

Energiprestandaanalys 10

- avvikelser som kan härledas
till brukare, verksamhet eller
ökat kylbehov

Svebyprogrammet

Projektrapport
2010-10-28

Förord

Energiprestandaanalys är en vägledning för att verifiera om energikrav är uppfyllda. Vägledningen syftar till att vara ett praktiskt verktyg för att analysera om orsak till avvikelse mellan kontrakterad och uppmätt energiprestanda kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

Vägledningen har tagits fram som ett delprojekt inom Sveby-programmet och har utarbetats med Åsa Wahlström, CIT Energy Management som projektledare tillsammans med Per Levin, Projektengagemang och Bengt Bergsten, CIT Energy Management, och en arbetsgrupp bestående av:

Ingvar Andréasson, Familjebostäder
Kjell Berndtsson, Riksbyggen
Jonas Gräslund, Skanska
Kenneth Haukås, STENA Fastigheter
Kjell-Åke Henriksson, JM
Johnny Kellner, Veidekke
Gunnar Thorén, HSB
Bengt Wånggren, Fastighetsägarna Sverige

Projektet har förankrats i branschen genom en referensgrupp med representanter från bland annat fastighetsägare, byggherrar, entreprenörer, konsulter, myndigheter, m.m.

Vägledningen har därefter behandlats och fastställts av Sveby styrgrupp.

Projektet har finansierats av CERBOF, SBUF och deltagarna i styr- och arbetsgrupp.

Ett stort tack till alla som har bidragit till arbetet.

Goteborg i oktober 2010

Åsa Wahlström, Bengt Bergsten och Per Levin



Branschstandard för energi i byggnader

SVEBY

Sveby betyder "Standardisera och verifiera energiprestanda i nya byggnader". Sveby är ett utvecklingsprogram som drivs av bygg- och fastighetsbranschen och finansieras av CERBOF och SBUF och följande branschrepresentanter:
NCC/Bengt Bergqvist
Riksbyggen/Kjell Berndtsson
Stena Fastigheter/Charlotte Danielsson
Vasakronan/Anna Denell
Skanska/Jonas Gräslund,
JM/ Kjell-Åke Henriksson
SABO/Ulrika Jardfelt
Veidekke/Johnny Kellner
BKK/Lennart Kjellin
HSB/Mia Torpe
Diligentia/Lars Pellmark
Byggherrarna/Stefan Sandsten
Fastighetsägarna/Bengt Wånggren
Stockholms Stad/Egil Öfverholm
Projektledare är
Projektengagemang/Per Levin
Ordförande i styrgruppen är
Fastighetsägarna/Bengt Wånggren

Sammanfattning

En ny version av Boverkets Byggregler (BBR) med ett helt nytt sätt att ställa energikrav på byggnader trädde i kraft i juli 2006. Byggreglerna ställer funktionskrav på energiprestanda och att energiprestanda verifieras med mätning inom 24 månader efter att byggnaden tagits i bruk. Vidare ger BBR möjlighet att korrigera energiprestanda för vissa avvikelser som varken byggherre eller entreprenör är rådiga över och att redovisa dessa korrigeringar i en särskild utredning.

Syfte

Föreliggande vägledning beskriver hur energikrav kan verifieras genom att stegvis undersöka om en byggnad uppfyller ställda krav på energiprestanda. I undersökningen tas hänsyn till om orsak till avvikelser kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

Syfte är att undvika framtida konfliktsituationer mellan byggherre och entreprenör vid verifiering av energiprestanda. Syftet är också att ta fram underlag till den särskilda utredningen som enligt Boverkets byggregler ska redovisas vid korrigering av energiprestanda.

Verifiering av energikrav

Vägledningen beskriver hur samstämmighet mellan kontrakterad och uppmätt energiprestanda systematiskt skall analyseras i tre steg:

- Steg 1 Här beräknas korrigerad uppmätt energiprestanda för uppvärmning, tappvarmvattenanvändning, komfortkyla och driftel. Korrigering görs för normalår för uppvärmning, tappvattenanvändning utöver SVEBYS standardiserade användning och utökat luftflöde i lokaler. Energitrav verifieras eller en avvikelse noteras.
- Steg 2 Här görs en översiktlig analys för att indikera orsak till avvikelse.
- Steg 3 Här beskrivs hur en mer noggrann avvikelseanalys genomförs för att härleda avvikelse till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov under ett år med mycket varmt väder.

Som en hjälp i steg 2 presenteras beräkningsexempel för ett flerbostadshus och för ett vanligt kontor för att indikera hur stora avvikelser som kan orsakas av brukare, verksamhet eller ökat kylbehov under ett år med mycket varmt väder. Observera att det endast är exempel som inte bör generaliseras för andra kategorier av byggnader eller för lågenergibygnader.

Exemplet flerbostadshus

Exemplet visar att byggnadens nyttjandegrad har liten påverkan på energiprestanda. Förklaringen är att en minskad energianvändning för tappvarmvatten i stort kompenseras av en ökad värmeenergi på grund av mindre internvärmestillskott. Verifiering av energiprestanda är därmed relativt okänslig för om byggnaden har boende i alla lägenheter.

Vidare visar brukarnas beteende en begränsad påverkan på byggnadens energiprestanda. Framst är det en högre tappvarmvattenanvändning, inomhustemperatur, hushållselanvändning och vädring som kan påverka. Där tappvarmvattenanvändning är relativt enkel att påvisa genom mätningar medan vädring är mycket svår att påvisa.

Kontinuerlig loggning av inomhustemperatur i ett antal representativa lägenheter eller av frånluftens temperatur kan anses vara en kostnadseffektiv information vid verifiering av energikrav.

Exemplet kontor

På samma sätt som för flerbostadshuset visar kontorexemplet att byggnadens nyttjandegrad har liten påverkan på energiprestanda. Förklaringen är att en ökning av värmeenergi i stort sett kompenseras av minskning i kylenergi, varmvattenenergi och driftel (fastighetsel). Verifiering av energiprestanda är därmed relativt okänslig för om byggnaden har brukare i alla kontorsrum.

Vidare visar kontorexemplet att förändring av verksamheten har mycket begränsad inverkan på energiprestanda. Ökning av värmeenergi kompenseras i stort sett av minskning i kylenergi, varmvattenenergi och driftel och vice versa. Den totala energianvändningen påverkas dock (dvs inklusive verksamhetsel).

Den största orsaken till ökad energianvändning i exemplet är om mätningar vid verifiering sker under ett år med mycket varmt väder. Här skulle en bra korrigeringsmetod för normalår avseende kylbehov liknande normalårskorrigeringsmetod som finns på värmesidan vara till stor hjälp.

Lågenergibyggnader

För en lågenergibyggnad (energiprestanda som är 50% bättre än krav i BBR) blir marginalerna betydligt mindre och det blir än mer viktigt att verifiera påverkan på energiprestanda som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov vid mycket varmt väder.

Innehåll

Förord	1
Sammanfattning	2
Innehåll	4
1 Inledning	5
1.1 Boverkets byggregler	5
1.1.1 Korrigering för avvikelser från normalt brukande	5
1.1.2 Framtida byggregler	6
1.2 Problemställning	6
1.3 Syfte	7
1.4 Avgränsningar	8
1.5 Läsanvisning	9
1.6 Nomenklatur och förkortningar	9
2 Orsaker till avvikelser som det är möjligt att råda över	10
2.1 Beräkning	10
2.2 Byggprocessen	11
2.3 Mätning	12
3 Verifiering av energikrav	13
3.1 Metod och förutsättningar	13
3.2 Steg 1: Korrigerad uppmätt energiprestanda	14
3.3 Steg 2: Indikering av orsak till avvikelse	18
3.4 Steg 3: Verifiering av orsak till avvikelse	21
4 Känslighetsanalys	23
4.1 Beräkningar för bostäder	23
4.1.1 Boendegrad	23
4.1.2 Innetemperatur	23
4.1.3 Vädring	24
4.1.4 Internvärme	25
4.2 Beräkningar för lokaler	25
4.2.1 Drift- och närvarotider	26
4.2.2 Uthyrningsgrad	27
4.2.3 Mycket varmt väder	29
5 Diskussion	30
Bilaga 1: Beskrivning av exempelbyggnad flerbostadshus	32
Bilaga 2: Beskrivning av exempelbyggnad kontorshus	33

1

Inledning

1.1 Boverkets byggregler

En ny reviderad upplaga av Boverkets Byggregler (BBR) med ett helt nytt sätt att ställa energikrav på byggnader trädde i kraft 2006-07-01. De innebär att nya byggnader under projekteringen bör energiberäknas för att visa att byggnadens energiprestanda möter kraven i BBR. Energiprestanda verifieras med mätning inom 24 månader efter att byggnaden tagits i bruk. Detta är en stor förändring jämfört med tidigare byggregler eftersom kraven nu är ett funktionskrav på energianvändning. Ytterligare en ny reviderad upplaga av Boverkets Byggregler trädde i kraft 2009-02-01 med skärpta krav på energiprestanda för eluppvärmda byggnader samtidigt som några begrepp förtydligats (BFS 2008:20, BBR 16). Föreliggande vägledning hänvisar till kap 9 i BBR 16.

1.1.1 Korrigering för avvikelser från normalt brukande

Boverkets byggregler beskriver i ett allmänt råd att energiprestanda bör verifieras dels genom beräkning av byggnadens förväntade energiprestanda vid projektering, dels genom mätning i den färdiga byggnaden. *"Byggnadens energianvändning bör mätas under en sammanhängande 12-månadersperiod, avslutad senast 24 månader efter det att byggnaden tagits i bruk"*.

Boverkets byggregler beskriver i ett allmänt råd för bostäder att beräkningar vid projektering bör utgå från normalt brukande enligt: *"Beräkningar bör utföras med utgångspunkt i ortens klimat, avsedd innetemperatur, normalt brukande av tappvarmvatten och vädring"*. Vidare beskrivs att korrigeringar från projekterat (normalt) brukande kan redovisas i en särskild utredning: *"Normalårskorrigering och eventuell korrigering för avvikelse från projekterat brukande av byggnaden (inomhustemperatur, tappvarmvattenanvändning, vädring och dylikt) redovisas i en särskild utredning"*.

På motsvarande sätt beskrivs för lokaler att: *"Beräkningar bör utföras med utgångspunkt i ortens klimat, avsedd innetemperatur, normalt brukande av tappvarmvatten, vädring och värmetilskott från processer i lokalen"* och att *"Normalårskorrigering och eventuell korrigering för avvikelse från projekterat brukande av byggnaden (inomhustemperatur, tappvarmvattenanvändning, vädring, värmetilskott från processer i lokalen och dylikt) redovisas i en särskild utredning"*. Dessutom tar kravet på energiprestanda för lokaler hänsyn till om ett uteluftsflöde är utökat på grund av hygieniska skäl.

Föreliggande vägledning utgår ifrån att *projekterat brukande* som beskrivs i Boverkets byggregler motsvarar ett standardiserat brukande som ska motsvara ett normalt brukande. Om inte annat avtalats i kontrakt mellan byggherre och entreprenör gäller standardiserat brukande som beskrivs i Sveby skrifter för brukarindata¹.

