



**SVERIGES CENTRUM  
för  
NOLLENERGIHUS**

# **Energi på byggnadsnivå och kriterier för låga värmeförluster – värmeförlusttal**

Delrapport WP 2.1 Energi.

Delrapport inom projekt Öppet klassningssystem.

2017-06-14

Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult

För rapportens innehåll ansvarar författaren.

ATON rapport 1701

SCN rapport 1702

2017-10-11

# Energi på byggnadsnivå och kriterier för låga värmeförluster – värmeförlusttal

Delrapport WP 2.1 Energi. En delrapport inom projekt Öppet klassningssystem.

Eje Sandberg

ATON rapport 1701

## Innehåll

Sammanfattning.....	2
1. Orientering angående byggnadens värmeförluster .....	3
2. Varför minska byggnadens värmeförluster? .....	3
3. Varför värmeförlusttal och inte primärenergital, köpt energi eller netto energi??.....	4
3.1 Primärenergital $EP_{PET}$ .....	5
3.2 Värmegenomgångstal, $U_m$ .....	7
3.3 Levererad energi .....	7
3.4 Netto energi.....	8
4. Byggnadens effektsignatur eller värmeförlusttal.....	9
4.1 Verifiering av värmeförlusttalet.....	9
4.2 Definiering av värmeförlusttalet.....	12
4.3 Konsekvensen för byggnader med frånluftsvärmepumpar? .....	13
4.4. Geografiska justeringsfaktorer .....	14
4.5 Förslag på kravnivå.....	16
4.6 Kompensering för små byggnader .....	17
4.7 Kompensering för byggnader med större luftflöden .....	18
4.8 Krav på installerad eleffekt.....	18
Bilaga 1. Metodjämförelse av värmeförlusttal mellan miljöbyggnad och FEBY.....	19
Bilaga 2. Beräkningsanvisning för värmeförlusttal.....	20
Bilaga 3. Ventilationstillägg för lokaler och små bostadsbyggnader .....	21

2017-10-11

## Sammanfattning

Värmeförlusttal (VFT) förefaller vara ett attraktivt komplement till kravet på värmegenomgångstal  $U_m$  och primärenergital,  $EP_{PET}$  och har flera fördelaktiga egenskaper genom att begränsa värmeförlusterna på en mer aggregerad nivå än krav på  $U_m$  och därtill vara mätbart.

En väl definierad metod för beräkning av byggnadens läckflöde och värmeförlusttal rekommenderas och redovisas.

En tidskonstant för bestämning av DVUT på max 3 dygn rekommenderas för att byggnadens tröghet inte ska vara en faktor som i projekten behöver diskuteras eller verifieras.

Justeringsfaktorer för årsenergi påverkas av byggnadens värmebehov och de kan inte tillämpas på värmeförlusttalet. De kallare klimaten i nuvarande klimatzon 1 och 2 kan kompenseras med + 2, respektive + 1 W/m<sup>2</sup>,K. I övrigt innebär kopplingen till DVUT att byggnaden anpassas för sitt aktuella klimat. En möjlighet för serietillverkare av byggnader att massproducera kan möjliggöras genom ett undantag. Ett förslag på hur ett sådant kan utformas redovisas.

I ett beräkningsexempel för flerbostadshus med VFT på 14 W/m<sup>2</sup> erhålls ett värmebehov på ca 21 kWh/m<sup>2</sup> och kommer motsvara prestandanivån för nuvarande passivhuskriterier. Ett påslag på 5 W/m<sup>2</sup> ger ett resultat i nivå med förslaget enligt EP BBR(B) och ytterligare 3 W/m<sup>2</sup> ger en byggnad som klarar BBR25 för fjärrvärmda bostadsbyggnader.

Bostäder	Exempel		Netto	Netto	Köpt	Fjärrvärm	Elvärm
> 600m <sup>2</sup>	VFT	FEL	värme	energi	elvärm	$EP_{PET}$	$EP_{PET}$
<b>A/Guld</b>	<b>14</b>	9	20	52	24	57	42
<b>B/Silver</b>	<b>19</b>	10	34	66	30	72	52
<b>C/Brons</b>	<b>22</b>	12	42	76	32	83	60

$EP_{PET}$  är viktad med 1,6 för el.

Samma nivåer är möjliga även för lokalbyggnader.

Byggnader med ett årsmedelluftflöde  $q_{medel}$  på 0,45 - 1,0 l/s,m<sup>2</sup>  $A_{temp}$  föreslås få ett tillägg enligt:

$$VFT: + (q_{medel} - 0,35) \times 0,18 \times (22 - DVUT) \quad (W/m^2 A_{temp})$$

Mindre byggnader än 600 m<sup>2</sup> (oavsett kategori) bör kompenseras för sina sämre förutsättningar att klara ett lågt värmeförlusttal med ett påslag enligt:

$$VFT: + (600 - A_{temp})/110 \quad (W/m^2 A_{temp})$$

2017-10-11

## 1. Orientering angående byggnadens värmeförluster

Vi ger här en orientering om värdet av att minska byggnadens värmeförluster, vilka kriteriealternativ som står till buds och varför vi tror ett värmeförlusttal är att föredra.

Värmeförlusttal (VFT) är den värmeeffekt per kvadratmeter som byggnaden avger under årets kallaste dag. Detta är enkelt att beräkna och direkt kopplat till byggnaden och dess isolering, täthet, samt ventilation. Enbart de delar byggherren har rådighet över ingår i underlaget för att beräkna värmeförlusttalet.

För beräkningar finns europeiska standarder. Inga nya indata krävs, bara en mindre del av det som ingår i en årsenergikalkyl. Kalkylen kan göras med ett excelark och visas i en gemensam mall så alla parter kan läsa, förstå och granska. Sambandet mellan VFT och byggnadens värmebehov är nära på linjär inom de intervall som idag är aktuella för lågenergibygnader så länge andra parametrar som solinstrålning och verksamhet hålls konstant. Det innebär att VFT är en tydlig indikator på byggnadens energiegenskaper.

Med ett värmeförlusttal som ett komplement till  $EP_{PET}$  säkras låga värmeförluster och därmed en låg belastning på försörjningssystemet oavsett om det är el- och fjärrvärme som väljs. Ett sådant krav är därmed inte i strid mot förordning eller EG-direktiv liksom inte heller nuvarande Um – krav är det, men ger en bra begränsning oavsett byggnadens formfaktor.

Boverkets förslag med primärenergital ( $EP_{PET}$ ) ska ses mot bakgrund av EG-direktivets krav på primärenergi och att regeringen satt ner foten i frågan att byggnadens energiprestanda ska baseras på levererad energi, vilket skrivits in i PBF. Därmed minskar frihetsgraderna för hur energikrav kan utformas som kan främja hållbart byggande. Med ett värmeförlusttal som säkrar att byggnaden får låga värmebehov kan  $EP_{PET}$  bli ett bra uttryck för energieffektivitet även med val av enklare primärenergital. Primärenergikravet kommer då kunna styra så t.ex. värmepumpar väljs istället för direktverkande el. Primärenergikravet bör då läggas på en sådan nivå så inte  $EP_{PET}$  blir styrande också för val av försörjningssystem och byggnadens utformning. Varför motiveras mer ingående senare i kap 3.1.

## 2. Varför minska byggnadens värmeförluster?

Byggnadens energibehov består av el för fastighetens drift, varmvatten och värme/kyla. Av dessa står värmebehovet i en särställning, genom att:

- vara en dominerande energipost såväl i byggnadsbestånd som i nyproduktion,
- ha en stark koppling till byggnadens utformning och därmed byggherrens rådighet
- ha ett mycket långt tidsperspektiv då byggnaden kan stå i mer än 100 år och i stor utsträckning vara låst till de egenskaper som utformning av byggnaden ger
- vara direkt kopplad till utetemperaturen och därmed belastas resursuttag, miljö och kapacitet i energiförsörjningssystem när det är som mest kostsamt att producera och överföra

2017-10-11

- vara kostnadskänslig, dvs att kopplingen mellan kostnader för åtgärd och utfall är tydlig och därmed behöver utformning av beställarkrav/klassningskriterier vara väl avvägda

*"Ur effektsynpunkt spelar det stor roll hur energieffektivisering sker i bebyggelsen. En sparad kilowattimme har olika värde på vintern och sommaren. Ett förbättrat klimatskal genom bättre isolering eller energieffektiva fönster kan reducera effektbehovet eftersom energi- besparingen till stor del sker vintertid vid ansträngda effektsituationer. Att energieffektivisera genom att minska andelen köpt energi genom att t.ex. sätta upp solceller på taket ger däremot ingen eller endast en marginell minskning av det maximala effektbehovet efter- som solceller inte minskar behovet av köpt energi då effektbehovet är som störst. Dagens energikrav på byggnader gör ingen skillnad på dessa energieffektiviseringar."*  
(Energikommissionen SOU 2017:2).

