen fram.

Råd och anvisningar för installationsrelaterade funktionskrav finns i rapporten Hela vägen fram⁴. Utgående från effektbehovet för delsystemen och byggnaden i sin helhet vid specifika driftfall är det möjligt att kontrollera prestanda med hjälp av provning, redovisning av komponentdata och momentana mätningar under byggprocessen. Lämpligen uppdelas verifikationsplanen i anvisningar för separata systemdelar.

De delar som omfattar mättingsinsatser förs över till en separat mätplan. Mätplanen omfattar dels de mätningar som genomförs under byggprocessen, t.ex. belysningens och ventilationens eleffekter, förlusteffekt för delsystem, luftflöden i aktuella driftfall, inställningsvärden för styrsystem, mm och dels de mätningar som sker i driftfasen, när folk flyttat in, se kapitel 3 Effektförlustmätning och kapitel 4 Energimätning.

Om kvalitetsplanen även ska omfatta inneklimateenkäter, anges i planen vilken enkät, när den ska utföras och av vem.

⁴ Hela vägen fram. Uppföljning av energikrav i byggprocessen. UFOS rapport. Beställes via www.offentliga.fastigheter.se

Bilaga 1.5. Dokumentering av relevanta indata

Del A. Indata för transmissionsförluster

Dokumentationen bör omfatta areor för klimatskalet och avse areor, längder, U-värden och köldbryggor, men kan begränsas till delar som inte uppenbart har oväsentlig betydelse.

Referenser kan avse källa, leverantör, beräkningsprogram för U-värde och köldbryggor, eller person som lämnat uppgiften. Underlagsmaterial kan bifogas projektets dokumentation. Dokumentationen kan också göras via indata till beräkningsstöd, men kan vara svårare att komplettera med referenser.

| Klimatskal | Area | U-värde | | |
|---------------------|----------------|----------------------|------------|------------------|
| Byggnadsdel | m ² | W/(m ² K) | Referenser | Eventuell bilaga |
| Yttervägg | | | | |
| Vägg mot mark | | | | |
| Tak mot uteluft | | | | |
| Golv mot mark | | | | |
| Golv mot uteluft | | | | |
| Fönster | | | | |
| Ytterdörr | | | | |
| Glasade altandörrar | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

| Köldbryggor | Längd L | □ | | |
|--------------------------|---------|--------|------------|------------------|
| | m | W/(mK) | Referenser | Eventuell bilaga |
| Fönster och dörrar | | | | |
| Bottenbjälkslag | | | | |
| Mellanbjälkslag | | | | |
| Takbjälkslag | | | | |
| Balkonginfästningar | | | | |
| Ytterhorn | | | | |
| Ventilationskanaler inne | | | | |
| Ventilationskanaler ute | | | | |
| Annat | | | | |
| | | | | |

Ventilationskanaler avser kalla kanaler innanför klimatskalet och varma kanaler utanför klimatskalet.

För att underlätta uppföljningar kan det vara en fördel om det går att kontakta den som lämnat uppgifterna.

Namn:

Del B. Indata för installationernas förluster

Dokumentationen bör omfatta värden för de väsentligaste installationsdelarnas funktionsegenskaper. Indata måste anpassas till aktuell byggnad. Följande tabeller kan ge viss vägledning.

| Indata driftel | (kW/m ³ s) | Temp.verkgrad | Drifttid h/år |
|----------------|-----------------------|---------------|---------------|
| Fläkt1. | | | |
| Fläkt2. | | | |
| Fläkt3. | | | |
| Fläkt4. | | | |

(Watt)

| | |
|---------------------------|--|
| Pumpdrift vid normaldrift | |
|---------------------------|--|

Not: SFP avser aktuella luftflöden. Verkningsgrad avser tilluftverkningsgrad vid typiska luftflöden.

| | Area | W/m ² | Drifttid h/år | Styr®lermetod |
|---------------------------|------|------------------|---------------|------------------|
| Belysning trapphus, mm | | | | |
| Fastighetsbelysning i LOA | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Kyla i lokalbyggnader⁵

| | |
|----------------------------------------------------------|--|
| Fjärrkyla för komfort i lokaler (kWh/m ² LOA) | |
| El till komfortkyla (kWh/m ² LOA) | |

För att underlätta uppföljningar kan det vara en fördel om det går att kontakta den som lämnat uppgifterna.

Namn:

⁵ Ska deklarerars i energideklarationen.

Bilaga 1.6. Täthetsprovning

Krav för passivhus: Luftläckning genom klimatskalet får vara maximalt $0,30 \text{ l/s m}^2 A_{\text{omg}}$ vid $\pm 50 \text{ Pa}$, enligt SS-EN 13829.

För flerbostadshus avser kravet omgivande area A_{omg} men max läckageflöde kommer i praktisk mätning inkludera läckage även från omgivande lägenheter. Tätheten till omgivande lägenheter är viktig också för att slippa luktspridning mellan bostadsenheterna.

Läckage genom omslutande area kontrolleras genom mätning av hela byggnaden (småhus) eller separat för bostadsenheter respektive trapphus (flerbostadshus) vid en tryckskillnad över fasaden på 50 Pa.

I kontrollplanen är provningen förberedd, genom att lista aktuella börvärden (gråfärgade rutor i tabellen).

Småhus: Total omgivande area A_{omg} :

Max luftflöde vid 50Pa: l/s.

Flerbostadshus:

| | A_{omg} (m ²) | Max (l/s) | Uppmätt (l/s) |
|-----------------|---------------------------------------|-----------|------------------|
| Trapphus | | | |
| Annan rumsenhet | | | |
| | | | |
| Lägenhetens nr | | | |
| 1 bv | | | |
| 2 bv | | | |
| 3 plan 1 | | | |
| 4 plan 1 | | | |
| Etc | | | |

Resultatet dokumenteras som max genomsnittligt läckage med enheten l/s, $\text{m}^2 A_{\text{omg}}$.

Observera att avvikelser i enskilda lägenheter kan påverka möjligheten att klara värmeförsörjningen vid dimensionerande utetemperatur eller riskera fuktutfällning i väggkonstruktion.

Metodförslag för stickprovsmätning: Vi stickprovsmätning bör minst de första 6 enheterna (per arbetslag) klara uppställt krav utan att ytterligare åtgärder genomförts. Därefter bör minst 30% av enheterna kontrolleras så länge inga enheter överskrider kravet.

Erfarenheterna vid mätning i passivhus är att åtskilliga kompletterande täthetsåtgärder blir nödvändiga i samband med mätningen. Mätningen bör alltid ske tidigast möjligt och när åtgärder fortfarande är möjliga (åtkomligt täthetsskikt). Om mätningen utförs av byggentreprenören, bör stickprovskontroll av slutresultatet göras.

Se även standarder SS-EN 12153 och EN 12152

2. Effektförlustmätning – Metodbeskrivning, samt anvisningar för bostadsbyggnader.

2.1 Inledning

I detta kapitel redovisas principerna för en för passivhus anpassad mätmetod för effektförlustbestämning.