¹ Hittills finns brukarindata framtagna för bostäder och kontor. Sveby, Brukarindata för energiberäkningar i bostäder och Sveby, Brukarindata för energiberäkningar i kontor.

1.1.2 Framtida byggregler

I det nyligen reviderade direktivet om byggnaders energiprestanda (2002/91/EC) finns krav på att "nära nollenergibyggnader" skall vara nybyggnadskrav för alla offentliga byggnader från 1 januari 2019 och för alla byggnader från 1 januari 2021. Definitionen på "nära nollenergibyggnader" bestäms nationellt för varje medlemsstat. I och med revideringen av direktivet kan vi förvänta oss att energikrav i Boverkets byggregler kommer att skärpas inom de närmaste åren sannolikt i två steg. Därmed blir det allt viktigare att projektera och bygga rätt, vilket i sin tur innebär att brukarnas påverkan på energiprestanda blir större i relativ bemärkelse.

1.2 Problemställning

En jämförelse mellan uppmätt och kontrakterad energiprestanda kommer i de allra flesta fall inte att stämma överens. Oavsett om uppmätt energiprestanda stämmer överens, är lägre eller högre än kontrakterad energiprestanda, så behöver en analys göras för att indikera vad skillnaden beror på.

En uppmätt energianvändning som är högre än kontrakterad kan orsakas av att brukaren använder byggnaden på ett sätt som inte förutsågs vid beställning och projektering. Till exempel när det gäller byggnadens boendegrad/användningsgrad, användning av hushållsel/verksamhetsel, brukarens styrning av inomhustemperatur, antalet brukare, brukarnas vädringsvanor eller ett utomhusklimat som normalårskorrigerad inte tillräckligt kompenserar för. Dessa orsaker är entreprenör eller byggherre inte rådiga över.

En uppmätt energianvändning som är högre än kontrakterad kan också bero på att energiberäkningar vid projektering inte efterliknar verkligheten i tillräcklig omfattning, eller att mätnoggrannheten på uppmätt energiprestanda inte är tillräcklig. Vidare kan hög energianvändning bero på att byggnadens klimatskärm eller installationer inte har den prestanda som behövs för att klara kravet. Dessa orsaker kan entreprenör eller byggherre råda över. För att säkerställa att krav på energiprestanda uppnås behövs en tydlig vägledning för att undvika avvikelser som entreprenör och byggherre är rådiga över. En del av denna vägledning behandlas huvudsakligen i andra Sveby-projekt².

En uppmätt energianvändning som stämmer överens eller är lägre än kontrakterad kan även orsakas av att brukaren använder byggnaden på ett sätt som inte förutsågs vid beställning och projektering. Till exempel när det gäller byggnadens boendegrad/användningsgrad, användning av hushållsel/verksamhetsel, brukarens styrning av inomhustemperatur, antalet brukare, brukarnas vädringsvanor eller ett utomhusklimat som normalårskorrigerad inte tillräckligt kompenserar för. Här behöver en analys genomföras för att verifiera att krav på:

- kontrakterad energiprestanda även kommer att uppfyllas om brukaranvändning ändras till den som specificerats vid kontraktering,

² Sveby, Energiverifikat09 –uppföljning av energikrav under byggprocessen

- energiprestanda enligt Boverkets byggregler även kommer att uppfyllas om brukar användning ändras till standardiserat brukande.

Därutöver behövs en vägledning för att verifiera om energikrav är uppfyllda innehållande en analys av om i vilken mån det finns en avvikelse som varken entreprenör eller byggherre är rådig över, dvs om orsak till avvikelse kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov vid mycket varmt väder. Vägledningen behövs för att beskriva hur avvikelse mellan kontrakterad och uppmätt energiprestanda systematiskt skall analyseras, dels för att på ett relativt enkelt sätt indikera vad skillnaden beror på, dels för att översiktligt beskrivas hur en mer noggrann analys kan genomföras. Målsättningen är att undvika onödiga tvister mellan byggherre och entreprenör.

I figur 1.1 visas en problemkarta över möjliga orsaker till avvikelser mellan kontrakterad och uppmätt energiprestanda, där de orsaker som tas upp i denna vägledning rödmarkerats.

Projektering / Beräkning	Uppförande / besiktning	Drift (12 -24 mån) / mätning
<ul style="list-style-type: none"> • Osäkra indata • Handhavandefel <ul style="list-style-type: none"> - Inmätning - fel värde - kunskapsbrist • Klimatfil <ul style="list-style-type: none"> det finns idag ingen standard för klimatfiler • Brister i ber.program <ul style="list-style-type: none"> - själva programmet som helhet -- saknar ev. funktioner • Dokumentation/Energiverifikat <ul style="list-style-type: none"> Indata/förutsättningar och resultat inkl. delresultat för reviderade energiberäkningar. Behandlas huvudsakligen i SVEBY Energiverifikat09 	<ul style="list-style-type: none"> • Tekniskt utförande avviker som är svårt att mäta/kvantifiera <ul style="list-style-type: none"> t.ex. isolering i fasad eller bottenplatta • Tekniskt utförande avviker som kan mätas men är svårt att härleda till energianvändning <ul style="list-style-type: none"> t.ex. täthet/infiltration; går att mäta men beräkning av infiltration osäker. • Mätning och kontroll vid besiktning <ul style="list-style-type: none"> behandlas huvudsakligen i SVEBY Energiverifikat09 och mäthandledning • Dokumentation/Energiverifikat <ul style="list-style-type: none"> Resultat från besiktning, kontroll och reviderade energiberäkningar. Behandlas huvudsakligen i SVEBY Energiverifikat09. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identifiering av delavvikelsers storlek <ul style="list-style-type: none"> - mätning - beräkning - bedömning • Korrigerig av avvikelser <ul style="list-style-type: none"> behandlas delvis i SVEBY Måtföreskrifter 09 • Typ av avvikelse (orsak) <ul style="list-style-type: none"> (Rådighet/ Ej Rådighet) - Teknisk lösning ändrad (R) - Tekniskt utförande (R) - Måtfel - Verksamhetsrelaterat (ej R) - Klimatfil ≠ aktuellt år ≠ normalår (SMHI) (ej R) • Dokumentation/Energiverifikat <ul style="list-style-type: none"> Hur hela arbetet som genomförts, från "ax till limpa", bör dokumenteras. Behandlas huvudsakligen i SVEBY Energiverifikat09 och Energikrav09.

Figur 1.1 Problemkarta där rödmarkerade orsaker till avvikelse är de som studeras i denna vägledning vid verifiering av energiprestanda.

1.3 Syfte

Projektets syfte är att undvika framtida konfliktsituationer mellan byggherre och entreprenör genom att ta fram en vägledning för verifiering av energikrav. En vägledning som så långt som möjligt länkar samman resultat från faktisk uppmätt till kontrakterad energiprestanda. Kontrakterad energiprestanda behandlas på samma sätt oavsett om kravet

är gränsvärde enligt BBR eller ett lägre värde som avtalats till exempel enligt Sveby Energikrav09.

För att undvika avvikelser som byggherre och entreprenör kan råda över ska vägledningen ta höjd för kända brister vid beräkning och mätning och för kvalitetssäkring i byggprocessen.

Vägledningen ska därefter indikera om avvikelsen beror på orsaker som entreprenör och byggherre inte kan råda över, dvs. om orsak till avvikelse kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov under ett år med mycket varmt väder. Syftet är att beskriva hur en avvikelse mellan kontrakterad och uppmätt energiprestanda systematiskt skall analyseras. Vägledningen bör här vara ett praktiskt verktyg för att relativt snabbt indikera orsak. Därefter ska vägledningen översiktligt beskriva hur en mer noggrann analys genomförs.

En målsättning med verifiering av energikrav är att ta fram underlag till den särskilda utredningen som enligt Boverkets byggregler ska redovisas vid korrigering av energiprestanda för avvikelser som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

1.4 Avgränsningar

Vid framtagande av vägledningen förutsätts att andra riktlinjer inom Sveby-programmet följs.

I vägledningen finns beräkningsexempel för ett flerbostadshus och för ett vanligt kontor för att indikera hur stora avvikelser som kan orsakas av brukare, verksamhet eller ökat kylbehov under ett år med mycket varmt väder. Exempelen gäller enbart för de analyserade byggnadskategorierna och ska inte generaliseras för andra kategorier av byggnader eller för lågenergibygnader.

Hur stor avvikelse som kan accepteras mellan uppmätt och kontrakterad energiprestanda behandlas däremot inte i föreliggande vägledning. Här går det inte att ge något generellt råd utan det måste diskuteras från fall till fall.

Hur fel ska åtgärdas, eller på annat sätt kompenseras, då krav på energiprestanda inte uppnås regleras genom avtal och behandlas inte här. Delvis regleras det i Sveby Energikrav09. Här beskrivs endast hur orsaker till avvikelser identifieras och om möjligt kvantifieras.

Vägledningen förutsätter att bostäder i svenskt klimat normalt inte behöver ha ett aktivt kylsystem. Inomhusklimat i bostäder går att säkerställa med hjälp av andra åtgärder t.ex. solavskärmning.

1.5 Läsanvisning

I kapitel 1 beskrivs Boverkets byggregler, problemställning och målsättning med föreliggande vägledning.

I kapitel 2 beskrivs hur byggherre och entreprenör kan ta höjd för kända brister vid beräkning och mätning och för kvalitetssäkring i byggprocessen.

I kapitel 3 beskrivs en vägledning för verifiering av energikrav innehållande en analys om avvikelse kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder. Denna vägledning avser att på ett praktiskt och relativt enkelt sätt avgöra om ställda energikrav har uppnåtts och om så inte är fallet indikera orsak till avvikelse. För att få en uppfattning av hur stora avvikelser kan vara ges, i kapitel 4 några exempel på avvikelser orsakade av brukare för bostäder och för verksamhet eller ökat kylbehov i kontor under ett år med mycket varmt väder.

I kapitel 5 diskuteras resultatet.

1.6 Nomenklatur och förkortningar

Tabell 1.1 Använda förkortningar

Förkortning	Beskrivning
$EP_{kontrakt}$	Kontrakterad energiprestanda antingen enligt avtal (Energikrav09) eller maxvärde enligt Boverkets byggregler (Utan hänsyn taget till det s.k. ventilationstillägget)
$EP_{uppmätt,korr}$	Korrigerad uppmätt normalårskorrigerad energiprestanda för uppvärmning och tappvattenvärmning
$EP_{värme, normalår}$	Normalårskorrigerad energiprestanda för uppvärmning och tappvattenvärmning
EP_{vatten}	Energiprestanda för uppvärmning av tappvarmvatten utöver standardiserat brukande
EP_{vent}	Energiprestanda för ventilation i lokaler som på grund av hygieniska skäl har ett uteluftsflöde som är mellan 0,35 och 1,0 l/s,m ²
$EP_{komfortkyla}$	Energiprestanda för komfortkyla
$EP_{driftel}$	Energiprestanda för driftel
EU	Uppmätt energianvändning
EB	Beräknad energianvändning

2 Orsaker till avvikelser som det är möjligt att råda över

Under vägen från beställning till projektering, uppförande och drift av en byggnad finns ett antal kända osäkerheter. Genom att redan från början beakta dessa kan marginaler skapas för att uppmätt energiprestanda i slutänden ska stämma överens med kontrakterad energiprestanda.