Varmvattenbehovet i bostadsbyggnader är i första hand beteenderelaterat. Tre tekniska åtgärder finns; spillvärmeåterföring som kan reducera med drygt 10%, energieffektiva varmvattenarmaturer som kan reducera med ca 20 – 30% och fördelningsmätning (IMD) där utfallet är högst osäkert och mer beroende av socioekonomiska förhållanden. För val av energieffektiva varmvattenblandare, som har ett eget klassningssystem, finns andra effektiva styrmedel att tillgå så som minimikrav (jfr SAVE-direktivet) och information om värdet av att välja effektiva blandare.

Fastighetsel är delvis verksamhetsberoende då hissarbete, belysningens ljusnivå och drifttider är beroende av verksamheten. I byggprojektet styrs eleffektiviteten i dessa installationer mycket av rådande teknisk utveckling och branschinterna referensvärden. Högst sällan genomför anlita elkonsult någon energiberäkning annat än för lastdimensionering av ledningssystem, mm. Finns inte effektiv styrning av belysningssystem med i projektet så kan de införas i efterhand för att hålla nere driftkostnaderna. Kopplingen till byggnadens uppförande är därför inte lika avgörande som för klimatskalet. Systemens livslängd är kortare än byggnadens. Andra styrmedel som teknikupphandlingsprojekt kan kanske vara effektivare än byggregler för teknikutvecklingen.

Ett bra värmeförlusttal är gynnsamt även för klimatkyla genom att skydda mot höga dagstemperaturer, medan byggnaden kan kylas nattetid via ventilation. Solskydd är en väsentlig aspekt, speciellt i byggnader med kraftiga uppglasningar. Krav på värmeförlusttal begränsar indirekt allt för kraftiga uppglasningar genom att dessa också ger stora värmeförluster vintertid.

### 3. Varför värmeförlusttal och inte primärenergital, värmegenomgångstal, köpt energi eller netto energi??

Beställarkrav ska kunna styra mot hållbar utveckling och bör också vara:

- enkla och vägledande
- uppföljningsbara innan byggstart och enkla att verifiera
- teknikneutrala relativt olika energislag
- rättvisa och väldefinierade

2017-10-11

### 3.1 Primärenergital $EP_{PET}$

Kraven måste styra mot bra byggnader oavsett energikälla. Därför är det svårt med energikrav som blandar byggnadens egenskaper med tillförselsystemets i samma prestandatal, vilket tidigare BBRs energiprestanda och förslaget på  $EP_{PET}$  gör. När byggnadens och tillförselsystemets egenskaper inkluderas i samma egenskapskrav uppstår de problem som vi kan se idag, att byggherren kan välja t.ex. en värmepump för att med en hög COP-faktor producera den "lättproducerade" lågtemperaturvärmen och komplettera med spetsvärme från fjärrvärmesystemet. Generellt gäller att  $EP_{PET}$  medger större värmeförluster för en byggnad med en värmepump istället för fjärrvärme om primärenergitalet för el relativt fjärrvärme är lägre än COP-talet som kan åstadkommas.

Att byggnadens energiprestanda starkt påverkas av förändrade försörjningssystem ger också en konflikt med nuvarande skrivning i PBF: *"Uppvärmningssystemet i en byggnad som innehåller en eller flera bostäder eller arbetslokaler ska i skälig utsträckning med hänsyn till uppvärmningssättet och energislaget utformas så att man utan omfattande ändringar kan använda skilda energislag som är lämpliga från allmän energisynpunkt"*, (3 kap. 15 § PBF). Detta kanske är en tolkningsfråga, men det bör ju ändå vara ett problem om byggnaden efter byte från t.ex. värmepump till fjärrvärme, definitionsmässigt därmed får ett annat (sämre) energiprestandatal.

Krav på köpt energi tar inte hänsyn till om energi med låg exergi ersätts med mer högvärdig energi, t.ex. el och spetsfjärrvärme som har högre primärenergital<sup>1</sup>. Ett idealt system med primärenergital (PE) skulle kunna göra det, men förutsätter att tillförd energi värderas i realtid och att såväl direkta som indirekta systemkonsekvenser beaktas. Därtill ska dessa egenskaper spegla ett framtidsscenario för en byggnad som ska vara i drift i kanske 100 år. Problematiken med att få fram PE som skulle möjliggöra ett renodlat energikrav baserat på  $EP_{PET}$  utvecklas ytterligare inom WP2:2 Energiindex.

Tanken med att vikta energislag med PE-faktorer i nya BBR är dels att NNE-direktivet kräver detta och dels att man då slipper separata krav för elvärmda byggnader. Att anvisningarna till NNE-direktivet anser att icke fossil energi (t.ex. bioenergi) inte ska räknas in och att värdet ska vara ett årsmedelvärde för aktuellt energislag utgör ytterligare hinder för att kunna skapa PE-tal som underlag för ett hållbart styrande  $EP_{PET}$ .

I det svenska fjärrvärmesystemet produceras värmeenergi med kraftiga skillnader i termer av resursanvändning och klimatpåverkan beroende på när på året värmen produceras och där värmelasten alltid är som störst när det är som kallast.

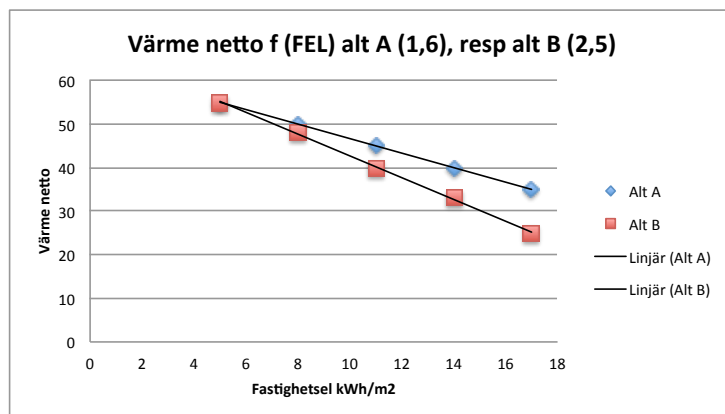
Med  $EP_{PET}$  som ensamt styrande krav uppstår två nya problem. Det första problemet ligger i att med ett givet krav för  $EP_{PET}$  blir kvarvarande utrymme för byggnadens värmebehov (som är en konsekvens av dess värmeförluster) beroende av vilket antagande som görs för fastighetens eldrift. Varmvattenbehovet är redan ett givet tal som inte kan påverkas mer än med valet av energieffektiva varmvattenarmaturer (vilket därmed kan antas bli standard). Med en skillnad i antaget fastighetsel på 10 kWh/m<sup>2</sup> påverkas möjligt värmebehov med 25 kWh/m<sup>2</sup> (se figur 1) om  $PE_{el}$  är 2,5. Även små

---

<sup>1</sup> Resursindex för energi. IVL Rapport B2156, juli 2011

2017-10-11

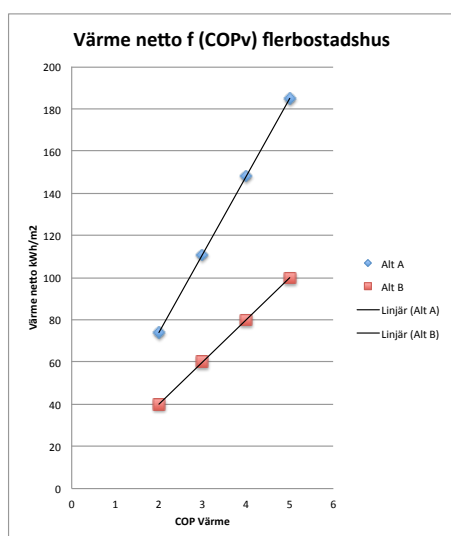
justeringar av antagen elåtgång för fastighetens drift ger stor utväxling. Ett antagande som också påverkas av beteende (belysning, hiss, etc.), om garageplan ingår i byggnaden och vilken verksamhet som är kopplad till garaget. Med tuffa energikrav kan det då bli svårt att bygga hus med garage.



