

# Modelltester för mätning av byggnadens värmeförlusttal

## Innehållsförteckning

1. Syfte .....	1
2. Metod .....	1
3. Mätperiodens längd baserat på veckomedelvärden.....	2
4. Varierande innetemperatur .....	4
5. Energisignatur baserat på månadsvärden .....	5
6. VFT baserat på timmedelvärden .....	5
7. Byggnadens och värmesystemets egenskaper.....	5
8. VFT baserat på beräkningsstödet Navigator .....	5
9. Jämförelser mellan byggnader med olika energiprestanda .....	7
10. Slutsatser från genomförda mätanalyser .....	8

## 1. Syfte

Följande analyser avser att uppskatta vilka avvikelser man kan förvänta sig vid bestämning av värmeförlusttal (VFT) baserat på mätdata från olika delar av året, varierande antal mätpunkter, mm. Skillnad i resultat beroende på om dygnsmedelnivå, veckovärden eller månadsvärden undersöks också, liksom om byggnadens energistatus kan påverka storleken på avvikelser vid mätning. Denna studie är baserat på data från flerbostadshus.

## 2. Metod

Då syftet är att hitta en någorlunda enkel metod som är praktiskt tillämpbar kommer inte byggnadens innetemperatur att ingå. Vi kommer heller inte veta om byggnaderna har en styrning av ventilationen så att de varvar upp vissa tider (förväntad matlagningstid i hushållen) eller varvar ner under perioder med låga utetemperaturer. Detta är inte en ovanlig teknisk lösning eftersom det vid låga utetemperaturer är en torrare luft både inne- och ute som minskar behovet av borttransportering av fukt.

Metodens styrka är att många byggnader ingår, men har nackdelen att vi därmed inte har mer detaljerad kunskap om byggnaden på en nivå så att vi skulle kunna stämma av resultaten mot teoretiska simuleringar (modellstudier) och därmed kunna validera att uppmätt värde stämmer mot beräknat värde. Samtidigt har även de beräknade värdena sina begränsningar, t.ex. om byggnadens värmesystem är tillräckligt dimensionerad för att klara önskad innetemperatur i hela byggnaden vid låg utetemperatur. Samtidigt finns också andra osäkra indata vid en teoretisk beräkning som också skulle försvåra en validerande jämförelse, så som köldbryggevärden, FTX-systemets verkningsgrad under den kallare perioden då avfrostning kan behövas och vädringsbeteendet som saknar modelldata för hur vädringen relaterar sig till varierande utetemperatur.

Det innebär att vi avgränsar studiens syfte till resultatens påverkan av upplösning, valda mätperioder och dess omfattning.

2022-09-12

Mätvärden är hämtade från EONs kundbas i Malmö. Dessa värden inkluderar energileverans för både värme och varmvatten summerat vid leveranspunkten.

Mätvärden för innetemperatur saknas, men antas vara 21 grader.

Klimatort; Malmö. DVUT3; - 8,7 grader. Detta värde för DVUT3, hämtas från Boverkets klimatdatatabell för en byggnad med en tidskonstant på max 3 dygn, enligt FEBY18 metodik. Detta värde är tillämpligt för tunga och halvtunga byggnader med ett värmeförlusttal under 80<sup>1</sup>.

Vår arbetshypotes är att en rimlig mätnoggrannhet kan uppnås med minst sex mätpunkter på veckobasis om de väljs under den kallaste och mörkaste perioden. Dvs veckonummer 1 och följande veckor.