Osäkerheter finns i alla led av byggprocessen, i energiberäkningar under alla skeden, vid projektering, byggande och vid driftskedet.

2.1 Beräkning

När en beräkning görs för att bestämma energianvändningen i en byggnad, t.ex. under projekteringskedet, är det samtidigt en förutsägelse om byggnadens energiprestanda när den är färdig och ska tas i bruk. Förutsägelseerna är osäkra för att ingen kan ha full kontroll över alla ingående parametrar som påverkar en byggnads energiprestanda.

Vid beräkning av energianvändningen i en byggnad kan följande parametrar/faktorer identifieras som osäkra:

1. **Samtliga indata**, innan de matas in i programmet har en osäkerhet, naturligtvis i olika grad. Vissa indata är dock i de flesta fall att betrakta som kvalificerade gissningar, t.ex. byggnadsskalets luftläckning, vädring, styrning av solavskärmningar, etc.
2. **Inmatning av indata** kan bli felaktig genom att fel värde skrivs in, revidering av värden glöms bort etc.
3. **Kunskapsbrist**, vilket till exempel kan leda till att bedömning av osäkerheter och energipåverkan för parametrar blir felaktig. Antaganden och anpassning av den verkliga byggnadens utformning och tekniska system till möjligheter och begränsningar i det aktuella beräkningsprogrammet görs på ett sätt som kan öka felet i beräkningen.
4. **Klimatdata för orten**, där det än så länge inte finns någon standard för hur en klimatdatafil för ett normalår skall skapas och vilket statistiskt underlag klimatdatafilen skall baseras på. Problemet är inte klimatdatafilen i sig utan att det beräknade resultatet jämförs med ett normalårskorrigerat uppmätt värde. Klimatfilen och det normalårskorrigerade värdet bygger i de allra flesta fall inte på samma underlag, d v s här finns en inbyggd osäkerhet.
5. **Beräkningsprogrammet i sig** räknar inte "rätt". Samtliga beräkningsprogram bygger på olika grad av förenkling av fysiska förhållanden i en verklig byggnad. Graden av

förenkling leder till att resultat från varje beräkningsprogram skiljer sig mer eller mindre från uppmätt energianvändning i den verkliga byggnaden.

6. **Beräkningsprogrammets möjligheter och begränsningar**, kan medföra att en verklig byggnad med dess tekniska system inte fullt ut kan beskrivas i det beräkningsprogram som används. Många brister i olika beräkningsprogram, d v s att de inte tar hänsyn till olika tekniska detaljer, är kända och det går att beakta dem genom att ta till säkerhetsmarginaler från beräknat resultat.

De första tre källorna till osäkerheter går att påverka genom kvalitetssäkring, osäkerhetsanalys och utbildning. De tre sista källorna är däremot svårare att påverka. Det finns olika sätt att hantera dessa osäkerhetskällor. Ett är att försöka bedöma storleken på respektive osäkerhet för att kunna beräkna den totala osäkerheten. Detta sätt kräver oftast en hel del arbete och tid. Ett annat sätt är att, genom erfarenhet och kunskap, försöka bedöma den totala osäkerheten som beräkningsresultatet har för olika typer av byggnader och program. Båda sätten har sina för- och nackdelar. Ju noggrannare en beräkning kan genomföras desto mer arbete krävs men å andra sidan kan säkerhetsmarginalen minskas.

Det väsentliga är att beräkningsresultatet har en relevant bedömning av hur stor osäkerhet som varje beräkning har och att beräkningen på lämpligt sätt förses med en säkerhetsmarginal för att inkludera osäkerheter. Beräkningsresultatet bör anges med ett osäkerhetsintervall.

2.2 Byggprocessen

Bakom kravet på byggnadens energiprestanda finns en rad underliggande energitekniska funktionskrav (d v s indataparametrar på installationer och klimatskärm). Under byggprocessen kan dessa komma att ändras antingen genom medvetna ändringar under byggprocessens gång eller genom utförandefel.

För att säkerställa att krav på byggnadens energiprestanda kommer att uppfyllas krävs en kvalitetssäkring. Dels behövs reviderade energiberäkningar som kan verifiera hur ändringar av energitekniska funktionskrav kommer att påverka byggnadens energiprestanda och dels behövs kontroller och provningar av funktionskrav under byggprocessens gång (se Sveby Energiverifika09).

En sammanställning av energitekniska funktionskrav tillsammans med uppgifter om verksamhet och användning dokumenteras som indata till energiberäkningar. Indata och resultat från använt beräkningsprogram dokumenteras i ett s.k. Energiverifikat som följer med i hela byggprocessen. I Sveby Energiverifikat09 rekommenderas en tydlig dokumentation av reviderade energiberäkningar vid tre tillfällen:

Energiberäkning - systemhandling

Byggnaden har tagit form med utformning, användning, drifttider m.m. Energikrav för hela systemet kan beskrivas med delsystem och hur dessa ska samverka. Funktionskrav som lufttäthet och U-värden fastställs. Energiberäkning genomförs med preliminära

energitekniska indata tillsammans med indata för standardiserat brukande (Sveby brukarindata).

Energiberäkning -bygghandling

När upphandlingar av tekniska system och utrustningar utförts görs en energiberäkning baserad på uppdaterade och detaljerade energitekniska indata tillsammans med indata för standardiserat brukande (Sveby brukarindata).

Energiberäkning – verkligt utförande (relationshandling)

Baserat på resultat från egenkontroller, besiktning, vinter- och sommarfallsprovningar görs en uppdaterad energiberäkning baserad på indata för verifierade energitekniska funktioner och standardiserade brukarindata.

Hela denna kvalitetssäkring under byggprocessen beskrivs i Sveby Energiverifikat09 och i föreliggande vägledning för verifiering av energikrav förutsätts att dessa riktlinjer följs. Energiberäkningen och sammanställningen av energitekniska funktionskrav tillsammans med uppgifter om verksamhet och användning vid verkligt utförande utgör därmed underlag vid en verifiering av energikrav och analys av avvikelser.

I föreliggande vägledning kan en fjärde energiberäkning underlätta verifiering av energikrav.

Energiberäkning – verklig drift

När uppgifter finns om verkligt brukande görs en energiberäkning baserad på indata för verifierade energitekniska funktioner tillsammans med indata för verkligt brukande. Skillnad mellan energiberäkning ”verkligt utförande” och ”verklig drift” jämförs för verifiering av energiprestanda.

2.3 Mätning

Enligt Boverkets byggregler bör mätmetodens osäkerhet beaktas. Om osäkerheten i mätmetoder är stor bör hänsyn tas till detta. Mätosäkerheten beror dels på antalet mätare och dels på mätarnas individuella osäkerhet. Mätosäkerhet är roten ur summan av varje mätarens fel i kvadrat. För att minimera osäkerheter vid mätning rekommenderas att använda totalmätare med hög mätnoggrannhet. I Sveby Mätföreskrifter09 rekommenderas att värmemängdsmätare skall ha en osäkerhet på maximalt 3 % vid nominellt flöde och elmätare skall ha en osäkerhet på maximalt 5 %. Rekommendationen baseras på att det ska gå bra att använda ordinarie debiteringsmätare enligt krav på dessa. I praktiken är oftast elmätare bättre med en osäkerhet på maximalt 1 %. Alla mätare skall vara kalibrerade vid mätperiodens början.

Att installera flera undermätare är dock alltid en fördel eftersom det underlättar felsökning vid avvikelser.

3 Verifiering av energikrav

3.1 Metod och förutsättningar

Kontrakterad energiprestanda

Vägledning för verifiering av energikrav utgår från att kontrakterad energiprestanda ($EP_{kontrakt}$) behandlas på samma sätt oavsett om kravet är gränsvärde enligt BBR (se tabell 3.1) eller ett lägre värde som avtalats till exempel enligt Energikrav09. Värde för kontrakterad energiprestanda är utan tillägg för utökad ventilation³ (lokaler som pga av hygieniska skäl har ett uteluftsflöde som är mellan 0,35 och 1,0 l/s,m²)⁴.

Tabell 3.1 Krav på energiprestanda enligt Boverkets byggregler (BBR 16).

Byggnadskategori/ Klimatzon	I	II	III
Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme	140	120	100
Bostäder som har annat uppvärmningssätt än elvärme	150	130	110
Byggnader med elvärme	95	75	55

Uppmätta värden

Vägledning för verifiering av energikrav utgår från att uppmätta månadsvärden finns att tillgå för:

- uppvärmning,
- tappvarmvattenanvändning,
- komfortkyla och
- driftel (d v s byggnadens fastighetsenergi⁵).

Dessutom ska uppskattning av genomsnittlig specifikt luftflöde under uppvärmningssäsongen finnas. För mätning av byggnadens energiprestanda hänvisas till Sveby Mätföreskrifter09 där följande gäller:

- Om processvärme går att mäta skiljt från uppvärmning så ska det göras.
- Om kyl användning för att kyla bort processvärme (d v s processkyla) går att mäta skiljt från kyl användning för komfortkyla så ska det göras.

³ Tillgodoräknande för utökad ventilation görs istället i verifieringen av energikrav genom att använda ventilationsflöden som använts i drift istället för projekterade värden.

⁴ Då en bostadsbyggnad har en lokaldel tillämpas ventilationstillägg för den delen av byggnaden.

⁵ SVEBY, Byggnaders Energianvändning -Ordlista

- Om elinstallation som tillhör kategorin hushållsel/verksamhetsel mäts med mätare för driftel (till exempel gemensam tvättstuga) eller om elinstallation som tillhör kategorin driftel mäts med mätare för hushållsel/verksamhetsel (till exempel golvvärme) ska månadsvärden från undermätare finnas. (I särskilda fall kan schablonvärden användas om elinstallationen förväntas ha en årlig elanvändning som bidrar till byggnadens totala energiprestanda med mindre än 3 kWh per m² A_{temp}.) I Sveby Ordlista och Sveby Brukarindata finns olika former av energianvändning definierade mellan driftel, hushållsel och verksamhetsel.

Metod för verifiering av energikrav

Verifiering av energikrav kan indelas i tre steg:

- Steg 1 Beräkning av korrigerad uppmätt energiprestanda och energikrav verifieras eller en avvikelse noteras.
- Steg 2 En översiktlig analys för att indikera orsak till avvikelse.
- Steg 3 Här beskrivs hur en mer noggrann avvikelseanalys genomförs för att härleda avvikelse till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

3.2 Steg 1: Korrigerad uppmätt energiprestanda

Analys i steg 1 verifierar energikrav genom att korrigera uppmätt energiprestanda:

- om byggnaden har gemensam installation för uppvärmning och processvärme med annan byggnad på ett sådant sätt att det inte går att skilja dem åt (gemensam energimätare)
- normalår för värmeanvändning
- om byggnaden har tappvarmvattenanvändning som är utöver SVEBYs standardiserade användning⁶
- om lokaler på grund av hygieniska skäl har ett uteluftsflöde som är högre än 0,35 l/s,m²
- om installation för process- och komfortkyla är gemensam på ett sådant sätt att det inte går att skilja dem åt (gemensam energimätare)
- om elinstallation som tillhör kategorin hushållsel/verksamhetsel mäts med mätare för driftel, till exempel gemensam tvättstuga. (Elinstallation som har en elanvändning högre än 3 kWh per m² A_{temp} bör ha egen undermätare. För elinstallation med elanvändning som är lägre än 3 kWh per m² A_{temp} kan schablon användas.)
- om elinstallation som tillhör kategorin driftel mäts med mätare för hushållsel/verksamhetsel, till exempel golvvärme. (Elinstallation som har en elanvändning högre än 3 kWh per m² A_{temp} bör ha egen undermätare. För

⁶ SVEBY, Brukarindata för energiberäkningar i bostäder och SVEBY, Brukarindata för energiberäkningar i kontor.

elinstallation med elanvändning som är lägre än 3 kWh per m² A_{temp} kan schablon användas.)