En viktig utgångspunkt för Passivhusspecifikationen är att den ska vara möjlig att verifiera och att detta ska ske till en rimlig kostnad. Denna avvägning innebär naturligtvis en kompromiss med vilken säkerhet som resultatet ska innehålla. Den mest kritiska uppgiften avser effektberäkningen och om resultaten kan verifieras via en mätning. En metod för detta beskrivs i detta kapitel ganska ingående. Mer pedagogiska anvisningar för småhus respektive flerbostadshuslösningar som kan användas av byggherrarna bör därefter tas fram. Ju enklare metod ju mindre noggrannhet och en felanalys beskrivs i kapitel 3.

För att bestämma förlustfaktorn genomförs en statisk mätning av tillförd energi under några veckor under perioden v47 – v6, första vintersäsongen då solenergiinstrålningen är begränsad och utetemperaturer är låga. Därmed kan byggnadens egenskaper verifieras vad avser effektbehov vid dimensionerande utetemperatur och kan vara en tänkbar del i ett intyg om att byggnaden uppfyller kraven enligt passivhuskriterierna. Den är därmed en viktig del i byggorganisationens kvalitetsarbete genom att ge en snabbare återkoppling än att vänta på mer svårtolkade årsenergidata. Resultatet kan användas för beräkning av byggnadens årsenergibehov baserat på byggnadens verkliga förlustfaktor.

För lokalbyggnader med stora variationer i effektbehov under dygnet, har metodens tillämpning inte testats, men bör rimligen omfatta de två olika driftfallen var för sig, dvs under drift, respektive helg. Helgperioden bör omfatta en längre helgperiod så att inte in- och utlagring av värmeenergi ger mätstörningar.

För produktionsutrustningen prestanda (solfångare, värme pannor, etc) krävs dock kompletterande mätinsatser och här blir årsenergimätningen ett viktigt komplement för att verifieringen.

En komplettering med årsenergimätning ger kompletterande kunskaper om produktionssystem och regleringssystem, men störs samtidigt av andra beteendemässiga faktorer, så som vädringsbeteende, varierande innetemperaturer, solinstrålningens variation beroende på klimatskillnader, skuggningseffekter och beteende.

För det befintliga byggnadsbeståndet är metoden inte tillämpbar, då t.ex. varmvattenmätare inte finns installerade och åtkomst för att bestämma hushållsel saknas. Ett alternativt tillvägagångssätt skulle för dessa byggnader baseras på schablonvärden för alla de värden där mätdata inte finns. I kapitel 3 genomförs en felanalys för såväl effektförlustmätning som för en alternativ förlustanalys baserad mer på schablonvärden.

Sammanfattad metodbeskrivning

I sin enklaste form mäts endast ett värde och då för några veckor under den mörka delen av året (v47 – v6). Mätperioden bör förlängas eller delas upp i delperioder om den är ovanligt varm eller ovanligt solig. Med en sådan mätning där avläst förbrukning under perioden ger ett genomsnittsvärde på effekten under mätperioden kan sedan förlustfaktorn beräknas enligt:

$$\text{Förlustfaktorn } W_{\text{temp}} = \frac{P_{\text{sol}} + P_{\text{person}} + P_{\text{el}} + P_{\text{värme}}}{(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \times A_{\text{temp}}} \quad (\text{W/m}^2, \text{K})$$

Där P_{el} är den spillvärme från elinstallationer som kommer byggnaden tillgodo när behov finns och $P_{värme}$ ingående värmeeffekt.

Effektbehovet vid dimensionerande utetemperatur är för passivhus:

$$P_{dim} = W_{temp} \times (20 - DUT) - 4 \quad (\text{W/m}^2)$$

Mätinsamlingsdelen omfattar bl.a. avläsning av:

- Inkommande el till hushåll, fastighetsel (exkl icke byggnadsknuten el och exklusive el till värmning), el till värmeapparater, varmvattenvolym, fjärrvärme eller bränslevolym.
- Mätning sker av innetemperatur och utetemperatur, samt solinstrålning (byggnader över 1000 m²), om möjligt loggas luftflöden över aggregat, samt temperaturer på luftflöden.
- Antal personer registreras direkt eller via en inneklimateenkät (som också indikerar de boendes vädringsbeteende).
- Om möjligt mäts även verkningsgrad för eventuell produktionsutrustning (yttemperatur på beredare, drifttidsmätare, etc) eller också mäts eller uppskattas producerad värme.

Metoden ger endast kunskaper om förlusteffekterna totalt. Vill man härleda avvikelser till klimatskal kontra ventilation, måste förutom luftflöde även dess systemverkningsgrad bestämmas.

Förlusteffekten är det bästa måttet på byggnadens egenskaper, dvs som byggtreprenören har ett ansvar för. Metoden tar däremot inte hänsyn till hur förluster beroende på dålig injustering/värmereglering varierar under året, men förlusterna under mätperioden i form av vädring kan uppskattas genom enkätfrågor om vädringsbeteende (flerbostadshus) eller att de boende uppmanas att inte vädra under mätperioden (småhus).

2.2. Är energisignaturmetoden ett alternativ?

Effektbehovet för en byggnads värmebehov kan bestämmas med olika metoder. För befintliga byggnader är en bestämning av byggnadens energisignatur utifrån sambandet mellan köpt energi och utetemperatur en vedertagen metod.

För byggnader där timvärden på köpt värme (och varmvatten) erhålls från värmeleverantören eller insamlas med egen DUC kan en plottning av årets timvärden mot utetemperaturen ge ett underlag för bestämning av energisignatur och därmed förlustfaktorn, men med risk för att resultat i stor utsträckning egentligen avspeglar regleringssystemets inställda reglerkurva om denna är utetemperaturstyrd.

Även månadsmedelvärden har visats vara användbara⁶ för det befintliga byggnadsbeståndet av flerbostadshus under vissa förutsättningar.

De invändningar som kan ställas mot denna metod är att förlustfaktorn inte är konstant hela uppvärmningssäsongen. Produktionssystem som värmepumpar kan ha en varierande värmefaktor och framför allt är solinstrålningen under året en varierande faktor.

För byggnader med mycket låga värmebehov (lågenergi- och passivhus) kommer spillvärme från apparater, personer och solinstrålning att dominera energibalansen även under den kalla perioden. Om perioden är extra solig så kommer detta påverka resultatet påfallande.

⁶ Sjögren, Jan-Ulric. Energy Performance of Multifamily Buildings - Building Characteristic and User Influence

Dessa byggnader har också en stor tidskonstant. Det innebär att in- och utlagringar av värmeenergi i byggnaden sker under långa tidsperioder. Mätdata som hämtas in under kortare tidsperioder där byggnaden inte är i ett ”steady state”- tillstånd ger då stor spridning i sina värden. Om dessutom värmeregleringen inte regleras mot utetemperatur utan med en innetemperatur (typisk passivhushutformning), så blir flertalet data enbart ett kluster av punkter. Är regleringen av typ på/av erhålles ett band motsvarande den installerade effekten och ett band motsvarande ingen effekt på alls. Istället för timvärden bör därför värden för väsentligt längre tidsperioder väljas, dvs många dagar eller några veckor.

Ska energisignaturmetoden användas på passivhus rekommenderas att dess tillämpbarhet först testas i en simuleringsstudie.