**Figur 1. Utrymme för netto värmeenergi för en fjärrvärmad byggnad som funktion av fastighetsel för alternativ BBR (A 2017) respektive BBR(B 2021) och med ett varmvattenbehov på 22,5 kWh/m<sup>2</sup>.**

Fastighetens elbehov för sin egen drift är vanligen grova gissningar i genomförda energikalkyler. Konsekvensen av detta blir ett stort godtycke i kalkylen och utrymme för manipulering i samband med anbudstävlingar. Byggnader utan gemensamma utrymmen och litet behov av fastighetsel, t.ex. radhus, där trappor mm ligger i bostaden, blir starkt gynnade.

Det andra problemet gäller elvärmade byggnaders starka koppling till vilket antagande som görs värmepumpens COP-tal i kalkylen. För en byggnad med antagen fastighetsel på 8 kWh/m<sup>2</sup> och ett COP-värde för varmvatten på 2,8 kommer utrymmet för byggnadens värmebehov variera enligt figur 2.



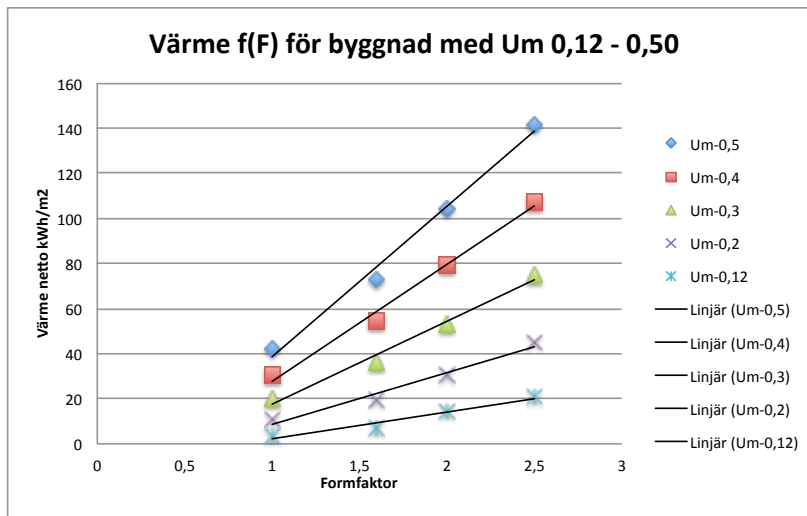
**Figur 2. Netto värmeenergi som funktion av COP-värme för alternativ A (PE = 1,6) respektive B (PE=2,5) för ett flerbostadshus som värms med värmepump**

2017-10-11

### 3.2 Värmeegenomgångstal, $U_m$

Nu finns i BBR också ett krav på maximalt värmeegenomgångstal  $U_m$  att ta hänsyn till och som ger ett tak för möjliga värmeförluster oavsett val av COP-värde i kalkylen. Men hur  $U_m$  påverkar utrymmet för netto värmeenergi påverkas också av byggnadens formfaktor, dvs. relationen mellan omslutande och uppvärmd area samt hur stora förlusterna är från ventilation och läckflöde.

För en bostadsbyggnad med FTX-system som återvinner 85% av värmen ur frånluften och med ett läckflöde på 0,2 l/s,m<sup>2</sup> vid 50 Pa beskrivs i figur 3 byggnadens värme netto som funktion av byggnadens formfaktor (F), för olika  $U_m$ -värden.



**Figur 3. Netto värmeenergi som funktion av byggnadens formfaktor vid olika  $U_m$ -värden för en bostadsbyggnad med FTX-system. Resultat baserat på 20 olika energisimuleringar med Energihuskalkyl, ort Stockholm, innetemperatur 22 grader.**

Exempel: För ett större flerbostadshus ( $\geq 3$  plan eller en formfaktor  $< 1,5$ ) som har ett bra FTX-system så kommer ett  $U_m$ -krav på 0,35 W/m<sup>2</sup>,K begränsa nettovärmebehovet till nivån till 30 – 40 kWh/m<sup>2</sup> och därmed vara styrande oavsett val av uppvärmningssystem.

För byggnader med frånluftsventilation eller med sämre FTX-verkningsgrad så ökar dock netto värmebehov utöver förlusterna som påverkats av  $U_m$ -talet. För en typbyggnad, som har en luftomsättning på 0,4 l/s,m<sup>2</sup> ökar netto värme utöver de vi ser i figur 3 med ca 50 kWh/m<sup>2</sup> om FTX-systemet ersätts med ett F-system. Det innebär att maxkrav på  $U_m$  sätter gränser för vissa värmeförluster, men inte för alla.

### 3.3 Levererad energi

Dagens byggregler ställer krav på levererad (köpt) årsenergi vilket beräknas med programvaror som ska hantera klimatfiler, solinstrålning, beteende, produktionssystem och byggnadens egenskaper. Det blir många osäkra indata, slarvfel och godtycke. I en beräkningstävling där 19 deltagare räknade på samma byggnad och med samma underlag blev standardavvikelsen för resultaten 32 % (källa Energi&Miljö nr 3-4 mars 2017).



2017-10-11

Enligt BBR24 ska energiprestanda verifieras genom beräkning eller genom mätning i färdig byggnad. I praktiken är det huvudsakligen beräkningar som väljs.

Byggnadsnämnden beslutar om verifiering ska ske genom beräkning eller mätning och detta fastställs i kontrollplanen. Om beräkning väljs kan ett slutbesked lämnas i nära anslutning till byggnadens färdigställande. Därmed kan ärendet avslutas hos kommunen. Om istället verifiering via mätning väljs så kan endast ett interimistiskt slutbesked lämnas. Mätning sker under byggnadens andra driftår och därmed kan slutbesked ges först därefter (om mätutfallet blir positivt). Banker och kreditinstitut kräver formellt slutbesked för att kunna hantera att kreditiv omsätts till bostadslån vilket skapar problem för byggherren (Energi&Miljö nr 5 2017).

För bostadsrättsföreningar sker en försäljning långt innan mätning kan ske. Därför krävs inte heller att byggnadens energideklaration baseras på mätning.

Om verifiering via mätning väljs ska mätvärden räknas om till normalt brukande och då saknas ofta mätare för att kunna göra det (varmvatten, hushållsel, mm). (I utkast till BEN2 anges att värme, kyla, varmvatten och fastighetsel bör ha uppmätts separat. Korrigering för avvikande internlaster får genomföras om  $> 3 \text{ kWh/m}^2$ , men inget krav ställs på att mätare för hushållsel eller verksamhetsel ska finnas installerade).

Att genomföra mätningar på ett korrekt sätt är inte heller så trivialt som kanske varit utgångspunkten i byggreglernas utformning. Och om mätutfallet visar på högre energiåtgång än vad lagen kräver hamnar alla parter i en besvärlig sits och flera frågor uppkommer. Vad blir t.ex. påföljden av avvikelser långt över kravnivån i BBR?

Det normala valet blir följaktligen verifiering via beräkning. Kritisk granskning av beräkningarna är dock knappast görligt med de motiv vi redovisat ovan, varför inkomna energiberäkningar till byggnadsnämnden vanligen enbart registreras.

Slutsatsen av denna analys är att BBRs energikrav i stor utsträckning blir hängande i luften utan uppföljning, varken dess energiberäkningar innan byggstart eller dess resultat efter två driftår.

### 3.4 Netto energi

Problematiken enligt ovan blir lika besvärlig för nettoenergi som det nu är för köpt energi. Eftersom vi enligt EG-direktivet måste ha ett primärenergital, som i sin tur baseras på levererad energi för respektive energislag och att förvaltaren i sin ekonomiska driftsuppföljning vill följa utfallet för köpt energi, så skulle tre dimensioner av energi behöva hanteras; netto energi, köpt energi och primärenergital. Det kan bli väl mycket för en byggherre att greppa, dvs ett krav på netto energi blir en konkurrent till begreppen köpt energi och primärenergi och inte ett komplement.