Därefter jämförs korrigerad uppmätt energiprestanda ($EP_{uppmätt,korr}$) med kontrakterad energiprestanda ($EP_{kontrakt}$). Arbetsförfarandet med delsteg för korrigering av uppmätt energiprestanda illustreras i tabell 3.2 och i figur 3.1 visas en schematisk presentation för korrigeringen. Nedan följer en mer noggrann beskrivning för varje delsteg.

Delsteg 1.1

Från mätt energi för uppvärmning subtraheras eventuell inkluderad energi för processvärme. Exempel på processvärme kan vara markvärme som används för att ta bort isbildning i garageinfart, vilken bestäms med undermätare eller uppskattas med schablon (för definitioner av processvärme se Sveby Brukarindata). Därefter normalårskorrigeras energi för uppvärmning (exklusive energi till tappvarmvatten) enligt metod beskriven i Sveby Mätföreskrifter09. Normalårskorrigerad energiprestanda för uppvärmning och tappvattenvärmning betecknas $EP_{värme, normalår}$.

Delsteg 1.2

Energiprestanda för tappvarmvattenanvändning utöver standardiserad användning beräknas för bostäder enligt:

$$EP_{vatten} = \left(\sum_{månad=1}^{12} volym_{vv,månad} - 0,45 \right) \cdot 55 / \eta_{vv} \quad (\text{kWh/m}^2, \text{år})$$

och för lokaler enligt:

$$EP_{vatten} = \left(\sum_{månad=1}^{12} volym_{vv,månad} - 0,04 \right) \cdot 55 / \eta_{vv} \quad (\text{kWh/m}^2, \text{år})$$

där:

$volym_{vv}$ är volym levererat varmvatten per månad (m³) per kvadratmeter A_{temp}

η_{vv} är verkningsgrad för beredning av tappvarmvatten i byggnaden (COP för värmepump). Kan sättas till 1 då inget annat är känt.

Volymerna 0,45 m³/m² för bostäder och 0,04 m³/m² för kontor motsvarar ungefär 25 kWh/m² respektive 2 kWh/m² för en fjärrvärmvärmd byggnad med hög verkningsgrad⁷. Om volym levererat varmvatten är lägre än 0,45 m³/m² för bostäder och 0,04 m³/m² för kontor ska ingen korrigering göras (EP_{vatten} är lika med noll).

Delsteg 1.3

Energiprestanda för ventilation i lokaler som pga av hygieniska skäl har ett genomsnittligt uteluftsflöde över 0,35 l/s, m² beräknas enligt:

$$EP_{vent} = E_{luftflöde} \cdot (q - 0,35)$$

där

q är det genomsnittliga uteluftsflödet under uppvärmningssäsongen (l/s, m²) och får högst sättas till 1,00.

⁷ SVEBY, Brukarindata för energiberäkningar i bostäder och SVEBY, Brukarindata för energiberäkningar i kontor.

$E_{luftflöde}$ används för att beräkna energiprestanda för ventilation och anges i nedanstående tabell.

Tabell: $E_{luftflöde}$ för lokaler uppvärmda med elvärme respektive på annat sätt i olika klimatzoner

Klimatzon	I	II	III
Lokaler som har annat uppvärmningssätt än elvärme	110	90	70
Lokaler med elvärme	65	55	45

Delsteg 1.4

Om kylanvändning för att kyla bort processvärme har uppmätts separat så ska den inte räknas in i byggnadens energiprestanda för komfortkyla ($EP_{komfortkyla}$). Om mätare för process- och komfortkyla är gemensam ska energi till processkyla uppskattas enligt särskild beräkning och sedan subtraheras från byggnadens energiprestanda.

Delsteg 1.5

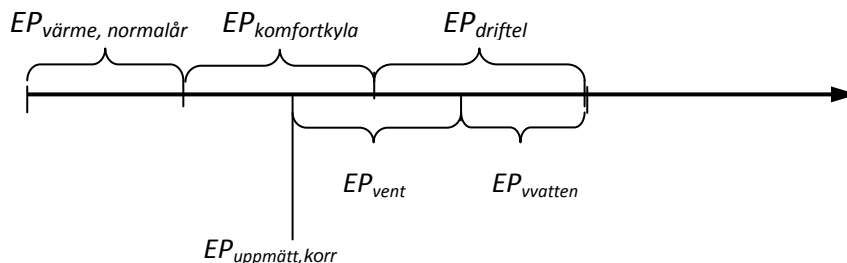
Från uppmätt driftel subtraheras eventuell inkluderad elanvändning för elinstallation som tillhör kategorin hushållsel/verksamhetsel. Driftel för driftelinstallation som inte ingår i uppmätt värde adderas. Elanvändning som ska subtraheras eller adderas bestäms med undermätare eller uppskattas med schablon. Elinstallation som har en elanvändning högre än 3 kWh per $m^2 A_{temp}$ bör ha egen undermätare. Energiprestanda för driftel betecknas $EP_{driftel}$

Delsteg 1.6

Korrigerad uppmätt energiprestanda beräknas enligt:

$$EP_{uppmätt,korr} = EP_{värme, normalår} - EP_{vatten} - EP_{vent} + EP_{komfortkyla} + EP_{driftel}$$

och jämförs med kontrakterad energiprestanda ($EP_{uppmätt,korr}$ jämförs med $EP_{kontrakt}$).



Figur 3.1 Schematisk presentation för korrigering av uppmätt energiprestanda i delsteg 1.6.

Delsteg 1.7a

Om $EP_{uppmätt,korr}$ är mindre eller lika med $EP_{kontrakt}$ och byggnaden används till mer än 70% (nyttjandegrad > 70 %) så uppfyller byggnaden krav på energiprestanda. Verifiering av energiprestanda är genomförd.

Tabell 3.2 Schematisk beskrivning för beräkning av korrigerad uppmätt energiprestanda och verifiering av energikrav.

Delsteg	Energiprestanda	Korrigering	Hur/Metod
1.1	Uppvärmning och tappvattenvärmning ($EP_{\text{värme, normalår}}$)	Avdrag för processvärme Normalår: Värme till normalår, exklusive tappvarmvatten	Sveby Mätföreskrifter09, Energiindex (energidekl) Graddagar (Sveby)
1.2	Tappvarmvattenanvändning utöver standardiserad anv. (EP_{vatten})	Avdrag över standardiserat brukande.	Bostäder över $0,45 \text{ m}^3/\text{m}^2$, Lokaler över $0,04 \text{ m}^3/\text{m}^2$ Sveby Mätföreskrifter09 och Sveby brukarindata
1.3	Ventilation i lokaler Ökat uteluftsflöde pga. hygieniska skäl (EP_{vent})	Genomsnittligt uteluftsflöde under uppvärmningssäsong mellan $0,35$ och $1,0 \text{ l/s, m}^2$ pga hygieniska skäl	Sveby Mätföreskrifter09, Ventilationstillägget enligt BBR
1.4	Komfortkyla i lokaler ($EP_{\text{komfortkyla}}$)	Avdrag för processkyla som används för att kyla bort processvärme	Sveby Mätföreskrifter09
1.5	Driftel (EP_{driftel})	Avdrag för elinstallation som tillhör kategorin hushållsel/verksamhetsel Tillägg för driftelinstallation som mäts på annan mätare	Sveby Mätföreskrifter09 Sveby brukarindata
1.6	Beräkna $EP_{\text{uppmätt, korr}}$	$EP_{\text{uppmätt, korr}} = EP_{\text{värme, normalår}} - EP_{\text{vatten}} - EP_{\text{vent}} + EP_{\text{komfortkyla}} + EP_{\text{driftel}}$	Jämför $EP_{\text{uppmätt, korr}}$ med EP_{kontrakt}
1.7a	$EP_{\text{uppmätt, korr}} \leq EP_{\text{kontrakt}}$ och nyttjandegrad > 70 %	Krav enligt Energikrav09 är uppfyllt	Verifieringen är slutförd
1.7b	$EP_{\text{uppmätt, korr}} \leq EP_{\text{kontrakt}}$ och nyttjandegrad < 70 %	Fortsatt verifiering rekommenderas	Gå till steg 2
1.7c	$EP_{\text{uppmätt, korr}} > EP_{\text{kontrakt}}$	Kontrakterat krav inte uppfyllt	Gå till steg 2

Delsteg 1.7b

Om $EP_{\text{uppmätt, korr}}$ är mindre eller lika med EP_{kontrakt} men byggnaden används bara till en del (nyttjandegrad < 70 %) så uppfyller byggnaden krav på energiprestanda för den lägre nyttjandegraden. Fortsatt verifiering rekommenderas för att verifiera att krav på energiprestanda uppfylls även när byggnaden används till mer än 70%. Fortsatt verifiering i steg 2.

Delsteg 1.7c

Om $EP_{\text{uppmätt, korr}}$ är större än EP_{kontrakt} uppfyller inte byggnaden krav på energiprestanda. Fortsatt verifiering av energikrav i steg 2.

3.3 Steg 2: Indikering av orsak till avvikelse

I steg 2 görs en översiktlig analys för att indikera trolig orsak till avvikelse. Detta görs genom att bedöma om storleken på avvikelsen ($| EP_{uppmätt,korr} - EP_{kontrakt} |$) för värme, kyla och driftel kan hänföras till annat brukande av byggnaden, en annan verksamhet eller ett ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

Först analyseras om avvikelsen finns på värme, kyla eller driftel-sidan. Detta görs genom att jämföra uppmätta värden (EU) med beräknade värden (EB). Jämför beloppen:

- Avvikelse för värme = $(EU_{värme, normalårskorr} - EB_{värme}) * 100 / EB_{värme}$ (%)
- Avvikelse för kyla = $(EU_{komfortkyla} - EB_{komfortkyla}) * 100 / EB_{komfortkyla}$ (%)
- Avvikelse för driftel = $(EU_{driftel} - EB_{driftel}) * 100 / EB_{driftel}$ (%)

Dessa mätvärden är det minsta antalet mätta värden som bör finnas i en byggnad (se Sveby Mätföreskrifter09). Finns ytterligare undermätare, t.ex. för driftel, så görs analysen för samtliga undermätare. Fler undermätare kan underlätta analysen.