2.3. Effektförlustmätning

2.3.1 Mätparametrar

Följande mätningar och mätmetoder rekommenderas:

Mätparameter

Utetemperatur, medelvärde för perioden.
 Solenergi klimatdata (kW)
 Antal personer
 Vädringsindex
 Innetemperatur, bostad
 Tillförd värmeenergi inkl varmvatten
 Hushållsel, (kW)
 Fastighetsel, (kW) exkl tvättstuga
 Varmvatten (liter/h)
 Kallvattentemperatur
 Utgående varmv.temp.
 Frånluftsflöde (l/s)
 Eleffekt till fläktar och pumpar (W)

Mätmetod

Egen mätning/SMHI
 SMHI/egen mätning/ normalårsdata
 Enkät
 Enkät
 Småhus: egen mätning, flbh: enkät
 Avläsning mätare
 Avläsning mätare
 Avläsning mätare
 Avläsning mätare
 Momentan avläsning
 Momentan avläsning
 Mätning
 Mätning

Mätkommentarer:

Rekommenderad mätmetod för inne- och utetemperatur i småhus: mätlogger för aktuell period.

Rekommenderad mätmetod för innetemperatur i flerbostadshus: En boendeenkät som delas under den aktuella mätperioden där också enkla termometrar lämnats ut tillsammans med en upphängnings- och avläsningsinstruktion⁷.

Solenergidata kan hämtas från SMHI, alternativt mätas med egen mätare. För byggnader med mindre area än 1000 m² A_{temp} kan värde från energiberäkningsprogram eller databas (normalårsvärde) ge acceptabelt fel under rekommenderad mätperiod. Om mätperioden är solig bör mätperioden förlängas.

För småhus kan en instruktion att inte vädra under mätperioden vara ett säkrare alternativ än uppskattningar via enkäten om en sådan överenskommelse är möjlig.

För elanvändningen i småhus måste särskilt uppmärksammas elposter som ligger utanför klimatskalet, vilka ska exkluderas (uppskattning eller separat mätning).

⁷ Beprövad enkät - hjälpmedel för energiuppföljning. MEBY- projektet delrapport 3. www.aton.se

För flerbostadshus måste tillgänglighet till hushållens elanvändning säkras, eventuellt via en summamätare.

Fastighetsel avser normal el för byggnadens drift exkl el till gårdsbelysning, gångvägar, etc. Inte heller till tvättstuga (verksamhetsel) ska ingå. El till fastighetsknuten elvärmare för takrännor, mm måste kunna mätas separat. Dessa ger ingen spillvärme, men ingår i byggnadens energianvändning.

För fjärrvärmda fastigheter krävs en värmemätare för inkommande värme till respektive byggnad. Panna bör förses med mätare på utgående värme. För småhus uppskattas verkningsgraden för annan typ av värmeutrustning eller att dessa ställs om för ren elvärmadrift under mätperioden (rekommenderas).

I såväl småhus som flerbostadshus kan elvärmare till handdukstorkar och golv finnas installerade. Dessa ger under den kallaste perioden 100% värme. För en energikalkyl kan dessa betraktas som aktiva värmare som ingår i värmeförsörjningskalkylen om de styrs utifrån värmebehovet. För effektkalkylen blir inte felet stort om de hanteras som hushållsel.

Luftflödet behöver egentligen inte mätas, om byggentreprenören är ansvarig för hela byggnadens prestanda och därmed alla dess förluster. Det kan ändå vara en bra ide, eftersom avvikelser från utlovade prestanda inte är osannolik (än så länge) och då uppkommer direkt frågan om det är ventilationen eller klimatskalet som står för förlusterna. Måttuttag som möjliggör luftflödesmätning bör därför säkras i flerbostadshus.

För forcerat luftflöde i spiskåpan som ger förluster uppskattas drifttiden till 30 minuter per dag. Driftförhållandet vid kökskåpeventilation studeras separat, om de evakueras utan värmeåtervinning eller med och vilka tillkommande luftflöden som ska beaktas.

I övrigt lämnas närmre mätinstruktioner i Bilaga 2.1.

2.4 Effektberäkning

Förlustfaktorn W_{temp} har sorten $W/K, m^2$ och är ett mått på byggnadens (eller en systemdels) värmeförlust som en funktion av temperaturskillnaden ute och inne.

W_{temp} beräknas utifrån genomsnittligt effektbehov under en tidsperiod och en genomsnittlig ute- och innetemperatur.

Med denna som grund kan sedan effektbehovet vid dimensionerande utetemperatur beräknas genom ekvationen:

$$P_{dim} = W_{temp} \times (20 - DUT) - 4 \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (\text{ekv 1})$$

Observera att DUT är beroende inte bara av ort utan också av byggnadens tidskonstant.

Beräkningsdata - flerbostadshus

| Indata verifikationsmodell | 1 | 2 |
|--------------------------------------------|---|---|
| Mätperiod, datum och tid | - | - |
| Antal timmar (h) | | |
| Utetemperatur, T_{ute} (°C) medelvärde | | |
| Innetemperatur, T_{inne} (°C) medelvärde | | |
| Solenergi klimatdata (kW) | | |
| Antal personer | | |
| Vädringsindex | | |
| Innetemperatur, medelvärde | | |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------|--|--|
| Tillförd värme, $P_{\text{värme}}$ (kW) | | |
| Hushållsel, (kW) | | |
| Fastighetsel, (kW) | | |
| Varmvatten, Q_{vv} (liter/h) | | |
| Varmvattentemperatur, T_{vv} ($^{\circ}\text{C}$) | | |
| Kallvattentemperatur, T_{kv} ($^{\circ}\text{C}$) | | |
| Frånluftsflöde, Q_{vent} (l/s) | | |
| Avluftstemperatur, T_{avluft} ($^{\circ}\text{C}$) | | |
| Tilluftstemperatur, T_{tilluft} ($^{\circ}\text{C}$) | | |
| Eleffekt till fläktar (kW) | | |

Indata till indatamallen erhålls efter energiavläsningar och uträkning av genomsnittlig effekt under den angivna perioden.

$$\text{Förlustfaktorn } W_{\text{temp}} = \frac{P_{\text{sol}} + P_{\text{person}} + P_{\text{el}} + P_{\text{värme}}}{(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \times A_{\text{temp}}} \quad (\text{W/m}^2) \quad (\text{ekv 2})$$

P_{el} är summan av den spillvärme som avges från hushållets och fastighetsdriftens apparater och beräknas utifrån respektive elposts spillvärmeandel. När årsenergibehov kalkyleras tas även hänsyn till en s.k. "utility factor" dvs hur mycket av solenergi och spillvärme kommer i praktiken att tas upp, med tanke på utvärdring av övertemperaturer etc. Under nu aktuell mätperiod är dock denna faktor 1,0. dvs all spillvärme tas tillvara.

$P_{\text{vv}} + P_{\text{värme}}$ mäts i många fall med en gemensam mätare, $P_{\text{köpt}}$ och då är

$$P_{\text{värme}} = P_{\text{köpt}} - P_{\text{vv}}$$

$$\text{där } P_{\text{vv}} = Q_{\text{vv}} \times (T_{\text{vv}} - T_{\text{kv}}) \times 1,2$$

Därefter kan W_{dim} beräknas med hjälp av ekvation 2. Om W_{dim} är högre än fastställt krav, så kan det vara intressant att veta vilka förluster som avviker, vem ska ställas ansvarig? Då krävs också att luftflöden och till- eller avluftstemperatur är uppmätt.

$$P_{\text{värme}} = P_{\text{vent}} + P_{\text{klimatekskal}} + P_{\text{vädring}} + P_{\text{förlust}}$$

P_{vent} beräknas enligt:

$$P_{\text{vent}} = Q_{\text{vent}} \times (T_{\text{avluft}} - T_{\text{ute}}) \times 1,2 \quad (+ \text{eventuellt kondensationsvärme}), \text{ alternativt:}$$

$$P_{\text{vent}} = Q_{\text{vent}} \times (T_{\text{frånluft}} - T_{\text{till}}) \times 1,2 \quad (\text{om balanserat luftflöde})$$

Observera att viss korrektion för spiskåpeventilation förutsätts.