2017-10-11

#### 4. Byggnadens effektsignatur eller värmeförlusttal

Byggnadens effektsignatur<sup>2</sup> är ett sedan länge välkänt begrepp vid energianalyser av byggnaders värmebehov. En mer beskrivande synonym är byggnadens värmeförlustkoefficient och har sorten W/K.

Effektsignatur/värmeförlustkoefficienten är byggnadens värmeegenskaper frikopplat från ortens klimat. Det innebär att ju kallare klimat ju mer energi åtgår. Med en klimatfil och med kunskap om annan värme som tillförs (spillvärme från apparater, personer och solvärme) kan byggnadens värmeeffektbehov och netto årsenergibehov beräknas.

Ännu mer ändamålsenligt kan begreppet värmeförlusttal vid dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT) vara och som har sorten  $W/m^2 A_{temp}$ . Med ett givet värmeförlusttal erhålls nästan samma årsvärmebehov oavsett ortens klimat. Små skillnader kan dock uppstå beroende på skillnader t.ex. i soldata.

Byggnadens effektsignatur ger en bild av hur välisolerad byggnaden är medan värmeförlusttalet anger byggnadens maximala värmeförluster/värmeeffektbehov och ger därmed ett visst underlag för byggnadens värmedimensionering. Bostadsbyggnader som är tillräckligt energieffektiva (passivhusnivå) för att kunna bära in den värmeeffekt som behövs med tilluftsflödet när det är som kallast kan spara in kostnad för radiatorsystem. Då måste värmeförlusttalet vara lägre än 16 – 17 W/m<sup>2</sup> också för den aktuella byggnadsdelen. Därmed är värmeförlusttalet ett mer operativt begrepp för lågenergihus än byggnadens effektsignatur.

##### 4.1 Verifiering av värmeförlusttalet

Värmeförlusttalet är relativt enkelt att beräkna med excelark om en detaljerad beskrivning av dess definition finns, men om samtidigt målet är att resultatet och kalkylen ska vara enkel att granska (av certifieringsorgan eller i den kommunala tillståndsprocessen) rekommenderas en gemensam mall som kan laddas ner eller en websida för beräkningen. Då kan också användarstöd ges så att färre fel begås (t.ex. att ytterväggens area nu definierats om av Boverket) och så att alla använder samma metodik där beräkningsstandarder annars ger alternativa lösningar.

SGBC har ett nedladdningsbart excelark som underlag för miljöbyggnad. FEBY/SCN har en länk till en öppen webbaserad kalkyl och som ger mer stöd för delkalkyler som annars skulle behöva göras. T.ex. kan kanallängder till ventilationsaggregat och dess isolering ge betydande förluster i småhus och radhus men saknar beräkningsstöd. Hur ett tryckprovningresultat ska översättas till ett läckflöde hanteras på olika sätt i MBs kalkylark och i FEBYs metodik (schablon, respektive beräkning) liksom hur markmotståndet ska hanteras. Skillnaderna ger också stora skillnader i resultat, där speciellt MBs framtagna schablonvärden för luftläckage mer avser självdragshus och frånluftshus. Detta ger påtagligt större värmeförlusttal (flera W/m<sup>2</sup>) än den metodik, anpassat för lågenergihus som FEBY anger, se även bilaga 1. Energikrav baserat på VFT bör därför kopplas till en angiven specificerad metodik.

---

<sup>2</sup> Kallas emellanåt för energisignatur men avser energimedelvärdet per timme vilket ger samma resultat/sort

2017-10-11

Som komplement till en granskad energikalkyl utgör tryckprovningresultat och ventilationsprotokoll (luftflöde och verkningsgrad) väsentliga delar i en verifieringsstrategi.

Med nära koppling till FEBY-arbetet så har forskare vid Umeå universitet utvecklat robusta metoder att analysera byggnaders energiförlusttal baserat på mätdata från byggnader. I en inledande studie (Sjögren 2007b)<sup>3</sup> undersöktes möjligheten att med månadsmedelvärden uppskatta värmeförlusttalet, samt osäkerheten med att normalisera med uppvärmd area.

I en efterföljande studie (Vesterberg 2016b) undersöktes möjligheter att hantera solinverkan, markförluster och termisk tröghet. I ett nyligen slutredovisat SBUF-projekt (Olofsson 2016) så påvisades det tydligt att byggbranschen efterfrågar metoder som beskriver byggnadens energiprestanda i form av förlusttal. Metodiken ska vara användarvänlig och helst göras så nära överlämnandet som möjligt.

Man kan sammanfatta forskningsläget angående mätverifiering av värmeförlusttal att metodutvecklingsfasen är avklarad men det saknas verifieringsstudier på ett större antal representativa byggnader. Ansökning<sup>4</sup> för medel till sådana studier har lämnats till Energimyndigheten. Möjligen ligger därmed mätverifiering av värmeförlusttal av lågenergibygnader längre framme än metodik för mätverifiering och normalisering av årsenergi, där föreskrifterna enligt BEN saknar motsvarande forskningsbaserade studier, liksom för uppgifter om felintervall för metod och mätmetodik (eftersom hushållsel, solinstrålning och personvärme får så stor påverkan i lågenergihus).

Mätverifiering av bostadsbyggnader kan ske på i princip två olika sätt.

1. Statisk mätning av byggnadens energibalans. I princip samma mätningar som krävs för årsenergi (varmvatten, hushållsel/verksamhetsel, fastighetsel som ger spillvärme, inne- och utetemperatur, levererad fjärrvärme, värme ut från värmepump) men begränsat till en period om några veckor under årets kalla, men mörka årstid. Ur energibalansen och temperaturskillnaden ute och inne erhålls byggnadens förlustfaktor som sedan ger värdet för effektbehovet vid DVUT. Metoden har tillämpats i Västerås på ca 70 småhus och för några flerbostadshus som mätverifierats enligt FEBY09. En analys av mätuppföljningarna för dessa småhus visar dock på betydande spridning där 15% har avvikelser från beräknad värmeeffektbehov på mer än +/-20%. För småhus finns betydande mätsvårigheter och kan förklaras av att värmepumpar inte alltid har värmemängdsmätare ut och måste baseras på uppmätt el och gissade COP-värden. Men också att det finns betydande variation i beteende och det kan finnas både externa garage och uppvärmda pooler anslutna till

---

<sup>3</sup> Sjögren, Jan-Ulric. Energy Performance of Multifamily Buildings - Building Characteristic and User Influence.

<sup>4</sup> Mätverifiering av byggnaders värmeförlusttal. Thomas Olofsson, Umeå Universitet.

2017-10-11

värmepumpen. Samtidigt har mätuppföljningarna inneburit att felaktiga installationer och systeminställningar kunnat upptäckas.

En fullständig metodbeskrivning med anvisningar<sup>5</sup> finns framtaget för FEBY09 och ger som resultatet värmeeffektbehov, dvs den ger ett värmeförlusttal först efter tillägg för interna värmelaster. Den behöver därför uppdateras för att kunna gälla för ett värmeförlusttal.

2. Mätning via byggnadens förlustfaktor. Detta baseras på loggning av timmedelvärden för tillförd energi, inne- och utetemperatur där lutningskoefficienten direkt ger ett värde för byggnadens förlustfaktor exklusive byggnadens förluster mot mark. Denna metod kräver väsentligt färre mätparametrar, men istället en längre mätperiod och helst loggning av timvärden. Värmeförlusttalet beräknas sedan baserat på förlustfaktorn.

$$VFT = F \times (21 - DVUT) + M \quad (W/m^2) \quad (1)$$

där

M = markförluster

F = byggnadens förlustfaktor (W/m<sup>2</sup>,K) och bestäms med mätmetod enligt nedan.

Att markförlusterna betraktas som en konstant beror på markens temperaturtröghet relativt utetemperaturen, dvs den är relativt konstant relativt de svängningar som mäts upp vid varierande utetemperaturer. Det mätfel som detta eventuellt kan ge kan begränsas genom en metod med parade medelvärden.

Mätmetoder för loggning och beräkning av förlustfaktorn har detaljstuderats i flera av de nämnda forskningsrapporterna från Umeå Universitet.

I en av studierna vid Umeå Universitet (Sjögren 2007b) har även månadsmedelvärden visats vara användbara för det befintliga beståndet av flerbostadshus, men studien tillämpades på byggnader med högre värmebehov än i lågenergihus.