Avvikelse för driftel

För hög driftelanvändning kan ha många olika orsaker. Om installationerna är rätt installerade och har någon form av automatisk reglering till exempel med timer på trappbelysning, fläktar eller motorvärmare ska normalt sett inte driftelen vara för hög. Om för hög driftel kan härledas till brukaren så används byggnaden på något sätt annorlunda än vad som har kunnat gå att förutsäga vid projekteringen. Här finns inga generella regler utan bygganden måste besiktigas på plats, eventuellt med kompletterade intervjuer med brukarna, för att analysera det höga värdets orsak. Fler undermätare kan underlätta analysen.

Avvikelse för värme i bostäder

Om avvikelse för värme kan förklara övervägande andelen av skillnad mellan $EP_{uppmätt,korr}$ och $EP_{kontrakt}$ kan möjliga orsaker för annat brukande vara:

- att byggnaden inte nyttjas i den utsträckning som den var projekterad för
- att innetemperaturen är högre än projekterat
- att de boende har en högre tappvattenanvändning än projekterat
- att de boende vädrar i större utsträckning än projekterat
- att de boende har en mindre hushållselanvändning och därmed alstrar mindre internvärme

I tabell 3.4 ges exempel på hur energiprestanda kan påverkas för annat brukande i ett flerbostadshus.

Tabell 3.4 Schematisk beskrivning för indikering om värmeavvikelse kan härledas till byggnadens brukare.

Delsteg	Brukande	Effekt	Exempel flerbostadshus ⁸
2.1	Boendegrad	Annan internvärme från hushållsel och personlast än projekterat	Boendegrad har liten påverkan på flerbostadshusets energiprestanda. Minskad energianvändning för tappvarmvatten kompenseras av ökad värmeenergi pga av mindre internvärmestillskott.
2.2	Innetemperatur	Ökad innetemperatur innebär ökat energibehov av uppvärmning	För flerbostadshus med FTX kan varje grads ökning av innetemperatur ge en ökad värmeenergianvändning med cirka 5 kWh/m ² .
2.3	Vädning	De boende vädrar mer vilket ger ökat energibehov av uppvärmning	Vädning kan öka värmeenergianvändning med 2-7 kWh/m ² .
2.4	Internvärme	De boende har annan hushållselanvändning	För flerbostadshus med FTX ger varje kWh/m ² ökat internvärmestillskott en minskning av byggnadens värmeenergianvändning med cirka 0,5 kWh/m ² .

Avvikelse för värme och kyla i lokaler

Om avvikelse för värme och kyla kan förklara övervägande andelen av skillnad mellan $EP_{uppmätt,korr}$ och $EP_{kontrakt}$ kan möjliga orsaker relaterad till verksamhet vara:

- att byggnaden har andra drifttider än vad den projekterats för
- att byggnaden inte nyttjas i den utsträckning som den var projekterad för
- att brukarna använder annan verksamhetsel och därmed alstrar annan internvärme

I tabell 3.5 ges exempel på hur energiprestanda kan påverkas för annan verksamhet i ett kontor.

⁸ Observera att detta enbart är ett exempel. I det enskilda fallet kan påverkan på energiprestanda vara ett helt annat.

Tabell 3.5 Schematisk beskrivning för indikering om värme- och kylavvikelse kan härledas till byggnadens verksamhet.

Delsteg	Verksamhet	Effekt	Exempel kontor ⁹
2.1	Drifftid/närvarotid	Ökning av verksamhetens drifftider ger ökad internvärme från verksamhetsel och personlast än projekterat, vilket i sin tur minskar värmebehov och ökar kylbehov. Samtidigt som driftel till fläktar ökar och användning av tappvarmvatten.	Förändrade drifftider har liten påverkan på byggnadens energiprestanda. Ökning av kylenergi, driftel till fläktar och varmvattenenergi kompenseras i stort sett av minskning i värmeenergi.
2.2	Uthyrningsgrad/närvarograd	Lägre internvärme från verksamhetsel och personlast på grund av att byggnaden bara delvis är uthyrd eller har en lägre närvarograd av brukare än projekterat. Detta ökar värmebehov och minskar kylbehov. Samtidigt som driftel till hissar och användning av tappvarmvatten minskar.	Förändrade uthyrningsgrader/närvarograd har liten påverkan på energiprestanda. Ökning av värmeenergi kompenseras i stort sett av minskning i kylenergi, varmvattenenergi och driftel. Först på uthyrningsgrader/närvarograder under 40 % påverkas energiprestanda. Vid 30 % uthyrning ökar energianvändningen med cirka 10 kWh/m ² år.
2.3	Internvärme	Tätare personlast och ökad användning av verksamhetsel på samma drifftid minskar behovet av uppvärmning. Tätare personlast ger också ökat energibehov för komfortkyla, el till hissar och varmvatten.	Förändrad (ökande) internvärme har begränsad påverkan på byggnadens energiprestanda. En ökning av internvärme med 50 % ökar energianvändningen med cirka 5 kWh/m ² år.

Avvikelse för kyla

Om avvikelse för kyla kan förklara övervägande andelen av skillnad mellan $EP_{uppmätt,korr}$ och $EP_{kontrakt}$ kan en möjliga orsak vara ett år med mycket varmt väder. I tabell 3.6 ges exempel på hur energiprestanda kan påverkas i ett kontor för ett år med mycket varmt väder.

⁹ Observera att detta enbart är ett exempel. I det enskilda fallet kan påverkan på energiprestanda vara ett helt annat.

Tabell 3.6 Schematisk beskrivning för analys om avvikelse kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder i lokaler.

Delsteg	Klimat	Effekt	Exempel kontor ¹⁰
2.4	Aktuellt år har mycket varmt väder	Fler varma dagar än vad som förutsetts ger ett ökat kylbehov	En ökning med 10 -20 kylgraddagar kan ge en ökad kylenergianvändning på 2-4 kWh/m ² .

3.4 Steg 3: Verifiering av orsak till avvikelse

I steg 2 indikeras trolig orsak till avvikelse genom att jämföra avvikelse för värme, kyla respektive driftel. För att verifiera att det verkligen är orsaken görs en fördjupad analys enligt följande steg:

Delsteg 3.1 Kontroll sker genom besiktning på plats i byggnaden främst med avseende på den parameter som antas orsaka avvikelsen. Besiktning på plats kan behöva kompletteras med intervjuer med brukarna och/eller tillfälliga mätningar (se Sveby -Verifiering av byggnaders energiprestanda genom mätning).

Delsteg 3.2 När nytt värde fastställts för en avvikande parameter, till exempel högre inomhustemperatur, görs en ny energiberäkning för "verklig drift" som sedan jämförs med energiberäkning för "verkligt utförande".

Energiberäkning för "verkligt utförande" använder indataparametrar för installationer och klimatskärm som fastställts vid slutbesiktning och för verksamhet och brukande av byggnaden används de indataparametrar som fastställts vid kontraktering. Energiberäkning för "verklig drift" använder samma indata som för "verkligt utförande" förutom den avvikande parametern vars nya fastställda värde används.

Delsteg 3.3 Storlek på avvikelse mellan energiprestanda för "verklig drift" och "verkligt utförande" ($EP_{verklig, drift} - EP_{verkligt utförande}$) jämförs med storlek på avvikelse mellan uppmätt och korrigerad energiprestanda och kontrakterad energiprestanda ($EP_{uppmätt, korr} - EP_{kontrakt}$).

Delsteg 3.4a Om ($EP_{verklig, drift} - EP_{verkligt utförande}$) är större eller i samma storleksordning som ($EP_{uppmätt, korr} - EP_{kontrakt}$) kan avvikelsen härledas till den undersökta parametern.

¹⁰ Observera att detta enbart är ett exempel. I det enskilda fallet kan påverkan på energiprestanda vara ett helt annat.

Delsteg 3.4b Om ($EP_{\text{verklig, drift}} - EP_{\text{verkligt utförande}}$) är mindre än ($EP_{\text{uppmätt, korr}} - EP_{\text{kontrakt}}$) kan den undersökta parametern inte förklara skillnad och en ny parameter som kan antas orsaka avvikelsen analyseras. Detta fortsätter sedan i ett iterativt förfarande tills den eller de parametrar som orsakar avvikelsen kan verifieras.

Delsteg 3.5 Om den parameter som orsakar avvikelsen kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder, dvs. till orsaker som varken byggherre eller entreprenör kan råda över, har energikrav för byggnaden verifierats.

Verifieringen är slutförd och dokumenteras som underlag till den särskilda utredningen som enligt Boverkets byggregler ska redovisas vid korrigering av energiprestanda för avvikelser som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

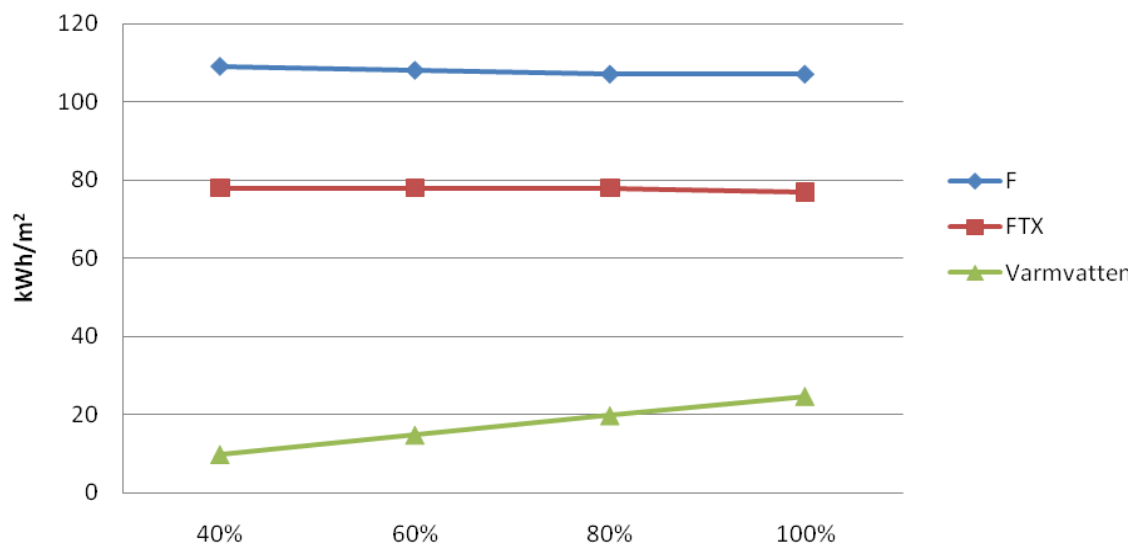
4 Känslighetsanalys

4.1 Beräkningar för bostäder

Känslighetsanalyser för hur bostäders energiprestanda påverkas har utförts för brukarparametrarna boendegrad, hushållsel, inomhustemperatur och vädring. Analyserna har genomförts på ett flerbostadshus med 15 lägenheter i Stockholm med byggår 2004. Byggnaden klarar precis nybyggnadskraven i BBR för icke elvärmda byggnader. Energiberäkningarna har genomförts med datorprogrammet Enorm 2004, där beräkningarna kalibrerats mot uppmätta värden.