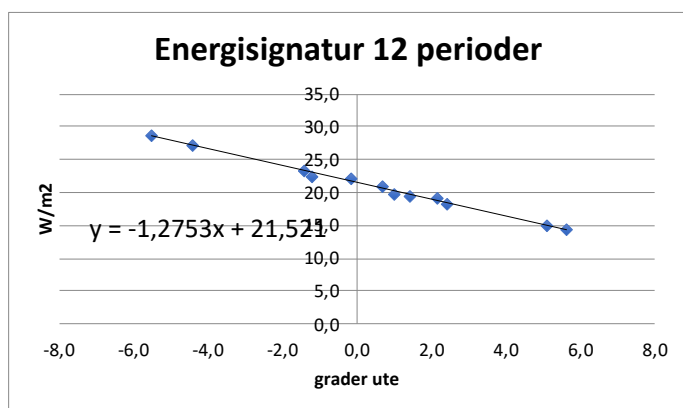
Man kan också misstänka att resultatet påverkas av solvärmeinstrålningen under den soliga vårperioden, liksom av byggnadens brytpunkt. Det är den punkt där behovet av värme kan klaras med internvärme och därmed att värmeperiodens längd möjligen kan påverka.

Varmvattnets andel av hela värmeleveransen kan också tänkas påverka resultatet för mätningar där inte värmeleveransen har egen mätare. För äldre byggnader med större värmeförluster kommer varmvattenbehovets andel av fjärrvärmeleveransen att minska. Varmvattenbehovets variation under året kan möjligen påverka relationen mellan levererad värme och utetemperatur. Varmvattenflödet är 12 – 13% högre under perioden okt – april jämfört med årsmedelvärdet och därmed hela 50% högre än perioden maj – sept<sup>2</sup>. Under vintermånaderna är dock variationerna inom intervallet +/- 3 %.

De inledande analyserna genomförs på en äldre fastighet från 50-talet och som omfattar 7891 m<sup>2</sup> uppvärmd area.

### 3. Mätperiodens längd baserat på veckomedelvärden

Mätperiod med veckomedelvärden har fått variera mellan 6 och 12 veckor, dvs från vecka ett i januari till vecka tolv i slutet av mars månad och med den kallaste perioden i vecka fem till vecka sex (minus 5 grader), se även figur 1 med samtliga mätvärden med vecka 1 – 12 inkluderade.



<sup>1</sup> Detta baserat på att den specifika värmeförlustkoefficienten  $H_T/A_{temp}$  är lägre än 2,7 enligt tabell 10 i bilaga 2 till dokumentet "LFM30 Metod, klimatbudget, kriterier på projektnivå", LFM30.se

<sup>2</sup> Aronsson Stefan. Fjärrvärmekunders värme – och effektbehov. D35:1996, Chalmers Tekniska Högskola.

2022-09-12

**Figur 1. Energisignatur för perioden v 1 – 12 med veckomedelvärden.**

Baserat på energisignaturens lutningskoefficient  $H_T$ , se figur 1 där värdet anges med 1,2753, kan värmeförlusttalet (exkl markvärmeförluster) bestämmas enligt ekvationen:

$VFT = H_T / A_{temp} \times DT$ , där  $DT = T_{inne} - T_{DVUT3}$ , där  $T_{DVUT3}$  är dimensionerande utetemperatur för en byggnad med 3 dagars tidskonstant.

Som beräkningsstöd har den excelmall som tagits fram för LFM30 använts och ska kunna laddas ner från hemsidan; LFM30.se. Resultatet beroende på antal mätveckor under perioden v 1 – 12 framgår av tabell 1.

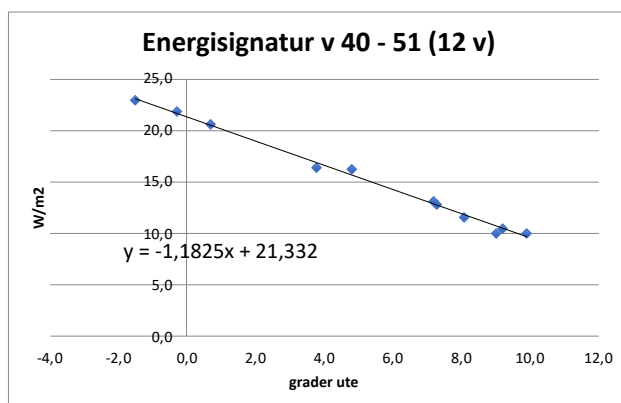
perioder	antal	VFT
v 1-12	12	37,9
v 1 - 10	10	37,8
v 1 - 8	8	37,3
v 1-6	6	36,8

