



LUND UNIVERSITY

Energieffektivisering av miljonprogrammets flerbostadshus genom beständiga tilläggsisoleringssystem: uttorkning av blöt lättbetongvägg efter utvändigt tilläggsisolering med olika system

Sandin, Kenneth

2013

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Sandin, K. (2013). *Energieffektivisering av miljonprogrammets flerbostadshus genom beständiga tilläggsisoleringssystem: uttorkning av blöt lättbetongvägg efter utvändigt tilläggsisolering med olika system*. (Rapport TVBM; Vol. 3167). Byggnadsmaterial LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Energieffektivisering av miljonprogrammets flerbostadshus genom beständiga tilläggsisoleringsystem:

Uttorkning av blöt lättbetongvägg efter utvändigt
tilläggsisolering med olika system

Kenneth Sandin



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
LUNDS UNIVERSITET

Avd Byggnadsmaterial

**Energieffektivisering av miljonprogrammets
flerbostadshus genom beständiga
tilläggsisoleringsystem:**

Uttorkning av blöt lättbetongvägg efter utvändigt
tilläggsisolering med olika system

Kenneth Sandin

Rapport TVBM-3167

Lund 2012

ISRN: LUTVDG/TVBM--12/3167—SE(1-44)

ISSN: 0348-7911 TVBM

Lunds Tekniska Högskola
Byggnadsmaterial
Box 118
221 00 LUND
www.byggnadsmaterial.lth.se

Tel: 046-2227415
Fax: 046-2224427

INNNEHÅLL

| | |
|---|-----------|
| 1 FÖRORD | 3 |
| 2 BAKGRUND OCH SYFTE | 5 |
| 3 UPPBYGGNAD AV URSPRUNGSVÄGGARNA | 7 |
| 4 TILLÄGGSISOLERINGSSYSTEM | 9 |
| 5 FUKT- OCH TEMPERATURMÄTNINGAR | 11 |
| 5.1 Relativ fuktmätning..... | 11 |
| 5.2 Fuktkvotsmätning..... | 12 |
| 5.3 Temperaturmätning..... | 12 |
| 6 MÄTRESULTAT | 13 |
| 6.1 Relativ fuktmätning..... | 13 |
| 6.2 Fuktkvotsmätning..... | 22 |
| 6.3 Temperaturmätning..... | 27 |
| 7 BERÄKNINGAR | 29 |
| 8 KOMMENTARER OCH SLUTSATSER | 39 |
| 8.1 Fuktförhållanden..... | 39 |
| 8.2 Yttemperatur på insidan..... | 42 |
| 8.3 Energibesparing genom tilläggsisolering med de olika alternativen..... | 42 |

1 FÖRORD

I CERBOF-projektet ”Energieffektivisering av miljonprogrammets flerbostadshus genom beständiga tilläggsisoleringsystem” ingår ett antal delprojekt. Ett sådant delprojekt avser uttorkning av en blöt lättbetongvägg efter tilläggsisolering med ytskikt av puts.

Projektet har genomförts vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete mellan avdelningarna Byggnadsmaterial och Konstruktionsteknik. Även Carl-Magnus Capener, forskare på SP, fram till 2011-01-15 anställd på Weber, har deltagit aktivt i projektets genomförande.

Projektet har finansierats av CERBOF, FoU Syd genom Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond samt Weber Saint Gobain Byggprodukter AB.

Lund i december 2012

Kenneth Sandin

2 BAKGRUND OCH SYFTE

I princip finns 3 olika system för tilläggsisolering med ytskikt av puts. Dessa är

Cellplast och puts

Mineralull och puts

Oorganisk skiva med bakomliggande luftspalt och ytskikt av puts

Föreliggande rapport syftar till att redovisa uttorkningsförloppet hos en blöt lättbetongvägg med de olika systemen. Som jämförelse har även fukttillståndet mätts i en lättbetongvägg som inte har tilläggsisolerats.

3 UPPBYGGNAD AV URSPRUNGSVÄGGARNA

Ursprungsväggarna består av tunnfogsmurade lättbetongväggar av 250 mm Celblock densitetsklass 400 med leveransfuktkvot 35 – 40 viktsprocent. Enligt tillverkaren är $\lambda_{\text{design}}=0.10$ W/mK.