4.1.1 Boendegrad

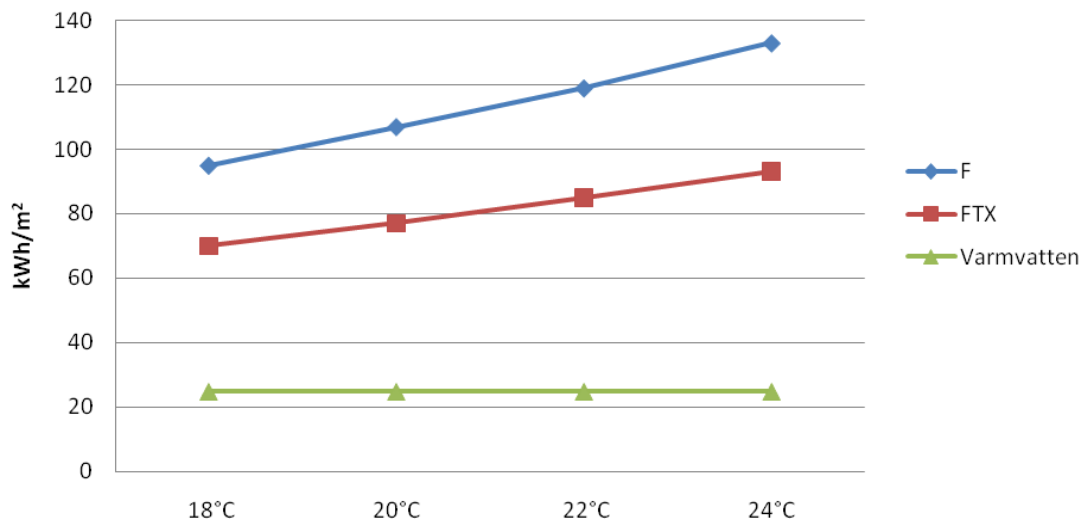
Energianvändningen i en byggnad borde påverkas om den inte varit fullt bebodd under mätperioden. I figur 4.1 visas hur energiprestanda påverkas av varierande boendegrad för flerbostadshuset. Man kan se att de minskade tillskotten från användning av hushållsel och personvärme till stor del kompenseras av det minskande tappvarmvattenbehovet, vilket är 25 kWh/m² vid 100 procents boendegrad.



Figur 4.1 Varierande boendegrads (40-100 %) påverkan på energiprestanda i ett flerbostadshus med och utan återvinning på ventilationen. Energiprestandalinjerna (blå och röd) innehåller energi för uppvärmning, tappvarmvatten och driftel (BBR-värdet).

4.1.2 Innetemperatur

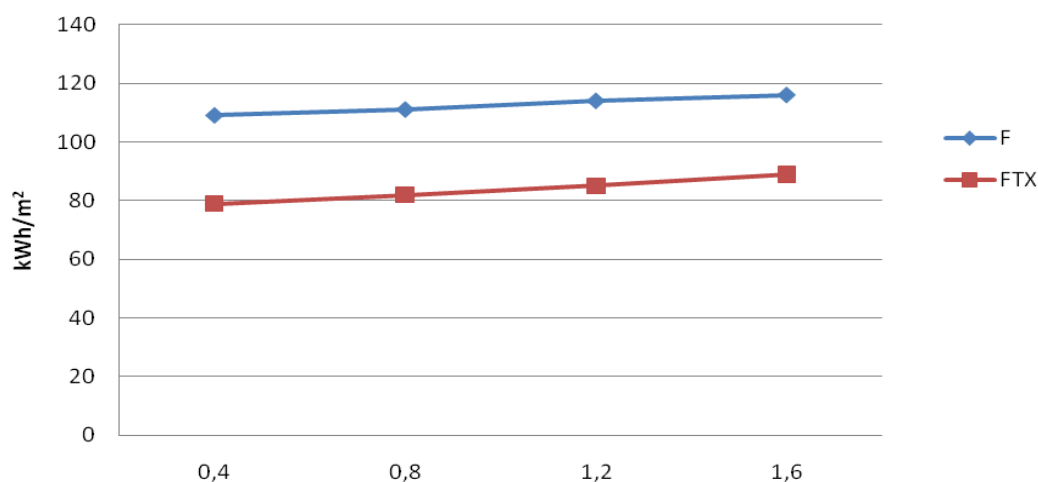
Ändringar i inomhustemperaturen i förhållande till den avsedda, påverkar energiprestanda linjärt, men olika mycket beroende på om värmeåtervinning finns på ventilationsluften eller inte, se figur 4.2 nedan.



Figur 4.2 Varierande inomhustemperaturns påverkan på energiprestanda för ett flerbostadshus (exklusive hushållsel).

4.1.3 Vädring

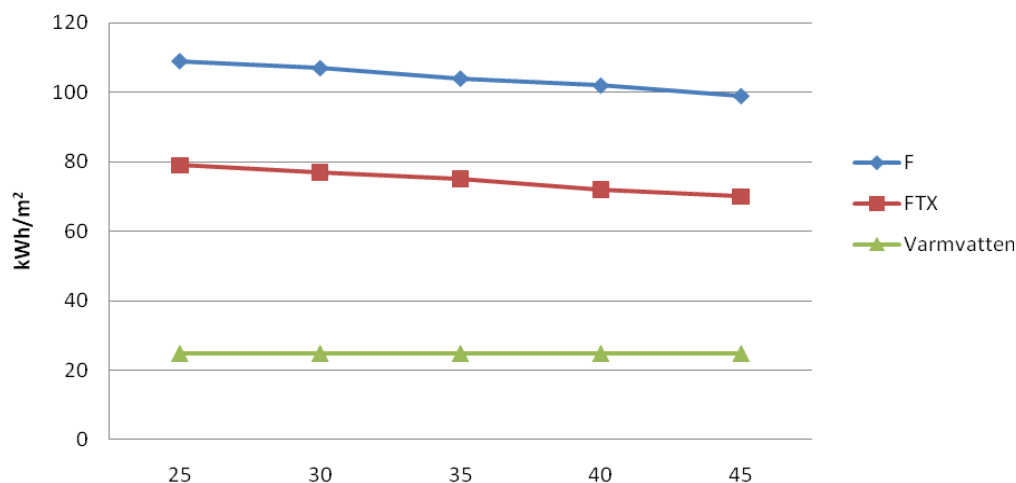
Vädringens påverkan på byggnadens energiprestanda är svårbedömd, eftersom den i verkligheten kommer att variera med fönsteröppningens storlek och varaktighet, lägenhetens exponering mot vind, byggnadens ventilationssystem med mera. Dessutom beräknas vädring inte fysikaliskt i de flesta energiberäkningsprogram, utan hänsyn till vädringen måste tas genom någon form av "handpåläggning". I figur 4.3 nedan visas inverkan av vädring, baserat på antaganden om ökande luftflöden baserat på vädringstider och öppningsarea. Vädringspåslaget som rekommenderas i Sveby brukarindata, 4 kWh/m², motsvaras i figuren av värdet 0,5.



Figur 4.3 Varierande vädrings påverkan på energiprestanda (exklusive hushållsel). Värdena på x-axeln motsvarar en ökning av den ofrivilliga luftomsättningen på grund av vädring från 0,03 till 0,12 oms/h för F-ventilation och mellan 0,04 – 0,17 oms/h för FTX-ventilation.

4.1.4 Internvärme

Internvärmen påverkas av aktiviteterna i byggnaden och viss del av internvärmen tillgodogörs för uppvärmning. Vid varierande hushållselanvändning, beroende på brukares beteende, påverkas byggnadens energiprestanda beräkningsmässigt enligt figur 4.4. Energiprestanda förbättras med ökande hushållselanvändning, men inte lika mycket som ökningen.



Figur 4.4 Energiprestanda för ett flerbostadshus vid varierande hushållsel, kWh/m².

4.2 Beräkningar för lokaler

När det gäller en byggnadskategori som lokaler så är den betydligt mer heterogen än vad kategorin bostäder är. Inom lokalsektorn ryms egentligen alla byggnader som inte är bostäder, t.ex. simhallar, kontor, hotell, bibliotek, tågstationer, skolor, konsertsalar, laboratorier etc. Den stora variationen av byggnadstyper, med tillhörande verksamheter, gör det i stort sett omöjligt att säga någonting bestämt om hur energianvändningen påverkas vid olika typer av avvikelser. För att kunna säga någonting inom ramen för denna skrift så har en kontorsbyggnad valts som exempelbyggnad. Det är alltså viktigt att hålla i minnet att resultaten som presenteras nedan inte är representativa för hela lokalbyggnadsbeståndet utan snarare representerar en relativt normal kontorsbyggnad.

Energianvändningen i en lokalbyggnad påverkas av en mängd faktorer. För att reda ut i hur stor grad olika avvikelser påverkar en byggnads energianvändning har ett antal simuleringar av en tänkt kontorsbyggnad genomförts. Den tänkta byggnaden benämns exempelbyggnad och finns beskriven i bilaga 2. Exempelbyggnaden är en kontorsbyggnad på 7 våningar med en Atemp på 9800 m² och har beräknats i energiberäkningsprogrammet BV² ver. 2010.

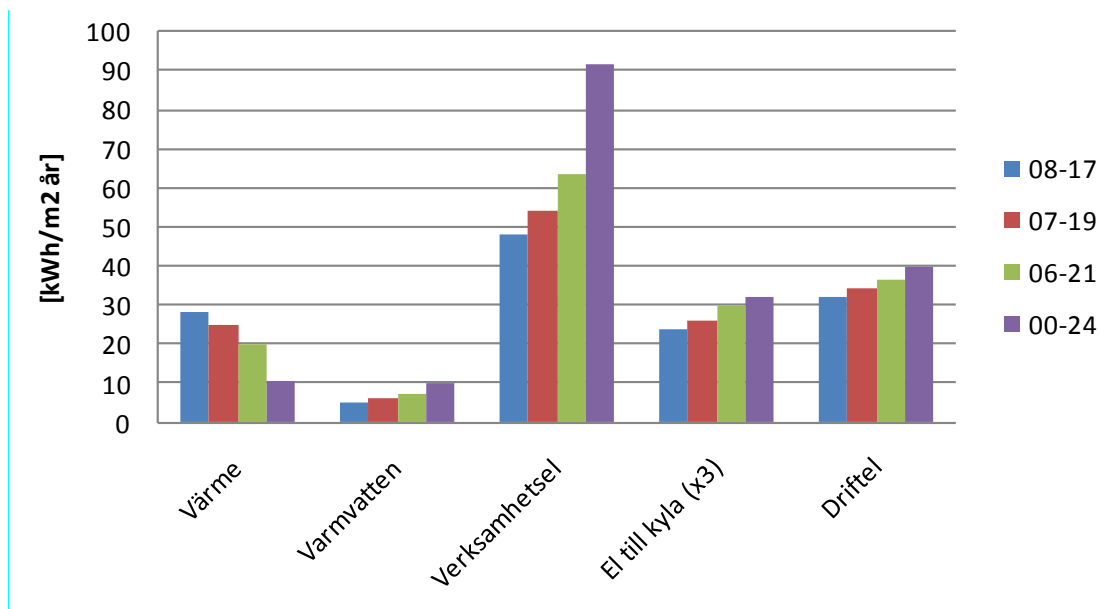
De avvikelser som studerats är avvikelser i form av

- ökade/minskade drift- och/eller närvarotider
- ökande/minskande uthyrningsgrad alt. närvarograd
- ett år med mycket varmt väder.