**Tabell 1. VFT för olika långa mätperioder med veckomedelvärden under v 1 - 12**

Dessa värden ger små avvikelser även om mätperioden minskas från 12 till 8 veckor. Därefter ökar avvikelsen snabbare, men endast med 1,3 % när mätperioden begränsats till v 1 – 6. Har den ökande solinstrålningen efter vecka 6 (mitten av februari) påverkan på resultatet så kan värmebehovet förväntas sjunka för samma utetemperatur och ge ett lägre tal med veckorna 6 – 12 inkluderade.

För perioden v7 - v13 hamnar VFT på 37,2, dvs ett värmeförlusttal som är 1% högre, vilket inte styrker hypotesen. Vi kan tyvärr inte dra någon slutsats av detta eftersom vi inte har mätdata på innetemperaturen. Om innetemperaturen de sista tre veckorna i 12-veckorsperioden ökat till nivån 22 grader så skulle uppmätt VFT öka från 37,9 till 41,2, dvs med 9%. Kan tyckas som en dramatisk ökning, men inte omöjlig och visar framför allt att vi kommer ha en mätosäkerhet på nivån +/- 5% om inte innetemperaturmätning ingår.

Används istället mätvärden från före årsskiftet som utgör en något mörkare period, men med lite högre utemperaturer, se figur 2, så erhålls ett mätresultat enligt tabell 2.



**Figur 2. Energisignatur för perioden v 40 - 51.**

2022-09-12

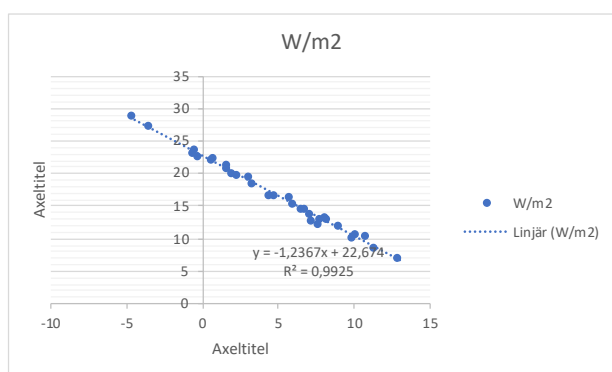
perioder	antal	VFT
V40-V51	12	35,1
v 42 - 51	10	35,1
v 44-51	8	34,7
v 46 - 51	6	34

**Tabell 2. VFT för olika långa mätperioder under v 40 - 51**

Mätvärden för v 52 (julhelg) har exkluderats då den har ett allt för avvikande värde, sannolikt beroende på väsentligt annat beteende och högre person- och hushållsellast. Värdet för VFT under mätperioden före årsskiftet ligger ca 7% lägre jämfört med efter årsskiftet.

Väljs istället tolv veckomedelvärden för perioden v 46 – v 06 (julveckan borttagen) erhålls värdet för VFT på 36,6 W/m<sup>2</sup>, dvs ungefär ett medeltal för mätperioden före och efter årsskiftet.

En mer ambitiös mätinsamling som omfattar alla mätveckor från v 40 till v 19 se figur 3 och därmed exkluderat alla veckor med högre medeltemperatur än 13 grader ger även det samma resultat, med ett VFT på 36,8 W/m<sup>2</sup>.