$P_{\text{förlust}}$ är beroende av produktionssystemet, men all spillvärme inom klimatskalet kan antas komma byggnaden tillgodo under den kallaste perioden och kan då försummas.

$P_{\text{vädring}}$ uppskattas i flerbostadshus med hjälp av enkätsvar för beräkning av vädringsflödet (se bilaga 2.2).

Därefter kan alltså förlusterna via klimatskalet $P_{\text{klimatekskal}}$ beräknas som en restpost och inkluderar då också läckageflöde. Resultatet kan jämföras med utlovat värde enligt:

$$\text{Förlustfaktor klimatskal} = P_{\text{klimatekskal}} / (T_{\text{inne}} - T_{\text{avluft}})$$

| Slutresultat | 1 | 2 |
|----------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Specifik effektförlust P_{dim} vid DUT, (W/m ²) | | |
| Specifik förlustfaktor ventilation (W/K,m ²) | | |
| Varmvatten (inkl VVC) (W/m ²) | | |
| Specifik förlustfaktor klimatskärm (inkl luftläckn.) (W/K,m ²) | | |
| Specifik förlustfaktor vädring (W/K,m ²) | | |
| Specifik eleffekt till fläktar (kW/m ³ ,s) | | |

Beräkningsdata - småhus

| Indata verifikationsmodell | 1 | 2 |
|--------------------------------------------|---|---|
| Mätperiod, datum: | - | - |
| Antal timmar (h) | | |
| Utetemperatur, T_{ute} (oC) medelvärde | | |
| Innetemperatur, T_{inne} (oC) medelvärde | | |
| Solenergi klimatdata (kW) | | |
| Antal personer | | |
| Innetemperatur, medelvärde | | |
| Tillförd värme, $P_{värme}$ (kW) | | |
| Hushållsel, (kW) | | |
| Varmvatten, Q_{vv} (liter/h) | | |
| Varmvattentemperatur, T_{vv} (°C) | | |
| Kallvattentemperatur, T_{kv} (°C) | | |
| Frånluftsflöde, Q_{vent} (l/s) | | |
| Avluftstemperatur, T_{avluft} (°C) | | |
| Tilluftstemperatur, $T_{tilluft}$ (°C) | | |
| Eleffekt till fläktar och pumpar (W) | | |

$$Förlustfaktorn W_{temp} = \frac{P_{sol} + P_{person} + P_{EL} + P_{värme}}{(T_{inne} - T_{ute}) \times A_{temp}}$$

P_{el} är summan av den spillvärme som avges från hushållets och fastighetsdriftens apparater och beräknas utifrån respektive elposts spillvärmeandel.

$P_{vv} + P_{värme}$ mäts i många fall med en gemensam mätare och då är

$$P_{värme} = P_{köpt} - P_{vv}$$

$$\text{där } P_{vv} = Q_{vv} \times (T_{vv} - T_{kv}) \times 1,2 \text{ (W)}$$

Därefter kan P_{dim} beräknas. Om P_{dim} är högre än fastställt krav, så kan det vara intressant att veta vilka förluster som avviker, vem ska ställas ansvarig? Då krävs också att luftflöden och till- eller avluftstemperatur är uppmätt.

$$P_{värme} = P_{vent} + P_{klimatskal} + P_{vädring} + P_{förlust}$$

P_{vent} beräknas enligt:

$$P_{vent} = Q_{vent} \times (T_{avluft} - T_{ute}) \times 1,2 \text{ (+ eventuellt kondensationsvärme), alternativt:}$$

$$P_{vent} = Q_{vent} \times (T_{frånluft} - T_{till}) \times 1,2 \text{ (om balanserat luftflöde)}$$

Observera att viss korrektion för spiskåpeventilation förutsätts.

$P_{\text{förlust}}$ är beroende av produktionssystemet, men all spillvärme inom klimatskalet kan antas komma byggnaden tillgodo under den kallaste perioden och kan då försummas.

$P_{\text{vädring}}$ hålls i småhus enklast på nollnivån under effektmätningensperioden genom instruktioner.

Därefter kan alltså förlusterna via klimatskalet $P_{\text{klimatskal}}$ beräknas som en restpost och inkluderar då också läckageflöde. Efter avdrag från uppskattat läckageflöde kan klimatskalets förlustfaktor beräknas och jämföras med utlovat värde enligt:

Förlustfaktor klimatskal $W_{\text{klimatskal}} = P_{\text{klimatskal}} / (T_{\text{inne}} - T_{\text{avluft}})$

| Slutresultat | 1 | 2 |
|----------------------------------------------------------------------------|---|---|
| Specifik effektförlust P_{dim} vid DUT, (W/m ²) | | |
| Specifik förlustfaktor ventilation (W/K,m ²) | | |
| Varmvatten (inkl VVC) (W/m ²) | | |
| Specifik förlustfaktor klimatskärm (inkl luftläckn.) (W/K,m ²) | | |
| Eleffekt till fläktar och pumpar (W) | | |

Kommentar angående varmvattenförlusten

Det finns anledning att påpeka en väsentlig invändning mot här uppställda effektbalans. Varmvatten utgör ingen förlust i egentlig mening. Förlusten skulle egentligen mätas i form av temperatur på ingående kallvatten och utgående spillvatten i en ”sann” effektbalans. Sådana mätningar är inte praktiskt genomförbara eftersom spillvattnet kommer i mycket varierande flöde och skulle ge svåra mättekniska problem. I en känslighetsanalys har spillvärmemetemperaturen antagits till 28 grader (baserat på tidigare mätprojekt för utvärdering av spillvärmeväxlare). Med detta antagande och uppmätta vattenflöden och vattentemperaturer på kallvatten och varmvatten visar det sig att posten varmvatten är lika stor som den uppskattade spillvattenvärmeförlusten och blir därför ett bra mått på denna förlust med avvikelser inom intervallet 0 – 12% för de fyra olika mätperioderna.

Metoden att beräkna transmissionsförlusterna som en restpost innebär att fel i uppmätta eller uppskattade indata kommer ge ett fel av motsvarande storlek i absoluta tal och ett därmed ett relativt fel som påverkas av storleken på posten transmission. Ju kallare mätperiod ju mindre fel, se även felanalys i kapitel 3.

2.5. Kostnader

Vad kostar det för byggherren att låta genomföra en effektförlustmätning? Förutsatt att fastigheten redan beskrivits i programskedet vad avser dess konstruktion och dess installationer tillkommer endast arbetsinsatser för tillkommande mätvärdesdata och vissa investeringar.

Småhus

Externa kostnader exklusive administration och egna sammanställningar.