Bägge dessa alternativa metoder har tillämpats på ett flerbostadshusområde för sex punkthus som underlag för passivhuscertifiering. Trots mätning under första vinterperioden gav resultaten en rimlig spridningsbild<sup>6</sup>.

Oavsett val av metod kan hantering och bearbetning av mätdata med fördel automatiseras med hjälp av stödsystem. Ett sådant (Energihuskalkyl ver 1.0) har använts för att underlätta normalisering och beräkning av såväl värmeeffektbehov och normaliserad årsenergianvändning i ett småhusområde för Västerås som omfattar över 70 mätverifierade småhus.

Frågan om även ett värmeförlusttal som verifieras via en energiberäkning, sedan kompletterats med en tryckprovsmätning och mätning av värmeåtervinningssystemets

<sup>5</sup> <http://nollhus.se/images/Rapporter/Matning%20och%20verifiering%20FEBY2009.pdf>

<sup>6</sup> Verifierat passivhus – kv Fridhem.

[http://nollhus.se/images/Rapporter/Verifierat\\_passivhus\\_Fridhem.pdf](http://nollhus.se/images/Rapporter/Verifierat_passivhus_Fridhem.pdf)

2017-10-11

egenskaper i den färdiga installationen, egentligen också behöver mätas i efterhand i de fall en mätuppföljning av årsenergi ändå genomförs.

Även normalisering av årsenergi (avseende personlast, verksamhetslast, klimatår, hantering av fastighetsel etc) görs med fördel med hjälp av beräkningsstöd eftersom allt för många misstag annars blir fallet. Här saknas egentligen studier på hur marknaden klarar att på egen hand tillämpa BEN/Svebys metodik för normalisering av beräkningar för lågenergihus, dvs vilken felfrekvens som uppstår och hur stora avvikelser som uppstår. Den studie som Sveby lät Equa genomföra avgränsat till normalårskorrigeringar visade att graddagsmetoden inte gav bättre klimatkorrigering än ingen korrigering alls när den tillämpades på lågenergihus (referens ??)

#### 4.2 Definiering av värmeförlusttalet

Ska energikrav baseras på begreppet värmeförlusttal bör den definieras så inga oklarheter uppstår eller att man får olika utfall beroende på vilken beräkningsmetod eller beräkningsprogram man väljer.

I begreppet ingår de delar som är utetemperaturberoende (jfr energisignaturen ovan). Det innebär att fönstervädring, stilleståndsförluster från VVC-ledningar, värmeackumulatorer inte ingår och för enkelhetens skull inte heller kökskåpens forceringsflöde.

Innetemperatur väljs enklast samma värde som för årsenergikalkylen. Värmeförlusttalet (VFT) beräknas vanligtvis som summan av byggnadens värmeförluster via transmission, ventilation och infiltration (luftläckning via klimatskärm) enligt :

$$VFT_{DVUT} = H_T \cdot (21 - DVUT) / A_{temp} \quad (\text{W/m}^2) \quad (2)$$

där  $H_T$  är byggnadens värmeförlustkoefficient [W/K].

Särskild uppmärksamhet bör dock förlust mot mark ges. Denna förlust är inte direkt utetemperaturberoende och kommer därför inte med vid mätning av byggnadens förlustfaktor, se bilaga 1. Om den ingår vid beräkning erhålls en skillnad beroende på om förlusten beräknas mot utetemperatur (ekv. 2) eller mot marktemperaturen (ekv. 3).

$$VFT_{DVUT} = (H_T' \cdot (21 - DVUT) + H_T'' \cdot (21 - T_{mark})) / A_{temp} \quad [\text{W/m}^2 \text{ A}_{temp}] \quad (3)$$

$H_T''$  är värmeförlustkoefficienten mot mark, se beräkningsanvisningar i bilaga 2.

Ska värmeförlusttal tillämpas som energikrav även för enplansbyggnader och småhus där markförlusternas andel inte är försumbara rekommenderas beräkningsmetod 3 enligt ovan.

Beräkningen ska ske vid en dimensionerande vinterutetemperatur DVUT för aktuell byggnad och ort och finns framtagna för 309 orter publicerade av Sveby.

Projektering av vämesystem sker vanligen mot lägre utetemperaturer än DVUT för att inte innetemperaturen ska tillåtas sjunka, eller endast mycket litet. Om tidskonstanten i

2017-10-11

praktiken inte påverkar effektuttaget mer än nämnvärt är det också rimligt att inte skapa extra incitament för detta. Det innebär att värmeeffektnyttan med en riktigt lång tidskonstant ändå inte utnyttjas. Därför föreslås att max tidskonstant begränsas till 3 dagar vilket innebär att för byggnader med låga värmeförlusttal så påverkas inte val av DVUT av byggnadens tröghet. Byggnadens tröghet kan däremot vara till nytta för att jämna ut inneklimatet och för att lagra värme från dag till natt i byggnader med kraftiga lastvariationer och minska årsenergibehovet. Detta förutsett att byggnadens regelsystem utformas för den uppgiften.

#### 4.3 Konsekvensen för byggnader med frånluftsvärmepumpar?

Frånluftsvärmepumpar förekommer som teknisk lösning i kombination med fjärrvärme som spetslast för nyproducerade flerbostadshus, men är i hög grad en konsekvens av nuvarande BBRs definition av elvärmade byggnader. Detta systemalternativ är attraktivt för byggherrar som inte vill gå över till FTX-system. För nyproduktion av flerbostadshus har dock system med FTX blivit en alltmer accepterad teknisk lösning (tidigare kraftigt motstånd).

Idag värms kanske 95 % av nyproducerade småhus med en frånluftsvärmepump. Att frånluftsvärmepumpen tar sin värme ur frånluft och inte från mark, berg eller uteluft, innebär att frånluftens värme inte kan återvinnas också med ett värmeåtervinningssystem typ FTX. Byggnader med en frånluftsvärmepump får därför väsentligt större värmeförluster som ska försörjas av värmepumpen än om byggnaden har ett FTX-system och en separat mindre värmepump (uteluft, berg) och med en frånluftsvärmepump kommer inte byggnaden klara högt ställda årsenergikrav. De kommer inte heller klara ens lågt ställda krav på värmeförlusttal.

Frånluftsvärmepumpar är lite av en återvändsgränd i en utvecklingskedja mot riktigt energieffektiva byggnader. Detta skapar en tröskeleffekt och en kostnadsbarriär. De senaste årens frånluftsvärmepumpar för småhus täcker en stor del av värmebehovet och ger därför en god driftekonomi, men de täcker bara drygt hälften av värmeeffektbehovet när det är som allra kallast. Resten spetsas med direktel.

I Lerums kommun har man registrerat småhusinstallationer, typ av värmesystem, husstorlek och i viss utsträckning även mätutfall för perioden 2011 - 15. Beräknad energiprestanda för 334 småhus med frånluftsvärmepump (NIBE 750) var i medelvärde 41 kWh/m<sup>2</sup>. 32 byggnader med FTX + bergvärmepump hade i genomsnitt beräknad energiprestanda på 31 kWh/m<sup>2</sup>. En ekonomisk utvärdering av dessa alternativ bör även inkludera påverkan på effektbehov, komfort, mm.

Eftersom dagens värmepumpar är anpassade för stora värmemängder blir de lätt överdimensionerade och får därmed större tomgångsförluster och högre investeringskostnader. För att få fram värmepumpssystem anpassade för NNE-byggnader har ett utvecklingsprojekt "Värmepumpssystem för nära nollenergi småhus"<sup>7</sup> bedrivits av SP i samarbete med värmepumps-leverantörer. Det NNE-hus som definierades gavs en energiprestanda på 30 kWh/m<sup>2</sup>. För att komma ner till denna nivå valdes frånluftsvärmepumpar bort. FTX-ventilerat hus har en mycket längre

<sup>7</sup> [http://effsysplus.se/wp-content/uploads/2012/02/Slutrapport\\_EP17\\_2014-08-22.pdf](http://effsysplus.se/wp-content/uploads/2012/02/Slutrapport_EP17_2014-08-22.pdf)

2017-10-11

tidskonstant och ansågs därför också vara bättre anpassat till framtidens smarta elnät. Olika lösningar så som pellets, bergvärme och luft/vatten-värmepump med och utan solvärme och solceller, fjärrvärme analyserades. LCC-kostnaden varierade något mellan de olika alternativen men inte mycket. Något lägre för bergvärme i kombination med solceller men relationen mellan de olika alternativen påverkas mycket av kalkylräntor och elprisantaganden. Analysen av de framtagna värmepumpsystemens LCC ansågs utgöra kostnadseffektiva alternativ jämfört med andra uppvärmningsalternativ.