**Figur 3. Energisignatur för perioden v 40 - 51.**

#### 4. Varierande innetemperatur

I alla dessa analyser (utom en) har innetemperaturen antagits vara konstant. Om den är konstant 20 eller 22 grader påverkar inte lutningen på kurvan, dvs resultatet. Men det är inte ovanligt att byggnadens innetemperatur sjunker under köldknäppar när värmesystemet inte riktigt orkar med. Ett test på vad en grads lägre innetemperatur ger om det begränsas till mätperioder enbart vid utetemperaturer lägre än – 3 grader (de två kallaste veckorna) visar att VFT utan mätning av innetemperatur skulle underskatta VFT med mellan 9 och 17%, där påverkan blir störst om enbart 6 mätpunkter ingår. Nu är detta en ganska kraftig avvikelse eftersom innetemperaturen snarare dämpas de allra kallaste dagarna/nätterna och sedan återhämtas de dagar då utemperaturen är mer normal, men det visar ändå att även avvikelser på mindre än en halv grad under de kallaste veckorna kommer ge några procents underskattning av VFT.

Finns möjlighet att mäta innetemperaturen via referensmätpunkter eller på annat sätt under mätperioden så är det värdefullt för att ge en högre mätnoggrannhet, särskilt för byggnader där boende klagat på att värmen inte räcker till under kalla perioder.

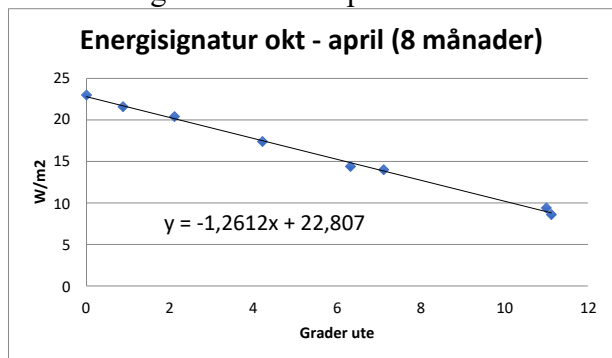
Detta visar också att om vi inte har med mätningar på innetemperaturen så kan vi egentligen inte dra några säkra slutsatser om mätningar från höst eller vårperioden ger säkraste utfallet, eller om veckomedelvärden ger säkrare utfall än dygnsmedelvärden. För lokalbyggnader utan

2022-09-12

verksamhet vardagar kan värdena antagligen jämnas ut sig och ge bättre jämförelsemöjligheter om veckomedelvärden används.

## 5. Energisignatur baserat på månadsvärden

Mätdata avgränsas här till perioden oktober till maj, se figur



Figur 4. Energisignatur för perioden okt – maj, baserat på månadsvärden

Detta ger ett resultat för VFT på 37,5, dvs väl i nivå med mätperioden på 8 veckor efter årsskiftet. Skulle även sommarmånaderna juni – sept vara med skulle värdet på VFT dock sjunka till 32,3 W/m<sup>2</sup>.

## 6. VFT baserat på timmedelvärden

I avsaknad av timtemperaturvärden för samma mätperiod görs här ingen jämförande metodanalys för timmedelvärden relativt dygnsmedelvärden. Under dygnet har vi normalt en ganska stor temperaturvariation under vår- och höst, liksom under soliga vårvinterdagar. Det innebär att för enstaka timmar kommer vi få en betydande påverkan från in- och utlagring av energi till byggnadens stomme. Vidare har vi en varmvattenvariation med tydliga toppar inte minst under eftermiddag/kväll och som inte är utetemperaturberoende under kortare mätperioder. Det innebär att vi kan förvänta oss en väsentligt större spridning (punktsvärm) i diagrammet med många punkter som har stor avvikelse från trendlinjen och som gör det omöjligt att den vägen hitta oförklarliga mätdata (mätfel, förändrade inställningsvärden) som annars kan behöva rensas bort.