Fast investering i varmvattenmätare: ca 1000 kr

Temperaturloggning, inne, ute: 1- 2000 kronor

Flerbostadshus

Fast investering i varmvattenmätare: ca 5 -10.000 kr (krävs även för BBR-uppföljningen)

Mätuttag för luftflöde: Krävs idag enligt BBR, mätuttag är oftast integrerade i fläkten i moderna fläktar.

Eventuella SMHI-data för sol och utetemperatur från närmaste klimatstation: ca 1-2000 kr

Enkätkostnad för fastighet med 40 lägenheter: ca 3000 kr för material och resultatsammanställning om eget arbete för utdelning och insamling av enkäten. Bearbetningskostnaden blir sedan lägre om flera fastigheter bearbetas samtidigt.

Arbetsinsats för besiktning och två -tre avläsningstillfällen, ca 16 arbetstimmar om extern arbetsinsats eftersom ställtider, mm tillkommer. Om temperaturloggning av ute- och frånluftstemperaturer också läggs ut tillkommer ytterligare några timmar.

Förutom en återkoppling på genomfört arbete, kan resultatet också ge tidiga indikationer på felaktiga installationer och injusteringar så att intrimningen hinner ske i tid före energideklarationen.

Bilaga 2.1. Mätanvisningar

Rekommenderade mätförutsättningar

Mätförutsättningarna ska säkras i samband med projekteringen.

Flerbostadshus

- Åtkomliga mätare för hushållsel, eventuellt med en summamätare för dessa.
- Varmvattenmätare (som mäter volymflöden) antingen i lägenheterna och tillgänglig avläsning, eller gemensam varmvattenmätare. Den gemensamma varmvattenmätaren bör vara av typ magnetinduktiv mätning eller annan mätare med minst lika hög tillförlitlighet.
- För mätning av utgående varmvattentemperatur rekommenderas dyrkrörsuttag.
- Centrala fläktar ska vara försedda med fasta, kalibrerade mätuttag.
- Inre- och yttre elvärmare bör vara försedda med drifttidsmätare.
- Termometrar som delas tillsammans med enkät kan vara enkla, typ sprittermometer, men vara samkalibrerade så att termometrar som avviker från genomsnittstemperatur med mer än en halv grad plockas bort.

Småhussystem

- Varmvattenvolyummätaren av valfri typ, men kalibrerad.
- Lägenhetsfläktar ska antingen ha fungerande fasta kalibrerade mätuttag eller också ska förutsättningar för mätning vid till- och frånluftsdon säkras. Är inte heller det möjligt återstår endast mätning med spårgas.
- Aggregaten bör ha en mätpunkt för temperaturmätning i tilluft placerad före eftervärmare, som inte påverkas av denna eftervärmare i de fall aggregatets systemverkningsgrad ska kunna uppmätas i efterhand. Utan mätpunkt kan den mätningen endast ske när eftervärmare är avstängd (momentana mätningar).
- Lägenhetsfläktar och pumpar ska om möjligt vara stickproppsanslutna för att möjliggöra enkel elmätning av dessa. Cirkulationspumpar i OEM-produkter (t.ex. värmepump), kontakta leverantör för uppskattning av effekt vid aktuell inställning.

Mätperiod

Verifikationsmätning av förlustfaktor utföres under perioden v47 – v6 (- v8 om solvärmemätning) och om möjligt med två mätavläsningsperioder, dvs totalt tre mätavläsningar.

Indata verifikationsmodell

Placering av temperaturmätgivare inomhus ger alltid mätfel. För flervåningsbostad krävs mätare på varje våningsplan, men helst en avläsning i varje lägenhet.

Momentan avläsning ger fel då variationer under dygnet kan vara stort.

Utetemperatur

Temperatur utomhus kan antingen mätas på plats med en datalogger vilket är att föredra, eller hämtas från närliggande meteorologisk station. Placeringen av mätgivaren för utetemperaturmätning vid objektet är känsligt och kan påverkas av värmeläckage från byggnad, solvärme, eller himlens utstrålning.

Från SMHI kan mätdata beställas och skickas via mail, exempelvis som en excelfil med timmedelvärden (kundtjanst@smhi.se). Detta gäller både temperatur, solinstrålning och vinddata. Det är också möjligt att få klimatdata från flygplatser. Diskutera med SMHI hur klimatet normalt skiljer sig lokalt.

Solenergi klimatdata (kW)

Antingen används schablonvärden för normalår, mäts med egen solvärmemätare (globalstrålning), eller också hämtas värden på solinstrålning från närmaste meteorologiska station. Mätvärden på

solinstrålning anges normalt med enheten W/m^2 och avser global instrålning. För att översätta detta till verifikationsmodellen jämförs aktuell instrålning med normal instrålning (som man också hämtar från SMHI för att få jämförbara värden) och ger då en korrektionsfaktor som ska kunna användas som indata.

För att beräkna solinstrålningens påverkan på det aktuella huset krävs en solinstrålningsanalys, vilket lämpligast sker med ett energiberäkningsprogram.

Tillförd värmeenergi

Värden på mätare för värmeenergi avläses första och sista mätdagen. Skillnaden mellan värden beräknas. Värdena anges normalt i MWh på debiteringsmätare för fjärrvärme.

Hushållsel

Värden på elmätare avläses första och sista mätdagen. Använd elenergi utgör skillnaden mellan dessa värden. Ofta används transformatorer för att reducera strömmen till mätaren. Då måste elenergin multipliceras med en korrigeringsfaktor.

Korrigeringsfaktorn finns normalt angivet på elmätaren. För att vara på den säkra sidan kan det vara lämpligt att även titta på själva transformatorn där förhållandet också finns angivet. Det är inte ovanligt att man missat att skriva värdet på mätaren eller att man helt enkelt skrivit av fel värde.

Utebelysning i småhus som ligger utanför klimatskalet bör minimeras under perioden för effektmätningen. Motorvärmare förses med en stickproppsenergimätare under perioden för effektmätningen. För övrig hushållsel antas den andel komma huset till godo under perioden för effektmätningen, som anvisas i energiberäkningsmetodik för passivhus.

Fastighetsel

Värden på elmätare avläses första och sista mätdagen på samma sätt som för hushållselmätarna. För dessa mätare är korrektionsfaktorer ännu vanligare. Var uppmärksam på om elmätaren för fastighetsel är en summamätare som även inkluderar hushållsel eller en separat mätare. Kontrollera att fastigheten inte har flera elserviser.

Varmvatten

Verifikationsmätningen förutsätter en varmvattenmätare för att minska felet i beräkningen. Om inte särskild mätare finns används schablonvärden och en felanalys genomföres och med större osäkerhetsintervall som resultat.

Volyymmätaren avläses vid mätperiodens början och slut. Observera decimaltecknet på vissa volymmätare.

Kallvattentemperatur

Temperaturen på inkommande kallvatten mäts direkt i det kalla strömmande vattnet efter ca 5 minuters spolning (kortare i småhus). Mätpunkten skall vara så nära värmecentralen som möjligt.

Utgående varmvattentemperatur

Temperaturmätare med ”dykrör” ger normalt bra mätvärde. Använd en kalibrerad termometer. Används ”ytgivare” så lägg till 2-3 C på den avlästa temperaturen. Temperaturen på det utgående uppvärmda vattnet är inte alltid stabilt och regleringen kan ibland ge stora temperatursvängningar, speciellt mellan tid utan tappning och när tappning pågår. Det är därför säkrast att läsa temperaturen minst två gånger vid varje besök med minst 15 minuters intervall och då låta tappning av varmvatten pågå.