4.2.1 Drift- och närvarotider

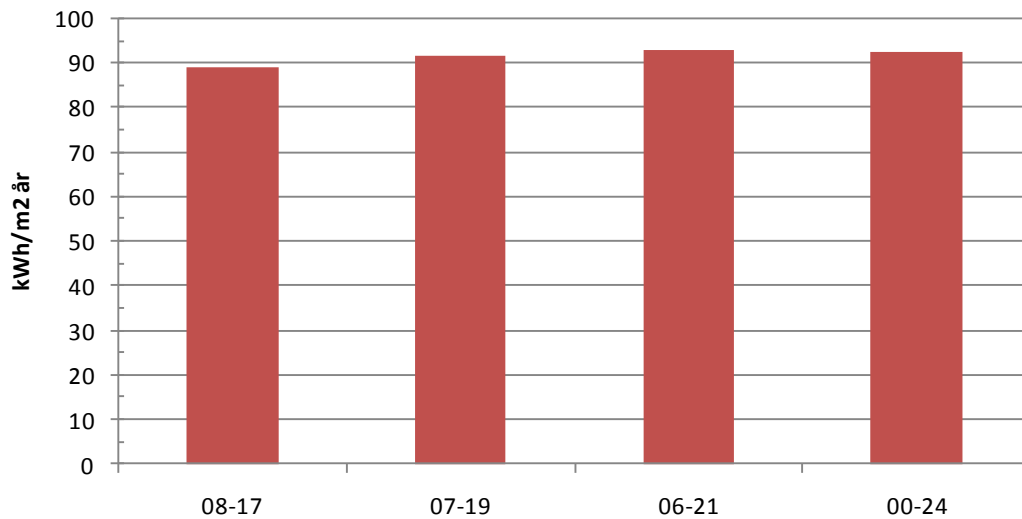
Närvarotiden varierar från 9 h i basfallet till 12 h, 15 h respektive 24h. Driftstiden för fläktar är en timme före och en timme efter närvarotiden.

I figur 4.5 redovisas energianvändningen vid olika närvarotider fördelat på posterna Värme, Varmvatten, Verksamhetsel och Fastighetsel. Som framgår av diagrammet i figur 4.1 så minskar värmebehovet med ökande närvarotid. Varmvattenbehovet antas öka något och verksamhetsel och fastighetsel ökar också. Verksamhetselen på grund av längre närvarotid och fastighetselen på grund av ökande driftstider och större kylbehov (eldriven kyla).



Figur 4.5 Energianvändning vid olika driftstider fördelat på posterna Värme, Varmvatten, Verksamhetsel, El till kyla och Driftel. Elanvändning för komfortkyla har multiplicerats med en faktor 3 enligt BBR. De olika tiderna till höger i diagrammet avser närvarotid, driftstiden för ventilation är 1+1h extra.

I figur 4.6 redovisas energianvändningen enligt BBR. Energianvändning enligt BBR inbegriper inte verksamhetsel. Det innebär att minskningen i värmeenergi i stort sett tar ut ökningen i varmvattenenergi och fastighetsel. Resultatet blir att BBR energin är i stort sett lika stor oberoende av närvarotid och tillhörande driftstid. Skillnaderna är endast några enstaka kWh/m² år.



Figur 4.6 Energianvändning enl. BBR vid olika drittstider och närvarotid. De olika tidsintervallen i diagrammet avser närvarotid, driftstiden för ventilation är 1+1h extra.

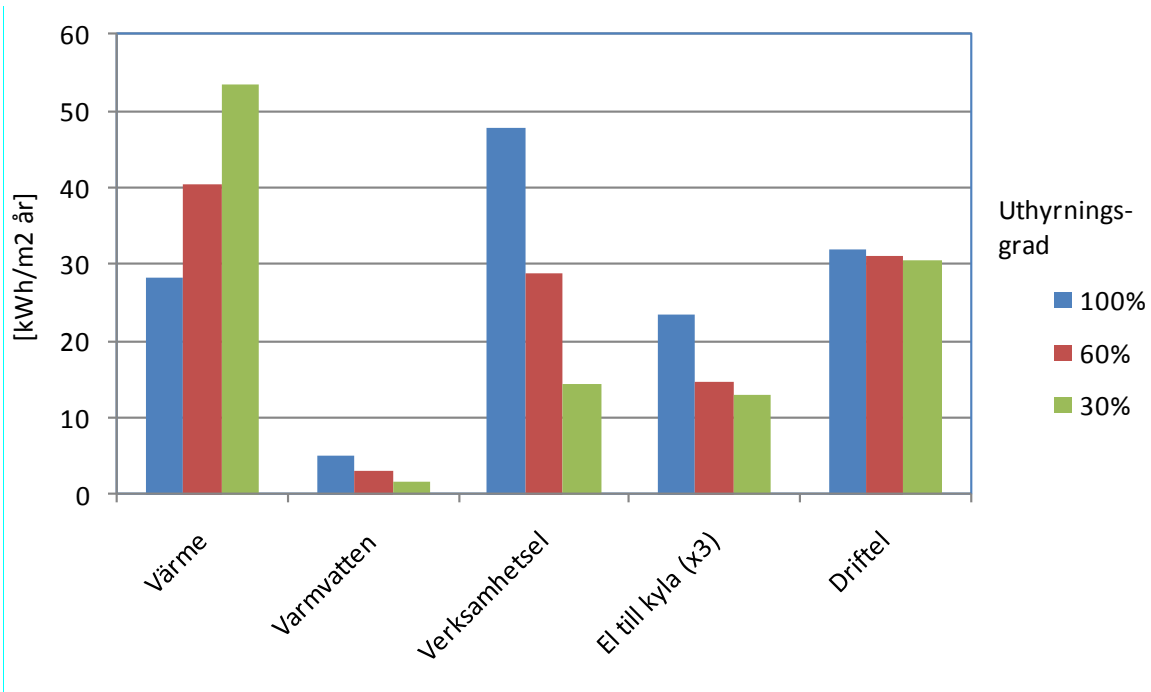
4.2.2 Uthyrningsgrad

Uthyrningsgraden varierar från 100 % i basfallet till 60 % respektive 30 %. I dessa fall antas att ventilation, värme och kyla inte kan sektioneras utan hela byggnaden värms och ventileras lika på alla plan.

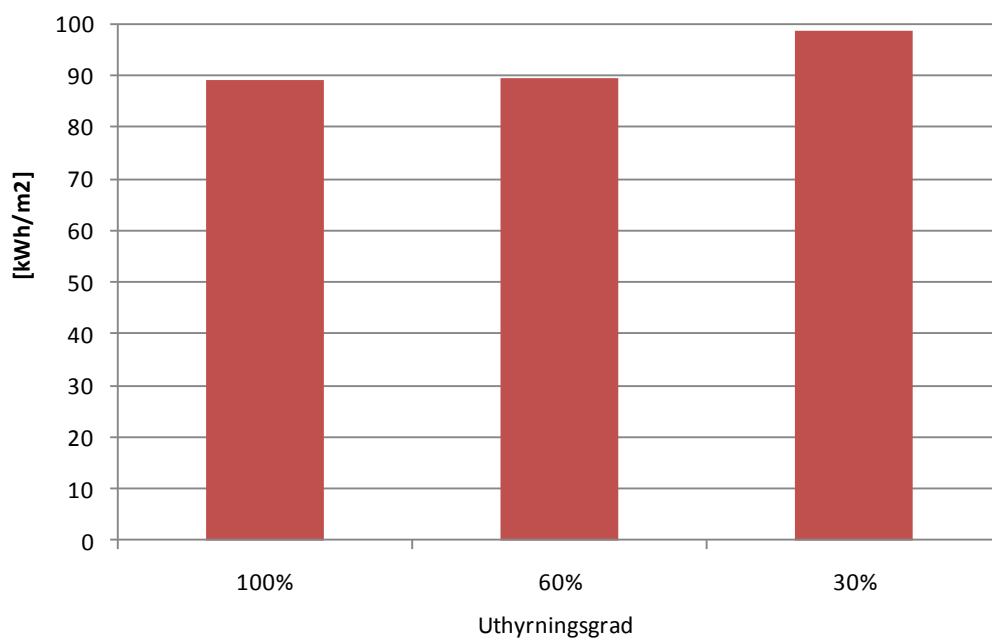
I figur 4.7 redovisas energianvändningen vid olika uthyrningsgrad fördelat på posterna Värme, Varmvatten, Verksamhetsel och Fastighetsel. Som framgår av diagrammet i figur 4.7 så ökar värmebehovet med minskande uthyrningsgrad. Varmvattenbehovet antas minska något och verksamhetsel och fastighetsel minskar också. Verksamhetselen på grund av lägre uthyrningsgrad, d.v.s. färre personer och datorer och mindre belysning, fastighetselen på grund av minskande kylbehov (eldriven kyla) och el till hissar.

I figur 4.8 redovisas energianvändningen enligt BBR vid olika uthyrningsgrad.

Energianvändning enligt BBR inbegriper inte verksamhetsel. Det innebär att ökningen i värmeenergi i stort sett tar ut minskningen i varmvattenenergi och fastighetsel. Resultatet blir att BBR energin är i stort sett lika stor vid 100 % resp. 60 % uthyrningsgrad och ökar något vid 30 %. Skillnaderna vid 30 % uthyrning är att BBR energin ökar med ca 10 kWh/m² år.



Figur 4.7 Energianvändning vid olika uthyrningsgrad fördelat på posterna Värme, Varmvatten, Verksamhetsel, El till kyla och Driftel. Elanvändning för komfortkyla har multiplicerats med en faktor 3 enligt BBR.

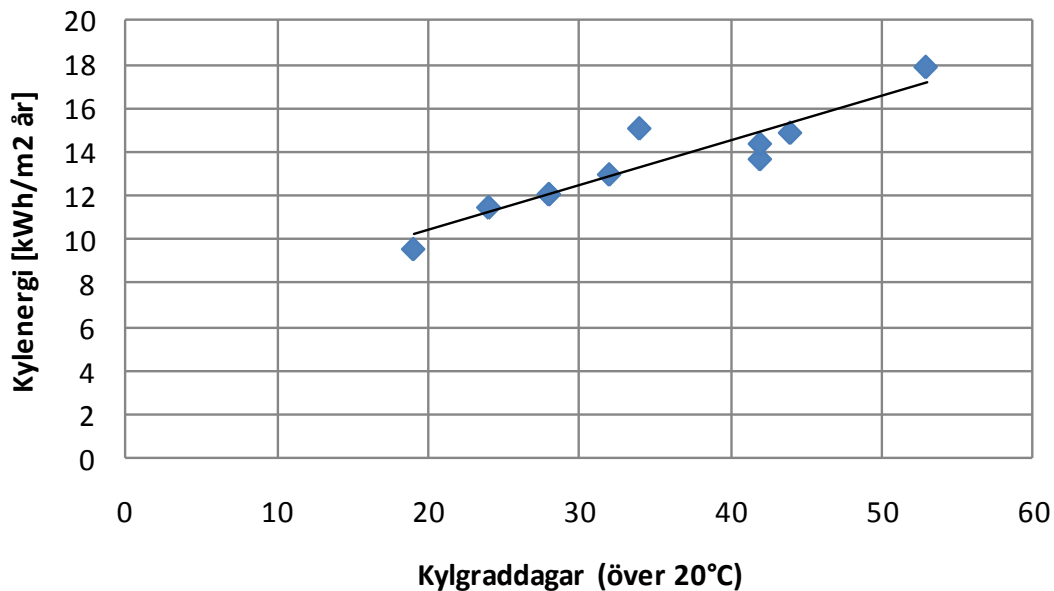


Figur 4.8 Energianvändning enl. BBR vid olika uthyrningsgrad.