## 7. Byggnadens och värmesystemets egenskaper

Eftersom värmeförlusttalet är ett mått på byggnadens värmeförluster så påverkas inte denna av byggnadens tröghet om bara mätperioderna är tillräckligt långa för att hantera både in- och utlagringar i byggnadens stomme vilket blir fallet med dygnsmätdata och inte minst veckomedelvärden. In- och utlagringar i stommen kan möjligen kompensera varandra så att ett motsvarande resultat ges även om timdata används. Här kan dock ytterligare en störning tillkomma i form av att mätpulser har för stora steg, dvs ena timmen ingen puls att registrera, och nästa timme kommer två pulser vid ungefär samma utetemperatur. Det innebär att vi får mindre avvikelser från trendlinjen med värden som har längre mätperioder.

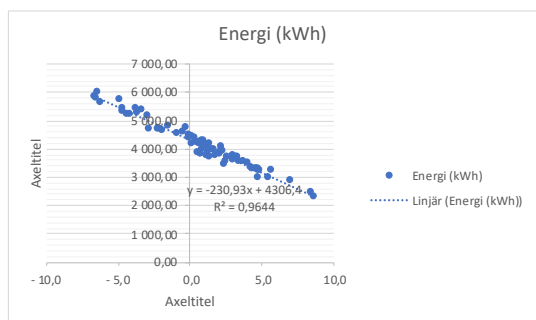
Litteratur FoU -rapporter .....

## 8. VFT baserat på beräkningsstödet Navigator

Baserat på dygnsmätvärden anger EONs kundprogram Navigator ett värmebehov på 231 kWh per grad/dygn och en brytpunkt vid 16,4 grader utetemperatur för den aktuella byggnaden

2022-09-12

(byggnad 8). Baserat på mätdata från EON för samtliga årets dagar, dvs då även sommarperioden är inkluderad, erhålls med linjär regression just detta värde, se figur 5. Detta indikerar att även sommarperioden inkluderas i värdet Navigator redovisar och inte bara värden för dagar som är kallare än brytpunkten. Något oklart om brytpunkten avser dygnsmedelvärden eller timvärden.



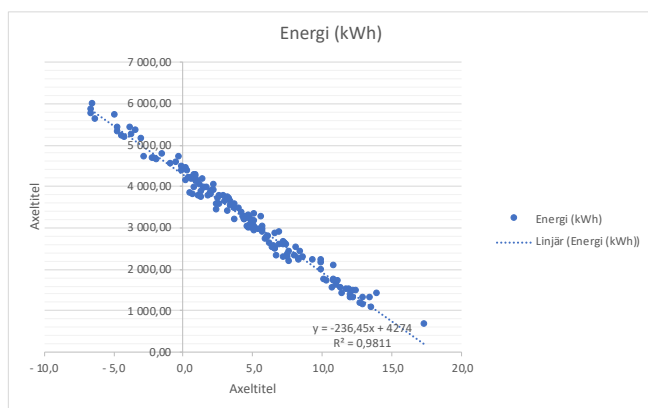
**Figur 5. Byggnadens energiåtgång per dygn som funktion av utetemperatur.**

För att räkna om detta värde till värmeförlust använder vi följande ekvation:

$$VFT_{\text{Navigator}} = 231 / A_{\text{temp}} / 24 \times DT, \text{ där } DT = T_{\text{inne}} - T_{\text{DVUT3}}$$

Detta ger ett VFT på 36,2 W/m<sup>2</sup> om vi antar att innetemperaturen är 21 grader. Det innebär ett 3 – 4 % lägre värde än med månadsmedelvärden för okt - maj enligt figur 4.

För samma byggnad beräknar vi VFT 1 för hela perioden efter årsskiftet till dess brytpunkten nås, ca 31 maj erhålls 236 kWh/grad, se figur 6.