Frånluftsflöde

Behöver endast bestämmas om man önskar förklara eventuella avvikelser från bestämd effektförlust.

Till - och frånluftsflöde i centrala ventilationssystem läses av på fast mätuttag vid mätperiodens början och slut samtidigt som statiskt undertryck i frånluftskanalen mäts.

För lägenhetsvisa system och i småhus mäts luftflödena vid donen om mätuttag saknas enligt sedvanlig mätteknik. Är mätning inte möjlig används spårgasmätningsteknik.

Hur luftflödet påverkas vid forcerad ventilation i spiskåpan uppmäts och antecknas eftersom tryckförhållandena då förändras. Luftflödet via spiskåpan mäts separat om detta inte går in i värmeåtervinningssystemet.

Ventilationens förluster, mm

Behöver endast bestämmas om man önskar förklara eventuella avvikelser från bestämd effektförlust.

För system med värmeåtervinning ur frånluften:

1. Temperaturen på tilluften mäts momentant eller med en logger för hela mätperioden för att sedan beräkna medeltemperaturen när eftervärmaren inte är på om den påverkar mätningen. En mätpunkt väljs som inte påverkas av eftervärmaren.

Alternativt mäts istället avluftstemperatur i anslutning till att kanalen lämnar klimatskalet (speciellt för småhussystem) och eventuell kondensationsvärme i tilluftssystemet får uppskattas separat.

2. Temperaturen loggas även för inomhustemperaturen (småhus) eller mäts med utdelade termometrar (flerbostadshus).

I den mån ventilationens förluster är högre än beräknat kan det bero antingen på systemutformning, obalans i luftflödena eller på aggregatets verkningsgrad.

Systemutformningen kan påverka kanalernas förluster mot inneklimatet, eller en olämplig temperaturskiktning som ger en högre frånluftstemperatur än innetemperatur och därmed större förluster, då behöver frånluftstemperaturen mätas.

Vill man alltså gå vidare för att bestämma aggregatets verkningsgrad beräknas denna enklast med:

$$\text{Avluftstemperaturverkningsgrad} = (T_{\text{avluft}} - T_{\text{ute}}) / (T_{\text{frånluft}} - T_{\text{ute}}).$$

För roterande värmeväxlare kommer dock aggregatets inre luftöverläckning påverka resultatet. Då mäts istället Tilluftstemperaturverkningsgrad = $(T_{\text{frånluft}} - T_{\text{till}}) / (T_{\text{frånluft}} - T_{\text{ute}})$. Då loggas även tilluftstemperatur före eftervärmare.

Använd resultaten tillsammans med uppmätta luftflöden för att korrigera indata för luftflödeskvot och temperaturverkningsgrad så att produkten av dessa värden blir lika med nu uppmätt avluftstemperaturverkningsgrad.

Dessa mätningar av ventilationsaggregatet kan alternativt göras i ett nästa steg först om kravspecifikationen för byggnadens förluster inte klarats.

Eleffekt till fläktar och pumpar

För småhus mäts el till fläktar och eventuella pumpar för att ingå i energiprestandavärdet. Detta görs enklast genom att dessa stickproppsanslutades och energimätare för stickproppsanslutning används.

För fläktar med behovsstyrning i flerbostadshus (vid varierande flöde loggas elanvändningen eller styrsignalen). Eleffekt (aktiv) till fläktar kan mätas med tånginstrument i apparatskåp och relateras till aktuell driftpunkt om luftflödet regleras.

Yttre och inre elvärmare

Mäts enklast med separat undermätare för energi. I småhus med stickproppsmätare.

Bilaga 2.2. Enkät svar för beräkning av vädringsflödet

Enkätdata flerbostadshus

För att få en hög kvalitet på verifikationsmätningen rekommenderas starkt en enkätuppföljning, som även ger återkoppling och kunskap om byggnadens termiska egenskaper och eventuella byggnadsrelaterade hälsoaspekter.

Antal personer: framgår av enkätundersökningen.

Innetemperatur, bostad: framgår av enkätundersökningen. Medelvärdet beräknas.

Om ingen enkätundersökning genomförs, mäts bostadens temperatur enklast i frånluftskanalernas samtliga samlingslådor och medelvärdesbildas. Observera att samlingslådor placerade i uppvärmda utrymmen kan påverkas påtagligt av läckeluft i samband med mätningen. Tidpunkten för mätningen bör inte ske i samband med matlagningsperioder. Om handdukstorkar och golvvärme i badrum finns installerade kommer dessa påverka temperaturen allt för mycket för att ge rättvisande värden.

Vädringsindex, beräknas för varje lägenhet med underlag från enkätundersökningen enligt följande beräkningsnyckel och därefter medelvärdesbildas:.....

Hur ofta vädrar du under eldningssäsongen?

- Dagligen = faktor 1
- en gång i veckan = 0,14
- övriga svar = 0

Vad öppnas?

- Balkong = faktor 2
- fönster = 1
- vädringsfönster = 0,5

Hur länge har man öppet?

- Ständigt = faktor 1
- hela dagen eller natten = 0,33
- några timmar = 0,125

Hur stor vädringsöppning?

- Helöppet = 20
- Halvöppet = 10
- Antal fingrar = antalet
- <1 finger = 1

Vädringsindex för respektive lägenhet utgörs av produkten av dessa tal.

Vädringsflödet $Q_{\text{vädr}}$ beräknas sedan som:

$$Q_{\text{vädr}} = \text{Index} \times 8,4 \text{ (ref 3)}$$

Mer om enkätundersökningar i ref 2.

3. Effektförlustmätning - felanalys

3.1. Sammanfattning

I detta kapitel analyser hur stora fel som kan uppstå beroende på om den mätbaserade metod som beskrivs i kapitel 2 väljs för att bestämma effektförlusterna, eller en metod mer baserad på schablonvärden. Genomförd felanalys indikerar att mätfelet för metoderna tillämpade på byggnader som precis uppfyller BBR då skulle öka från 8% till 16%.

För passivhus där spillvärme har större inverkan ökar felet för mätmetoden från 8% till ca 11%. För småhus vore schablonmetoden orimlig att tillämpa eftersom beteendevariationerna för varmvatten och innetemperaturer är allt för stora och avgörande.

3.2. Felanalys för flerbostadshus

I de bägge metodalternativen genomförs en statisk mätning av tillförd energi under ett antal veckor under vinterperioden då solenergiinstrålningen är begränsad och utetemperaturen är låg.

Felanalysen är beroende på byggnadens energieffektivitet och egenskaper. Här ges ett exempel för att belysa storleken på dessa fel och skillnaden mellan två tänkta metodalternativ.

Det ena metoden, **schablonmetoden**, baseras på mätning endast av tillförd värme (inkl varmvatten) och fastighetsel. Resterande data baseras på typiska värden, schabloner.

Den andra metoden, här kallad **mätmetoden**, baseras på mätning också av varmvattenvolym, dess temperaturer, inne- och utetemperaturer, antal personer (enkät) och hushållsel. I den genomförda analysen har ingen mätning av solenergiinfallet antagits.