En dansk tillverkare<sup>8</sup> har kombinationsaggregat framtagna som kombinerar FTX med värmepump som tar vara på kvarvarande värme i frånluften. Den installeras som en paketslösning med god ekonomi i södra Sverige för mindre passivhus där värmebehovet ändå är mycket begränsat. För större småhus eller längre norrut är komplettering med ytterligare en värmepump nödvändigt, men finns också det i kombinationsaggregat. Hittills har energikraven i Sverige inte skapat tillräcklig marknad för att intressera de svenska värmepumpsföretagen för den typen av lågenergihusanpassade system.

#### 4.4. Geografiska justeringsfaktorer

Finns anledning att ha geografiska justeringsfaktorer och kan i så fall dessa tillämpas även på värmeförlusttal?

Hur Ortsdata påverkar värmebehov och värmeförlusttal för ett flerbostadshus med mycket lågt värmebehov (passivhusnivå) och ett med ett värmebehov som ger en byggnad på nivån Miljöbyggnad Silver framgår av tabell 1 och 2. Värmebehovet är beräknat med 22 graders innetemperatur och data redovisas för samma byggnad, men placerad på olika orter.

Av tabellerna kan vi utläsa att värmebehovet relativt en referensort (i detta fall Västerås) påverkas av byggnadens värmebehov. Om avsikten är att en leverantör av en byggnad ska kunna få byggnaden godkänd över hela landet är det enklare att utse en ort som referensort för klimatet. Klarar man kravet för denna ort kan byggnaden anses klara alla orter.

Vi kan även se att motsvarande relationstal har en väsentligt mindre spridning för värmeförlusttalet. Det innebär att om samma justeringsfaktor tillämpas för värmeförlusttalet så kan byggnaden förses med allt mindre isolering ju längre norrut den placeras. Slutsatsen är att justeringsfaktorer för värme inte kan tillämpas på värmeförlusttalet.

	VFT	Värme	VFT rel	Värme rel	Bov ortsfakt
Kiruna	14,6	30	1,30	2,1	1,9
Luleå	14	24	1,25	1,7	1,5
Östersund	13	21	1,16	1,5	1,4
Västerås	11,2	14	1,00	1,0	1
Malmö	9,5	10	0,85	0,7	0,8

**Tabell 1. Byggnad på nivå passivhus.**

---

<sup>8</sup> Nilan

2017-10-11

	VFT	Värme	VFT rel	Värme rel	Bov orsfakt
Kiruna	23,5	67	1,3	1,8	1,9
Luleå	22,5	54	1,3	1,5	1,5
Östersund	20,8	49	1,2	1,3	1,4
Västerås	18	37	1,0	1,0	1
Malmö	15,2	28	0,8	0,8	0,8

**Tabell 2. Byggnad på nivå MB silver..**

### Syftet med geografiska justeringsfaktorer har målkonflikter

Justeringsfaktorerna har följande bakgrund:

- Leverantörer av småhus från fabrik vill kunna leverera samma produkt över hela landet.
- Leverantörer av t.ex. BoKlok-hus och SABO/SKL-upphandlade byggnader vill kunna leverera samma produkt över hela landet.

Tanken är att ökad volym för samma byggnad ger lägre kostnad.

Målkonflikten ligger i att byggnaderna inte längre optimeras för det aktuella klimatet. En kostnadsoptimerad utformning bör ha ett klimatskal som är mer välisolerat ju kallare klimatet är. Det är då mer isolering lönar sig bättre. Ett energikrav utan hänsyn till klimatvariationen i Sverige innebär en samhällskostnad genom att en del av byggnaderna isoleras mer än vad som är ekonomiskt motiverat och andra isoleras mindre än motiverat. Skillnaden i värmebehov för samma byggnad placerad i Malmö jämfört med längre norr ut är avsevärd.

För att väga dessa målkonflikter mot varandra måste man fråga sig hur stor andel av dagens husproduktion som produceras i fabriker och transporteras långväga. Hur många av dessa kommer ändå att kundpassas vad avser fönsterantal, utformning, etc?

Prefab-nyttan ligger framför allt på ytterväggsenheterna. Då finns det andra systemdelar som kan prestandaanpassas så som:

- isolering under plattan på mark
- inblåst isolering på takstolarna
- fönster med annat U-värde
- FTX-aggregat med annan prestanda.
- isolerkvalité (lambdavärden)

Även med samma ytterväggsenhet lär dessa möjligheter ge ett stort prestandaintervall för att kunna möjliggöra en lokal anpassning.

En kompromiss mellan nyttan av klimatanpassning av byggnader och önskemålet att pressa kostnaderna genom att serieproducera större volymer är att skapa en sådan möjlighet, men förutsatt anpassning till något kallare klimat.

En lösning skulle kunna vara att bibehålla nuvarande klimatzoner och tillåta undantag för byggare med prefabricerade lösningar förutsatt att de dimensioneras för att klara värmeförlusttalet där DVUT sätts till - 17,5 grader (ungefär Karlstads klimat). Då skulle flera orter utmed östkusten kunna ingå.



2017-10-11

Förslaget skulle innebära att de flesta byggnader som uppförs anpassar sin energiprestanda efter ortens klimat, men där det finns en ekonomisk rationalitet i att välja en serieproducerad byggnad där alla har samma utformning (energimässigt) så är det ett möjligt val och leverantörerna av sådana produkter slipper göra nya energikalkyler för varje avtal.

En avgränsning till södra Sverige kan motiveras av att södra Sverige inkluderar den stora huvudparten av all nyproduktion. De långa avstånden inom klimatzon 1 och 2 ger transportkostnadsmissiga motiv för en mer lokal produktion här är temperaturerna så låga att det är mer relevant att husen isoleras bättre än att vinna begränsade produktionsfördelar, men en motsvarande undantagsregel kan alternativt utarbetas även för denna landsdel om intresse finns.

#### 4.5 Förslag på kravnivå

Eftersom värmeförlusttalet (VFT) indirekt innehåller en klimatkomponent (DVUT) så innebär ett givet värde för VFT att byggnad som placeras på en varmare ort klarar sig med mindre isolering (kostnadseffektivt).

I FEBY12 har kravet på värmeförlusttal för klimatzon 2 haft ett påslag på + 1 W/m<sup>2</sup> och ett påslag för klimatzon 1 på + 2 W/m<sup>2</sup>. Byggnader har uppförts enligt passivhuskraven ända upp till Kiruna och genom att påslaget endast kompenserat till hälften för det kallare klimatet har klimatzonsgränserna endast gett mindre tröskeeffekter.

Att behålla nuvarande klimatzoner kan därför vara en god idé i kombination med det förslag på en undantagsregel som redovisas ovan.

Lämplig kravnivå kan ha olika utgångspunkter, t.ex den nivå

- där värme kan föras in med hjälp av hygienluftflödet även vid DVUT
- som är mest kostnadseffektiv
- som innebär utmaningar i form av genomtänkta tekniska lösningar (utvecklingsfrämjande)
- på en nivå som demonstrerats vara möjligt att nå och till en rimlig merkostnad
- som är enkel att klara men som exkluderar de allra sämsta lösningarna
- etc

Baserat på 13 energiberäkningar för verkliga projekt, varav 11 för certifierade passivhus enligt FEBY12, har ett medelvärde tagits fram och presenterats som "underlag" i tabell 3. Angivet FVT är dock uppjusterat utifrån DVUT baserat på en tidskonstant för 3 dagar istället för max 12 dagar. Beräknat netto värme har korrigerats för en innetemperatur på 21 grader och inkluderar ett värdringspåslag på 4 kWh/m<sup>2</sup>.