4.2.3 Mycket varmt väder

Ett år med mycket varm väder. Sommarperioden (juni, juli och augusti) har en medeltemperatur som ligger cirka en grad över normaltemperaturen för perioden. Ligger den mycket över det normala ligger medeltemperaturen 1,5 – 2 grader över. Detta kan översättas i kylgraddagar, d.v.s. en temperaturdifferens över ett referensvärde, t.ex. 20°C, gånger tiden i dagar. Om en ort har t.ex. 25 kylgraddagar som normalvärde, kan det värdet gå upp till 35 – 45 graddagar under varm sommar.

Vid simulering med BV2 för olika kylgraddagar men med samma byggnad och övriga förutsättningar lika, erhålls en ökning i kylenergibehovet enligt figur 4.9.



Figur 4.9 Kylenergibehov vs Kylgraddagar

Med förutsättningen 25 kylgraddagar vid normal sommar och ca 35 - 45 kylgraddagar vid en varm sommar ökar kylenergibehovet med ca. 2 – 4 kWh/m² år för den använda standardbyggnaden. Den totala energianvändningen definierad enligt BBR kommer då att öka med lika mycket givet att klimatet under övriga året inte ändrats.

5 Diskussion

Vägen från kontrakterad till faktiskt uppmätt energiprestanda efter två års drift är en lång och komplicerad process med många inblandade aktörer. Det är mycket som kan gå fel under vägen och det är därför viktigt att ständigt arbeta med kvalitetssäkring i processen. Trots ett noggrant och väl utfört arbete finns det felkällor som varken byggherre eller entreprenör kan råda över och som i slutändan resulterar i en avvikelse mellan kontrakterad och faktiskt uppmätt energiprestanda. För att verifiera energikrav behöver orsak till avvikelsen härledas. Även detta är en ny och komplicerad process och även om framtagna vägledning ger en hjälp i analysarbetet så behövs fortsatt utveckling när mer erfarenheter har samlats.

Indikation och slutlig verifiering

I steg 2 ger vägledningen exempel på hur stora avvikelser kan vara genom påverkan från brukare, verksamhet eller för ett år med mycket varmt väder. Syftet är att ge en indikation på vilken orsaken kan vara men ger inget definitivt svar på att felet är funnet. För att verifiera energikrav och härleda avvikelsen måste även steg 3 genomföras. För exemplen har ett flerbostadshus och ett vanligt kontor valts eftersom det här är möjligt att till viss del göra några generella slutsatser. För mer komplicerade byggnader som t.ex. sjukhus eller badhus är det i stort sett omöjligt att ge sådana indikationer. För dessa blir analysen i steg 3 troligtvis mer omfattande.

Nyttjandegrad

Båda exempel, på flerbostadshus och kontor, visar att byggnadens nyttjandegrad har liten påverkan på energiprestanda. I flerbostadshuset kompenseras en minskad energianvändning för tappvarmvatten av en ökad värmeenergi på grund av mindre internvärmekost. I kontoret kompenseras en ökning av värmeenergi i stort sett av minskning i kylenergi, varmvattenenergi och driftel. Verifiering av energiprestanda kommer därför inte att vara avgörande för om byggnaden har boende i alla lägenheter eller brukare i alla kontorsrum, dvs. om byggnaden fylls på med brukare efter hand.

Exemplet flerbostadshus

För flerbostadshus exemplet har brukarnas beteende en begränsad påverkan på byggnadens energiprestanda. Framst är det en högre inomhustemperatur som har betydelse där varje grad ökad inomhustemperatur ger en ökning av energianvändning med 5 % för exempelbyggnaden.

Det är å andra sidan relativt enkelt att genom mätning verifiera vilken inomhustemperatur som byggnaden har. Här kan kontinuerlig loggning av inomhustemperatur i ett antal representativa lägenheter eller av frånluftens temperatur vara en kostnadseffektiv information vid verifiering av energikrav.

En ökad vädring jämfört med projekterade/standardiserade värden kan ha betydelse om än inte lika stor som flera graders ökning av inomhustemperatur. Att fastställa att en byggnad vädras eller har vädrats utöver standardiserad vädring är dock mycket svårt. I Sveby

rekommenderas därför ett påslag på 4 kWh/m² för vädring vid beräkning av energiprestanda.

Innan analys av ökad inomhustemperatur eller vädring genomförs bör kontroll göras att värme- och ventilationssystem är injusterade.

Exemplet kontor

För kontorexemplet har förändring av verksamheten mycket begränsad inverkan på energiprestanda. Ökning av värmeenergi kompenseras i stort sett av minskning i kylenergi, varmvattenenergi och driftel och vice versa.

För exemplet på kontor är ett år med mycket varmt väder den största orsaken till ökad energianvändning. En varm sommar, d.v.s. perioden juni, juli och augusti, har en medeltemperatur som ligger ca. en grad över normaltemperaturen för perioden. Ligger den mycket över det normala, ligger medeltemperaturen 1,5 – 2 grader över. En ökning med 10 - 20 kylgraddagar, vilket kan motsvara en ökning av normaltemperaturen för perioden på mellan 1 - 2°C, kan ge en ökad energiprestanda på 2-4 kWh/m². Här skulle en bra korrigeringsmetod för normalår avseende kylbehov liknande normalårskorrigeringsmetod som finns på värmesidan vara till stor hjälp¹¹.

Hur stor avvikelse som kan accepteras mellan uppmätt och kontrakterad energiprestanda har inte behandlats i föreliggande vägledning. Här går det inte att ge något generellt råd utan det måste diskuteras från fall till fall. Vägledningen visar dock på svagheter som finns när det gäller att härleda en ökad energianvändning till vädring eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder. Här är det viktigt att beakta detta vid projektering och ta till lagom stora säkerhetsmarginaler.

Lågenergibyggnader

För en lågenergibyggnad blir marginalerna betydligt mindre och det blir än mer viktigt att verifiera påverkan på energiprestanda som kan härledas till brukare, verksamhet eller ökat kylbehov för ett år med mycket varmt väder.

¹¹ SVEBY har ett pågående projekt som ska försöka ta fram en metod för att normalårskorrigera kyla.

Bilaga 1: Beskrivning av exempelbyggnad flerbostadshus

Byggnaden är ett befintligt flerbostadshus med 15 lägenheter i Stockholm med byggår 2004. Analyserna genomfördes med energiberäkningsprogrammet Enorm 2004, där beräkningarna kalibrerats mot uppmätta värden. Byggnaden är väl dokumenterad med uppmätta värden. Byggnaden har en tempererad area på $1370 \text{ m}^2 A_{\text{temp}}$ och är byggd med cellstomme i fyra våningar med bjälklag och lägenhetsskiljande väggar i betong och lätta utfackningsväggar. Grundläggningen består av platta på mark och fasaden är putsad.

U-värde yttervägg:	0,21 W/m ² °C
U-värde vindsbjälklag:	0,11 W/m ² °C
U-värde bottenplatta:	0,21 W/m ² °C
U-värde fönster:	1,2 W/m ² °C (inkl. karm)
Förlustfaktor för köldbryggor:	95 W/°C
Um:	0,46 W/m ² °C (inkl. köldbryggor)
Solfaktor fönster:	0,23 (inkl skuggning)
Andel fönster	26 % av fasadarea, 16 % av A_{temp}
Luftläckning:	0,03-0,17 oms/h
Uppvärmning:	Radiatorsystem och VVB
Ventilation:	F- eller FTX-system med konstant luftflöde (CAV) Luftflöde: 1890 m ³ /h, forcering 0,5 h 3510 m ³ /h SFP: 0,9 kW/(m ³ /s) för F, 1,9 kW/(m ³ /s) för FTX Verkningsgrad återvinnare: 70 %
Tappvarmvatten:	25 kWh/m ² (vid 100 % boendegrad)
Personvärme:	10 kWh/m ² (vid 100 % boendegrad)
El som ger värme:	28 kWh/m ² (uppmätt hushållsel och driftel vid 100 % boendegrad)
El som inte ger värme:	12 kWh/m ² (uppmätt hushållsel och driftel vid 100 % boendegrad)
Värmeförsörjning:	Fjärrvärme

Bilaga 2: Beskrivning av exempelbyggnad kontorshus

Exempelbyggnaden är en fiktiv kontorsbyggnad belägen i Göteborg. Byggnaden är 7 våningar hög med en Atemp på 9800 m² och har beräknats i energiberäkningsprogrammet BV² ver. 2010. Konstruktionsmässigt är byggnaden tämligen normalt utförd med betongbjälklag och utfackningsväggar i fasad. De flesta innerväggar är lättväggar. Byggnaden kan betraktas som termiskt "medeltung" med en del av bjälklagen helt eller delvis exponerade.

U-värde fasad:	0,32 W/m ² °C (inklusive köldbryggor)
U-värde tak:	0,17 W/m ² °C (inklusive köldbryggor)
U-värde bottenplatta:	0,12 W/m ² °C (inklusive köldbryggor)
U-värde fönster:	1,2 W/m ² °C (inkl. ytterkarm)
Solfaktor fönster:	0,67 (ingen yttre solavskärmning)
Andel fönster	20% av fasadarea, 8% av Atemp
Um:	0,39 W/m ² °C
Luftläckage 1:	0,2 oms/h vid utetemperatur 20°C
Luftläckage 2:	0,25 oms/h vid utetemperatur 0°C
Riktning S-fasad :	Syd
Belysning dag:	5 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
Belysning natt:	1 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
Personer dag:	3,5 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
Personer natt:	0,1 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
Apparater dag:	6 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
Apparater dag:	1 W/m ² (genomsnitt hela byggnaden)
	(dag: kl 08-18, natt: kl 18-08)
Klimathållningssystem:	Radiatorsystem för värme, min temp. 21°C FTX system med kontant luftflöde (CAV) Vattenburet kylsystem med t.ex. kylbafflar, max temp 25°C
FTX-system:	Drifttid: kl 07-19 Luftflöde: dag 1,5 l/s m ² , natt 0,9 l/s m ² Tilluftstemp: 15°C vid utetemp >20°C, 19°C vid utetemp <10°C SFP: 2,5 kW/(m ³ /s) Verkningsgrad återvinnare: 75% SPF kylmaskin: 2,5 (ingen frikylfunktion)
Tappvarmvatten:	5 kWh/m ²
Extra elanvändare:	Yttre belysning: 0,19 kWh/m ² Hissar: 2,25 kWh/m ² Elvärme smältning: 0,71 kWh/m ² Ridåvärmare: 1,22 kWh/m ²
Värmeförsörjning:	Fjärrvärme