Följande data gäller för byggnaden som studeras:

- Flerbostadshus med 90 kWh/m² i värme + varmvatten
- Bostäder på 85 m² inkl BIA.
- Hushållsel (HEL): 3000 kWh/lgh och 70% spillvärme
- Fastighetsel (FEL): 10 kWh/m² och 50% spillvärme

Normalt finns inte mätuppgifter på endast värme, varför värme måste bestämmas utifrån ett uppskattat avdrag för varmvattnet energi (schablonmetoden) eller uppmätt.

Följande data och osäkerhetsintervall har ansatts i analysen. Dessa kan diskuteras, men syftet med detta PM är att ge storheten för de två metodansatserna.

A. Schablonantaganden

- Varmvatten: 40% av värmebehovet (variation: 30 – 50 %)
- Persontäthet: 1,8 pers/lgh (+/- 0,9 pers/lgh)
- HEL: 3000 kWh/lgh (+/- 1000 kWh/lgh)
- andel spillvärme från HEL: 80% (+/- 10%)
- FEL: 10 kWh/m² (mäts och ger försumbart fel)
- andelen spillvärme från FEL 50% (+/-25)
- Innetemp: 22 grader (+/- 2 grader)
- Utetemp januari: hämtas från väderstation (+/- 2 grader jfr väderstationen).

Felens påverkan på resultatet kalkyleras och avvikelser (i procent av resultatet) summeras som roten ur summan av kvadraten på respektive avvikelse.

B. Mätmetoden, mätning av

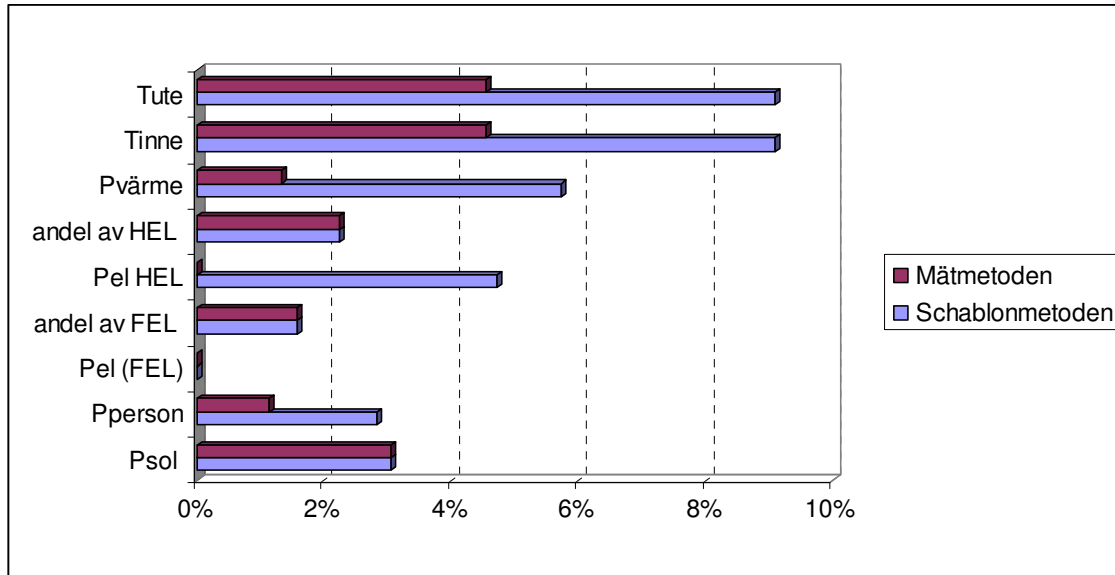
- Varmvatten: flöde (+/- 5% och temp på KV (+/-1 grad) och VV (+/-2 grad)
- Persontätet: Enkät
- HEL: mäts (försumbart mätfel)
- andel spillvärme från HEL: 70% (+/- 10%)
- FEL: mäts (försumbart mätfel)
- andelen spillvärme från FEL 50% (+/-25)
- Innetemp: mäts (+/- 1 grader)
- Utetemp januari: mäts vid byggnaden (+/- 1 grad).

Därtill kommer några osäkerheter som blir lika i bägge alternativen: värme per person, produktions- och distributionsförluster, uppmätt area, solinstrålning, fjärrvärmemätarens fel. Vi utgår från en automatiserad fjärrvärmemätinsamling. I annat fall tillkommer felet vid avvikande mätddatering (avläsningstidpunkten avviker från angivna. Mätarfel för fjärrvärme ingår inte i analysen.

3.2.1 Resultat

Felanalys för en BBR-byggnad

Hur felen fördelar sig för de bägge alternativen framgår av figur 1 där även möjlig feluppskattning för solenergi inkluderats (avvikelse från typvärde på solenergi under januari har ansats till 50%. Detta fel kan möjligen vara ännu större, samtidigt som solinstrålningens betydelse i januari månad är ganska begränsad för ett normalhus.)



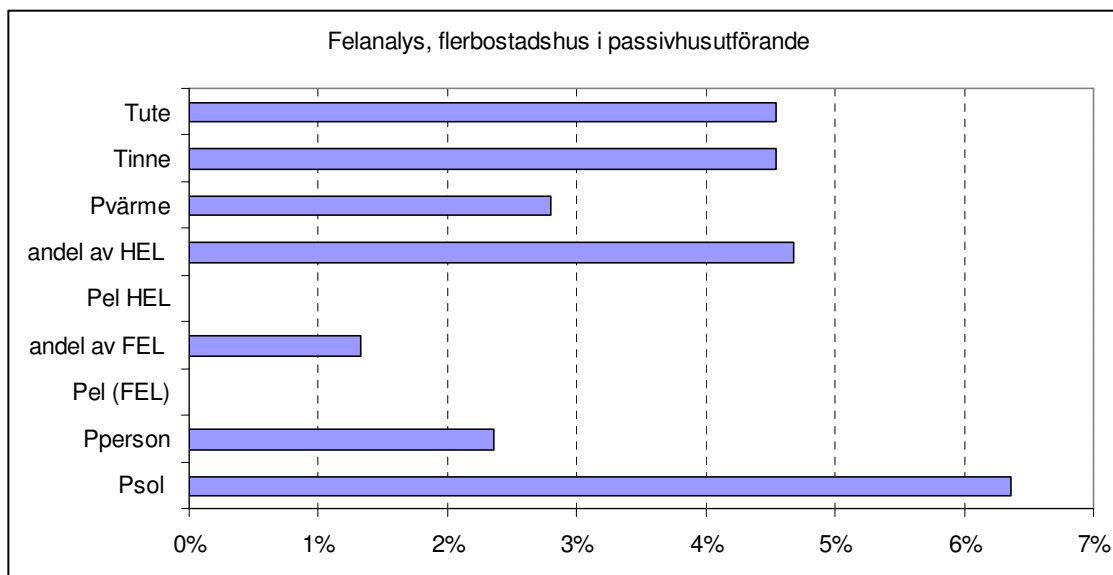
Felanalys för ett typiskt flerbostadshus (BBR-byggnad), med bägge metodansatserna

Summeras felen (roten ur summa kvadrat) uppgår felet till ca 16% av värdet för värmeeffektbehovet vid DUT i schablonmetoden och till 8% i mätmetoden. Kompletterande mätinsatser kan alltså halvera felet. Av figuren kan också ses att mätning av varmvatten, inne- och uttemperaturen är de viktigaste delarna för att minska osäkerheten i resultatet.