2017-10-11

Bostäder	Exempel		Netto	Netto	Köpt	Fjärrvärm	Elvärm
	VFT	FEL	värme	energi	elvärm	EP <sub>PET</sub>	EP <sub>PET</sub>
> 600m <sup>2</sup>							
A/Guld	14	9	20	52	26	57	42
B/Silver	19	10	34	66	32	72	52
C/Brons	22	12	42	76	38	83	60
Underlag	15	9,1	22	54	27	80	43

**Tabell 3. Samband mellan värmeförlusttal, köpt energi och EP<sub>PET</sub> med en viktningsfaktor på 1,6 för el. För elvärm byggnad har antagits COP 2,5 för värme och varmvatten. Varmvattenbehovet har satts till 2,5 kWh/m<sup>2</sup> (dvs beaktat energieffektiva varmvattenblandare).**

Byggnad<sup>9</sup> med data enligt "A/Guld" skulle klara dagens kriterier för passivhus enligt FEBY12. Alternativet "B/Silver" skulle klara föreslagna energikrav för BBR(B). Alternativet "C/Brons" skulle klara föreslagna energikrav för BBR(A) för fjärrvärmda flerbostadshus.

En skillnad i energikrav för VFT på 5 W/m<sup>2</sup> gör ca + 20 kWh/m<sup>2</sup> för netto värme.

Lokalbyggnader har en annan verksamhet som vanligen innebär att de använder betydligt mindre varmvatten, men ofta mer fastighetsel för byggnadens drift och klimatkyla. Ingen av dessa poster påverkar byggnadens värmeförlusttal. Däremot kan högre luftflöden ge större värmeförluster, men ofta kompenseras det av att ventilationen är i drift när verksamhet bedrivs (dagtid) men inte övrig tid. Då hamnar genomsnittlig ventilationsflöde på veckobasis på ungefär samma nivå som för bostäder. Om det hamnar på en högre nivå finns behov en kompensation för högre luftflöde, se 4. 7. Normala kontorslokaler med fullgott dagsljusinsläpp har byggts med krav på max värmeförlusttal enligt nivå "A/Guld" i tabell 3.

#### 4.6 Kompensering för små byggnader

Den fysikaliska effekten av att små byggnader med ett eller två våningsplan har en väsentligt större formfaktor och därmed kommer ha större värmeförluster gäller alla byggnader oavsett om de klassas som småhus, flerbostadshus (radhus) eller lokalbyggnad. Samtidigt kan dessa byggnader inte kompenseras fullt ut eftersom värmeförlusterna då skulle bli allt för höga och då skulle också incitament saknas för påverka byggnadens formfaktor. Små byggnader har stora takaeraor relativt uppvärmd area. SPs värmepumpsrapport visar LCC-nyttan med att kombinera värmepumpar med solceller. Sedan dess har investeringskostnaderna för solceller sjunkit ytterligare. Små byggnader har alltså större möjligheter att kompensera högre värmeförluster med solet.

Tillägg på värmeförlusttalet (VFT) för byggnader mindre än 600 m<sup>2</sup>:

$$+ (600 - A_{temp})/110 \quad (W/m^2 A_{temp})$$

Exempel; För en byggnad med 160 m<sup>2</sup> medges ett tillägg på VFT: + (600-160)/110 = 4 W/ m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub>

Tillämpat på det exempel som ges i tabell så erhålls ett resultat enligt tabell 4 för en byggnad på 160 m<sup>2</sup>.

<sup>9</sup> Ex; Formfaktor; 1,1, Um 0,26, läckflöde 0,2 l/s,m<sup>2</sup>, FTX systemverkningsgrad 83%, fönsterandel 14%.

2017-10-11

160 m2	Exempel		Netto	Netto	Köpt	Fjärrvärm	Elvärm
	VFT	FEL	värme	energi	elvärm	EP <sub>PET</sub>	EP <sub>PET</sub>
A/Guld	18	6	32	56	26	57	42
B/Silver	23	6	44	69	32	72	52
C/Brons	26	6	51	76	35	83	60
Underlag	14,4	6	22	46	22	59	43

**Tabell 4. Samband mellan värmeförlusttal, köpt energi och EP<sub>PET</sub> med en viktningsfaktor på 1,6 för el. För elvärm byggnad har antagits COP 2,5 för värme och varmvatten. Varmvattenbehovet har satts till 18 kWh/m<sup>2</sup> (dvs beaktat energieffektiva varmvattenblandare).**

För att klara kravet "A/Guld" enligt tabell 4 krävs för ett småhus<sup>10</sup> placerat i Norrköping att U<sub>m</sub> är ca 0,15 om byggnadens formfaktor är 2,7. Placeras den istället i Karlstad klaras nivån med ett U<sub>m</sub> på 0,14 och i Skåne med U<sub>m</sub> på 0,18 (W/m<sup>2</sup>K). Småhus med U<sub>m</sub> på 0,12 finns uppförda i Sverige.

#### 4.7 Kompensering för byggnader med större luftflöden

Byggnader som har en verksamhet som kräver större luftflöden oavsett om det är flerbostadshus med små lägenheter, lokaler med längre drifttider eller med hög persontäthet bör kompenseras upp till den nivå som blir fallet förutsatt att ett bra värmeåtervinningssystem är installerat. Detta så det inte skapas incitament att projektera för högre luftflöden bara för att man då får ett enklare energikrav.

Tillägg för byggnader föreslås med ett genomsnittligt luftflöde q<sub>medel</sub> mellan 0,45 - 1,0 l/s,m<sup>2</sup> A<sub>temp</sub> enligt ekvationen:

$$\text{VFT: } + (q_{\text{medel}} - 0,35) \times 0,18 \times (22 - \text{DVUT}) \quad (\text{W/m}^2 \text{ A}_{\text{temp}})$$

Gränsen vid 0,45 l/s,m<sup>2</sup> innebär att flertalet bostäder inte kommer behöva lägga på ett tillägg. Analys och underlag för detta förslag redovisas i bilaga 3.

#### 4.8 Krav på installerad eleffekt

Boverkets krav på installerad eleffekt har varit en grund för klassning av elvärmda byggnader, men också syftat till att begränsa eleffekten i systemen. Metoden med att summera installerad eleffekter ger ganska komplexa krav och än mer med justeringsfaktorer etc som nu införs. Krav på max installerad eleffekt bör kunna ersättas med ett värmeförlusttal som håller byggnadens behov av värmeeffekt på plats i kombination med ett primärenergital. Värmeförlusttalet säkrar ett lågt effektbehov inte bara för elvärmda byggnader utan också för fjärrvärmda, vilket också är ett uttryckligt politiskt önskemål. Primärenergitalet bör kunna resultera i hög effektivitet för tillförd energi. Ett kompletterande krav på max installerad eleffekt kan möjligen begränsa max-effekter när det är som kallast, men frågan är om inte den spetseffekt som blir kvar, med kombinationen av värmeförlusttal och PET, är så liten att det inte motiverar den administrativa kostnad det innebär att ha ett sådant krav

<sup>10</sup> Formfaktor; 2,7 (till 40% i ett plan), fönsterandel; 20% av A<sub>temp</sub>, FTX med 82% systemverkningsgrad, läckflöde 0,15 l/s,m<sup>2</sup>

2017-10-11

## Bilaga 1. Metodjämförelse av värmeförlusttal mellan miljöbyggnad och FEBY.

Beräkningsexempel. Två-plans förskola, med 300 mm isolering mot mark med 1094 m<sup>2</sup> Atemp. Medel vindavskärmning och låg vindhastighet (0 – 2 m/s).

DVUT: – 13,7 grader

Uppmätt läckflöde: 0,17 l/s,m<sup>2</sup> omslutande area vid 50 Pa.

Markförlusten beräknas i MBs excelark för beräkning som i praktiken blir styrande. I excelarket och i FEBY beräknas förlusten inklusive markmotstånd men relativt utetemperaturen. Detta baseras på europeiska beräkningsstandarder anpassade för årsenergiBERÄKNING, men ger för höga värden vid dimensionerande utetemperaturer eftersom marktemperaturen följer utetemperaturen mycket långsammare (månadsfördröjning). I FEBY12 finns därför ett beräkningsalternativ (baserad på ISO13370:2007) som speciellt för enplanshus (stor andel av klimatskalets area mot mark) ger mer rättvisande värde.

Läckflödet i FEBY-metodiken baseras på ENISO13789:2008 och tar hänsyn också till ventilationsflödets balans mellan till- och frånluft. Även med en liten obalans kommer byggnader med mycket tätt klimatskal få ett stort undertryck. Detta undertryck innebär att luft inte läcker ut ur byggnaden, enbart in vilket ger nästan samma förhållanden som för läckflöde i byggnader med frånluftsventilation. MBs excelark ger ett mycket högt läckflöde med de schabloner som kalkylen refererar till. I MB3.0 anges att läckflödet ska vara minst 5% eller beräknas enligt ENISO13789:2008. Därmed uppstår mycket stora skillnader i resultat för den som följer MBs anvisningar beroende på metodval, se följande tabell.