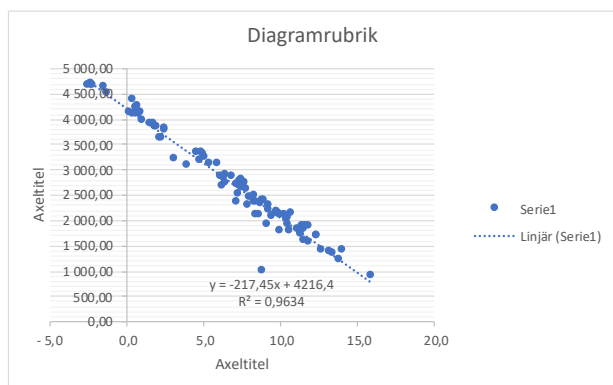


**Figur 6. energiåtgång per dygn som funktion av utetemperatur för perioden 1 jan – 31 maj**

Avgränsas istället perioden till 15 mars erhålls 231 kWh/grad

Motsvarande period under hösten, 1 oktober till 1 okt – 31 dec, erhålls ett samband enligt figur 7 och med värdet 217 kWh/grad, ca 6% lägre.

2022-09-12



**Figur 7. Energiåtgång per dygn som funktion av utetemperatur för perioden 1 okt – 31 december.**

Perioden runt jul/nyår inkluderar en vecka med avvikande brukande (som ger mer spillvärme). Resultatet avviker endast marginellt i denna byggnad för perioden 1 oktober till 17 december; 216 kWh/m<sup>2</sup>.

Så länge vi inte har med innetemperaturmätningar och dessa kan ligga på nivå 0,5 till en grad högre under perioder av året kan vi inte uttala oss om att den ena mätperioden är bättre än den andra eller inte.

## 9. Jämförelser mellan byggnader med olika energiprestanda

Om motsvarande analyser görs för 10 olika byggnader blir resultaten mer spretiga. Helårsbaserade värden enligt Navigators metod ger genomgående högre VFT än för den avgränsade vårperioden (VF1) med dygnsmedelvärden från v1 – v10 (15 mars) liksom för värdet som erhålls som genomsnitt om både vår och höstperioden ingår men avgränsas till den kallare årstiden, se högra kolumnen i tabell 3.

Byggnad 4 och 5 består av flera olika byggnader på samma fastighetscentral vilket innebär att kulvertförluster mellan byggnaderna ingår. Även förlusterna i dessa påverkas av utetemperaturen, vilket möjligen indikerar mycket stora kulvertförluster i fastighet nummer 5. Denna har därtill ett värde på VFT som ligger mycket högt. Utan närmre fördjupning ska inga slutsatser dras från denna byggnads mätvärden.

Det mycket låga värdet på VFT för byggnad 4 med byggår 1967 kan inte förklaras utan mer kunskap om fastigheten. Vi kan ana att det här finns anslutningar till byggnader vars  $A_{temp}$  inte ingår i det angivna värdet för area, men även relationen mellan årsenergi och VFT avviker på ett oförklarligt sätt.

2022-09-12

Nummer	Atemp (m <sup>2</sup> )	Byggår	Värme+VV KWh/m <sup>2</sup>	Navi (W/m <sup>2</sup> )	VFT 1 (W/m <sup>2</sup> )	VFT2 (W/m <sup>2</sup> )	Navi/VFT
1	5089	1920	135	48	41	44	14%
2	6317	1983	81	33	32	30	4%
3	3286	2016	69	21	19	23	2%
4	37185	1967	93	25	21	26	8%
5	9914	1972	394	99	86	89	13%
6	3020	1948	109	35	30	35	8%
7	2719	1987	83	24	21	25	6%
8	7891	1954	103	36	36	34	3%
9	1499	1910	109	37	32	36	9%
10	6439	2001	82	27	23	27	9%

**Tabell 3. VFT beräknat dels utifrån helårsdata (Navi) och dels för vårperiod (VFT1) och höstperiod (VFT2) för 10 olika byggnader/fastigheter.**

Tyvärr kan vi inte erhålla ett samband mellan VFT och netto värmeenergi, eftersom mätvärdena även inkluderar varmvatten. Varmvattenanvändningen kan vara en störande påverkan i den mån varmvattenanvändningen ligger högt (många boende per bostad) relativt värmebehovet eftersom en viss årstidsvariation gäller för varmvattenanvändningen och den energi som krävs för dess uppvärmning.