Felanalys för passivhus

Schablonmetoden tillämpad på passivhus skulle ge orimligt stora fel.

För nya byggnader är mätmetoden enda rimliga alternativet för ett passivhus och uppskattas då ge ett möjligt felvärde på 11% fördelat enligt figuren nedan.



Felanalys för ett passivhus, med mätmetodiken

Här ökar betydelsen av den osäkerhet som finns i spillvärmekällorna. Den största osäkerheten ger solenergin trots att den näst mörkaste månaden har valts.

Det är en stor skillnad i infallande solvärme beroende på om det är en klar period eller en molnig. Det är tänkbart att mäta verklig solenergiinstrålning, men kostnadsnivån motiverar detta kanske först för byggnader över 1000 m² och det är ganska glest mellan SMHI:s klimatstationer varför det i många fall innebär en extra mätinsats. Därtill krävs att byggnaden är inlagd i en beräkningsmodell med data för glasareor i olika vädersträck, solavskärmning, etc. Detta är tänkbart för passivhus i ett introduktionsskede.

Osäkerheten för hur mycket av elenergin för hushållen som ger spillvärme kan minskas om man tar hänsyn i beräkningen till om spisen har en spiskåpefläkt som är kopplad till värmeåtervinningen eller evakueras utan återvinning.

Resultatdiskussion

Analysen bortser från att viss förluster även sker via fönstervädring och att denna vädring inte självklart ger en förlust som blir linjär med utetemperaturen. Troligen är dock fönstervädring vid DUT försumbar, vilket innebär att mätningen vid varmare utetemperaturer kan komma att överskatta förlusterna. Denna risk kan minimeras genom att uppskatta vädringsbeteendet i flerbostadshus med boendekät för vinterperioden och för småhus uppmäta de boende att undvika vädring under mätperioden. Läckageflödet har i analysen förenklat antagits vara konstant. Detta kan ge en underskattning av förlusterna.

3.3. Felanalys för småhus

Här görs en analys för ett passivhus (PH) med effektförlusten 20W/m² enbart med mätmetoden. Att beräkna förlusteffekten i ett småhus utan att veta hur mycket varmvatten som konsumeras och vilken innetemperaturen familjen lever i, är inte meningsfullt eftersom felet då blir orimligt stort (liksom felet

vid bestämning av energiprestanda i småhus utan att ta hänsyn till varmvattenanvändning och innetemperatur)

Analysen är analog med den för flerbostadshus. En enda skillnaden är att fastighetsel i detta fall avser drift av pumpar och fläktar, som då dras av från hushållsel.

Därtill kommer att värmeproduktionen kan ske med ett stort antal alternativ, där ytterligare osäkerheter inkommer i dess energiomvandling (bränslepanna, värmepump, etc).

För enkelhetens skull görs analysen för ett renodlat elvärmesystem. I verkliga fall måste hänsyn tas till tillkommande mätfel i produktionssystemet, såvida inte separata energimätare installerats eller att värmesystemet baseras endast på tillförd elvärme under mätperioden (eventuell panna/värmepump avstängd).

Indata Passivhus

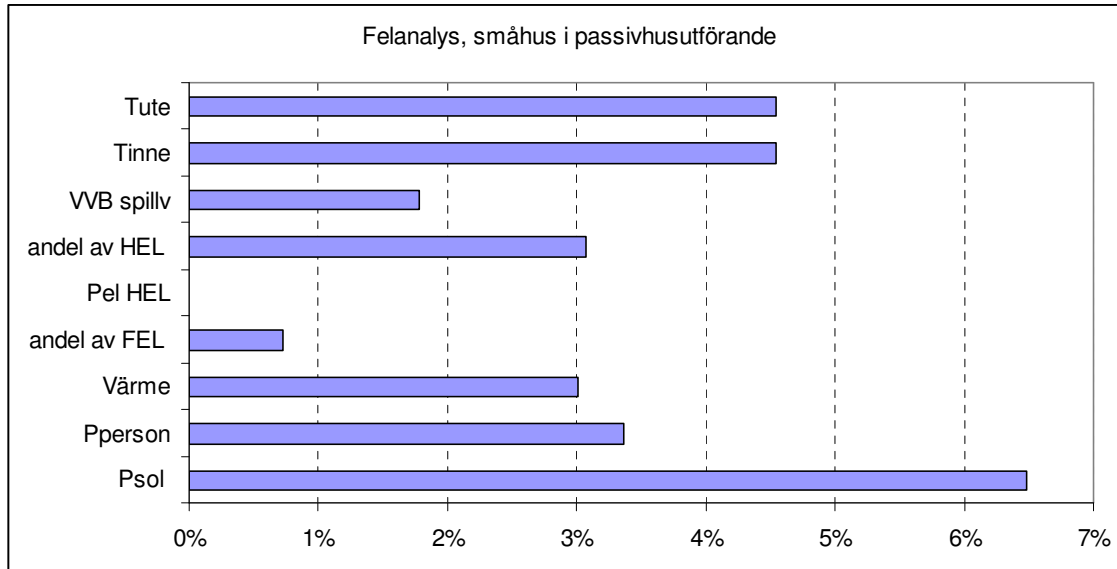
- Atemp = 135 m²
- Värmebehov: 13 kWh/m² (mäts med separat mätare)
- Varmvattenbehov: 23,5 kWh/m²
- Varmvattenberedare: 80 W (100% blir spillvärme, schablonfel +/- 20 W)
- Hushållsel (HEL): 3070 kWh/lgh
- Fläkt: 75 Watt (90% blir spillvärme)
- Pump: 0/25 W (PH/LE) (100% blir spillvärme)

Mätmetoden, mätning av

- Värme + varmvatten mäts med separat mätare
- Varmvatten: flöde (+/- 5% och temp på KV (+/-1 grad) och VV (+/-2 grad)
- Persontäthet: Enkät
- HEL: mäts (försumbart mätfel)
- andel spillvärme från HEL: 80% (+/- 10%)
- Fläkt och pump mäts (försumbart mätfel)
- andelen spillvärme från FEL 50% (+/-25)
- Innetemp: mäts (+/- 1 grader)
- Utetemp januari: mäts vid byggnaden (+/- 1 grad).

3.3.1 Resultat

Med dessa data erhålls ett värde på +/- 11% noggrannhet, med följande fördelning:



Fördelning av möjliga fel vid beräkning av förlustfaktor för småhus med passivhusutförande.

Observera att felet vid mätning av värme beror på osäkerheten vid mätning av andelen som blir varmvatten (volym och termperaturmätningar).

3.4 Resultatdiskussion

För passivhus blir osäkerheten i antagen solenergiinstrålning den största enskilda felposten, trots att mätperioden förläggs till januari. Det betyder att uppskattningen av byggnadens solenergiinstrålning bör ges extra uppmärksamhet. Dvs fönstrens orientering, glasandel, glastyp, solskydd och eventuell horisontalavskärmning kan få stor betydelse. En solig mätperiod kan ge än större avvikelse än 50% och enklaste sättet att hantera denna osäkerhet är att förlänga mätperioden till minst tre veckor eller längre om mätperioden är ovanligt solig. Vidare bör man vara uppmärksam på om den låga solenergin når ner till byggnaden alls under perioden eller om den ligger helt i skugga.



Ytterligare rapporter från Forum för energieffektiva byggande finns på
<http://www.energieffektivabyggnader.se/>