(W/m <sup>2</sup> )	MB3	FEBY alt 1	FEBY alt 2
Markförlust	1,7	1,6	0,9
Läckflöde 0,95	4/0,6/0,2	0,2	0,2
Läckflöde 1,0	4/0,6/0,8	0,8	0,8

För en lågenergibyggnad med ett värmeförlusttal på kanske 15 W/m<sup>2</sup> med FEBYs metodik, blir motsvarande tal i MB 16 - 19 W/m<sup>2</sup> (och benämns med begreppet värmeeffektbehov).

2017-10-11

## Bilaga 2. Beräkningsanvisning för värmeförlusttal

Följande beräkning tar hänsyn till dimensionerande värmeförlust mot mark och följer standarden ISO13370:2007.

$VFT_{DVUT} = (H_T' \cdot (21 - DVUT) + (U_{mark} \cdot A_{mark} + \Psi_{mark} \cdot L_{mark}) \cdot (21 - T_{mark}) / A_{temp}) [W/m^2]$   
 $A_{temp}$ ], där

$H_T'$  är byggnadens värmeförlustkoefficient exklusive förlusterna mot mark ( $U_{mark} \cdot A_{mark}$ ) och där

$A_{mark}$ ,  $L_{mark}$  är byggnadens area mot mark och köldbryggornas längd

$T_{mark}$  är den dimensionerande marktemperaturen, vilken ges i bilaga x.

I övrigt beräkning av  $H_T$  enligt anvisningarna ovan.

$U_{mark}$ ,  $\Psi_{mark}$  är värmeförlustkoefficienten och köldbryggor mot mark där  $U_{mark}$ , för en byggnad med en välisolerad platta på mark ges av:

$U_{mark} = 1 / (1 / U_{golv} + (0.457 \cdot A_{mark} / (0.5 \cdot P) + w) / \lambda)$

där  $U_{golv}$  är golvets U-värde, P är golvets omkrets, w är vägg tjockleken och  $\lambda$  är markens värmeledningstal.

### Dimensionerande vinterutetemperatur DVUT

För DVUT finns en tabell för ett 309 orter i ett tabellverk som kan laddas ner från hemsidan Sveby.org och baseras på temperaturdata från 1981 – 2010.

Välj det värde som överensstämmer med den aktuella byggnadens tidskonstant, men tidskonstanten får vara högst XX dagar.

Tidskonstanten är ett mått på den tid det tar för byggnadens innetemperatur att svara på en hastig temperaturförändring utomhus eller avbrott i värmeförseln.

Tidskonstanten  $\tau_b$  används för att bestämma DVUT och beräknas enligt nedan:

$$\tau_b = \Sigma (m_i \cdot c_i) / H_T \quad [s]$$

$\Sigma (m_i \cdot c_i)$  byggnadsdelarnas värmekapacitet, för alla skikt som ligger innanför isoleringsskiktet, inklusive inneväggar och bjälklag upp till 10 cm [J/K]

Följande schablon kan användas för att uppskatta tidskonstanten för en byggnad med ett lågt värmeförlusttal (< 20 W/m<sup>2</sup>) och om inte tidskonstanten ändå beräknas via beräkningsstöd för värmeförlusttalet:

Lätt byggnad:	3 dygn	(lätt konstruktion och krypgrund)
Halvlätt byggnad:	6 dygn	(lätt konstruktion, betongplatta på mark)
Halvtung byggnad:	12 dygn	(tung konstruktion, bjälklag av betong, lätta utfackningsväggar)
Tung byggnad:	> 12 dygn	Max 12 dygn väljs vid beräkning av VFT.

2017-10-11

## Bilaga 3. Ventilationstillägg för lokaler och små bostadsbyggnader

### Bostäder

Byggtrenden just nu är flerbostadshus med riktigt små bostäder och även en stor andel medelstora, dvs inom intervallet 40 – 60 m<sup>2</sup>. BBRs minimikrav är 0,35 l/s,m<sup>2</sup>. Men i praktiken får dessa bostäder relativt höga specifika luftflöden utifrån andra hygienkrav, så som avfuktning i badrum och köksventilation/spiskåpa. Förutom för de allra minsta bostäderna (köksalkov) krävs ett minsta frånluftsflöde på i kök på vanligen 10 l/s som ökas vid matlagning (beroende på kåpans funktion och utformning). Badrummets luftflöde beror på om det finns öppningsbara fönster eller inte och om luftflödet kan forceras. I tabell 1 ges exempel på de specifika luftflöden som i praktiken kan uppstå och visar att även byggnader med stort antal mellanstora lägenheter, men mindre än 60 m<sup>2</sup> också innebär större luftflöden.

BOA/bostad	BBR krav	Specifikt flöde	Kök&Bad 18	Kök&Bad 25	Kök&Bad 35
20	7	0,35	0,90	1,25	
30	11		0,60	0,83	
40	14		0,45	0,63	
50	18		0,36	0,50	
60	21			0,42	
70	25			0,36	0,50
80	28				0,44
90	32				0,39

**Tabell 1. Bostadsstorleken påverkan på specifikt luftflöde (l/s,m<sup>2</sup>) i bostad av olika storlek och för tre alternativa luftflöden 18, 25 och 35 l/s, bostad**

Byggnadens genomsnittliga luftflöde kommer sen bero på storleksfördelningen och andel små bostäder. Hur luftflödet påverkar värmeförlusteffekt blir sedan ett resultat också beroende på ventilationsaggregatets verkningsgrad. Vidare ökas också fläktarbetet. I tabell 5 redovisas nivån på dessa effekter

Q (l/s,m <sup>2</sup> )	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
VFT (W/m <sup>2</sup> )	13,44	15,36	17,28	19,2	21,12	23,04
Ökning VFT (75%)	0	0,48	0,96	1,44	1,92	2,4
Ökning VFT (80%)	0	0,384	0,768	1,152	1,536	1,92
Ökning VFT (85%)	0	0,288	0,576	0,864	1,152	1,44
El (kWh/m <sup>2</sup> ) SFP1,5	0,00	0,66	1,31	1,97	2,63	3,29

**Tabell 4. Ventilationsflödets påverkan på värmeförlusttal i klimatzon III och elåtgång för fläktdrift. På den första raden anges värmeförlusteffekten vid DVUT för luftflöde utan värmeåtervinning.**

Behovet av eldrift för fläkten ökar med ökat luftflöde och har betydelse för PET, men inte för värmeförlusttalet. Det genomsnittliga luftflödet kan däremot öka värmeförlusttalet med upp till 2 W/m<sup>2</sup> för byggnader med stor andel mycket små bostäder.

Följande förslag kompenserar fullt ut för byggnader med en energiverkningsgrad för ventilationsaggregat på 85% och föreslås gälla när luftflödena överstiger 0,45 l/s,m<sup>2</sup> men inte mer än 1,0 l/s,m<sup>2</sup>. Det lägre gränsvärdet för att minska antal byggnader där tillägget ska behöva kalkyleras. Valet av 85% verkningsgrad för full kompensering är att det ska finnas ett incitament till att välja ventilationsaggregat med bra verkningsgrad och samtidigt förhindra att högre luftflöden väljs av strategiska skäl.

2017-10-11

Tillägg VFT: +  $(q_{\text{medel}} - 0,35) \cdot (1 - 0,85) \cdot 1,2 \cdot (22 - DVUT)$ , eller enklare:

Tillägg VFT: +  $(q_{\text{medel}} - 0,35) \times 0,18 \times (22 - DVUT)$

Eftersom DVUT är Ortsberoende som finns klimatjusteringen inbyggd i denna ekvation.

En konsekvens av detta tillägg är att byggnadens värmebehov ökar med ca 2 kWh/m<sup>2</sup> för varje ökning av genomsnittflödet med 0,1 l/s/m<sup>2</sup>. Här avgränsas dock analysen till effekter på värmeförlustkravet.

### Lokaler

Både verksamhetens intensitet och dess drifttider påverkar ventilationens luftflöden och drifttid. Den fysikaliska förlusten är identisk som för bostäder och samma konstruktion för påslag kan tillämpas även här.