En annan byggnad som sticker ut är ”byggnad nr 4” byggd 1967, men ändå har ett mycket lågt VFT. Kanske är det mätarinsamlingssystemet som spökar. Slår vi ihop data för byggnad 4 och 5 får vi en årsenergianvändning på 156 kW/m<sup>2</sup> och ett VFT på ca 41 W/m<sup>2</sup>, vilket är ett påtagligt mer rimligt värde.

## 10. Slutsatser från genomförda mätanalyser

Samtliga trendanalyser har mätvärden som ligger bra i anslutning till trendlinjen, dvs de utgör användbara mätvärden. Val av mätperiod och mätupplösning ger vissa skillnader i utfall men är ganska små och kan mycket väl förklaras av varierande innetemperaturer som vi i denna studie saknar mätvärden för.

Följande mätperioder och mätmetodik bör därför alla vara godtagbara:

- Månadsmedelvärden för perioden okt – april
- Dygnsmedelvärden omfattande hela året (tillämpas i Navigator)
- Vecko- eller dygnsmedelvärden för perioden 1 okt – 31 maj omfattande minst 10 veckor.
- Om möjligt bör mätdata från v. 52 uteslutas.
- Veckomedelvärden under perioden v 1 – v 12, bör minst omfatta 6 mätvärden, men fler rekommenderas om något eller några värden avviker från trendlinjen.

Om möjligt bör mätvärden för innetemperatur ingå. Dessa kan baseras på referensgivare från några bostäder, frånluftstemperatur om den finns samlad och inte kylts ner för mycket. Det viktigaste då är inte den verkliga temperaturnivån utan att variationen i innetemperatur fångas upp och kopplas till mätdataströmmen. Speciellt i de lägen man vill mäta VFT före och efter genomför åtgärd är innetemperaturmätningen väsentlig eftersom den mycket väl kan komma att förändras.



2022-09-12

Byggnadens värmeförlusttal inkluderar förluster mot mark. Men markens temperatursvängning är dämpat i sin max- och minnivå och dessutom tidsfördröjd med ca 1 månad, dvs om utetemperaturen under en längre period är som lägst i februari månad så kommer markens temperatur att ligga som lägst i mars månad. Med korta mätperioder kan förluster mot mark antagas ligga på en konstant nivå och ger då inget bidrag till lutningskoefficienten. Det innebär att en längre mätperiod (fler mätveckor) liksom månadsvärden, som visserligen har en viss fördröjning vad gäller förluster mot mark, bättre borde spegla markens bidrag till värmeförlusttalet. I tabell 2 kan vi se att 12 veckorsperioden gav ca 3% högre VFT än för 6 veckors perioden och 8 månaders period med månadsvärden ger ca 7% högre VFT än med 8 – 10 veckors mätperiod.

Vid energiberäkningar för nyproducerade 4-planshus hamnar markförlusterna på nivån 2 – 3%, medan ett enplanshus kan ha upp till 8% markförluster.

Om VFT mäts i samband med åtgärder (före – efteranalys) så har det dock ingen betydelse om markförlusterna underskattas i mätningen om bara samma mätmetodik tillämpas. Bara om det absoluta värdet ska bestämmas så bör markförlusterna vara med och då genom att lägga till de beräknade värmeförlusterna mot mark enligt den anvisning som ges i kalkylstödet för LFM30. Samtidigt, om en hög noggrannhet eftersträvas, bör också innetemperaturerna loggas.

Sammanfattningsvis ger studien stöd för den utformning av mät- och beräkningsstöd som läggs ut på LFM30 hemsida. En begränsning denna studie är att den enbart omfattat flerbostadshus. För de flesta lokalbyggnader varierar verksamhet och luftflöden under dygn och helg. Med timdata kan man då förvänta sig två åtskilda lutningsekvationer. Genom att aggregera till veckomedelvärde bör metoden dock vara användbar, men inte verifierat i denna studie.