Jämviktsfuktkurvan bestämdes i vårt laboratorium och redovisas i TAB 3.1.

TAB 3.1. Lättbetongens jämviktsfuktkurva.

| RF (%) | w(abs) (kg/m ³) | w(des) (kg/m ³) |
|--------|-----------------------------|-----------------------------|
| 30 | 10 | 10 |
| 40 | - | 11 |
| 50 | 11 | 12 |
| 60 | - | 13 |
| 70 | 13 | 16 |
| 80 | 15 | 25 |
| 85 | 17 | - |
| 90 | 22 | 52 |
| 95 | 34* | 96 |
| 100 | - | 150** |

Fukthalten vid 30 % RF är uppskattad från andra källor. Den är inte mätt. Alla angivna fukthalter utgår från detta värde.

* Ej i jämvikt. Fukthalten bör vara något högre.

** Denna är inte uppmätt utan motsvarar leveransfukthalten.

Utsidan putsades med en traditionell tre-skiktsputs bestående av

Grundning med weber 105 vitgrund
Utstockning med 12 mm weber 131
KC-färg weber 244

Insidan behandlades med 6 mm weber base 262 vit.

Relativt snart upptäcktes att uttorkningen inåt var stor. För att minska denna uttorkning målades insida 15 nov 2010. Denna målning bestod av

Fixativ
0,5-1.0 mm Mineralux 8270 vit

Uppförandet av ursprungsväggarna gjordes i slutet av juni/början av juli 2010. För att förhindra uttorkning av byggfukten innan mätningarna startade monterades en plastfolie på utsidan.

4 TILLÄGGSISOLERINGSSYSTEM

De olika tilläggsisoleringsystemen på utsidan monterades under tiden 5-27 juli 2010. Under tiden förhindrades all uttorkning utåt med plastfolie när direkta arbeten inte pågick. 28 juli 2010 avlägsnades den utvändiga plastfolien och de kontinuerliga mätningarna startade.

De olika system som ingår i projektet är:

Provvägg 1

Ursprungsväggen utan ytterligare behandling.

Provvägg 2

På utsidan av ursprungsväggen monterades ett tilläggsisoleringsystem bestående av

- Klisterbruk STO Byggklister
- 50 mm cellplast STO
- 3 mm StoLevel Classic med glasfibernet
- Stolit 1.5 vit

Provvägg 3

På utsidan av ursprungsväggen monterades ett tilläggsisoleringsystem bestående av

- 50 mm mineralull Therm 321
- 10 mm Underlagsbruk Therm 340 med stålnätsarmering
- 10 mm Fasadbruk Therm 342
- Silikatfärg vit

Provvägg 4

På utsidan av ursprungsväggen monterades ett tilläggsisoleringsystem bestående av

- 45 mm mineralull med horisontella reglar 45x45
- Vindskydd Bison
- Stående träläkt 70x22
- 12 mm Placocemskiva
- 6-7 mm Putsbruk EF med glasfibernet
- Silikatfärg vit

Då det senare visade sig att vindskyddet var mycket tätt byttes detta ut den 14 april 2011 mot Tyvek Supro Grid.

Ånggenomsläpplighet respektive ånggenomgångsmotstånd för ingående material

Mätning gjord med koppmetoden. 20°C och 55 % RF i klimatrummet. 97 % RF i burken.

Ånggenomsläpplighet δ (m²/s)

| | |
|----------------|---------------------|
| Lättbetong | $2.2 \cdot 10^{-6}$ |
| Mineralull 321 | $15 \cdot 10^{-6}$ |

Ånggenomgångsmotstånd Z (s/m)

| | |
|---|------------------|
| 10 mm lättbetong | $4.5 \cdot 10^3$ |
| Ytskikt på insidan fram till 14 nov 2010 | $7.0 \cdot 10^3$ |
| Ytskikt på insidan från 15 nov 2010 | $18 \cdot 10^3$ |
| Vitgrund+12 mm puts 131 | $14 \cdot 10^3$ |
| Klisterbruk+50 mm cellplast+3 mm STO Classic+Stolit | $75 \cdot 10^3$ |
| 10 mm puts 340+10 mm puts 342 | $17 \cdot 10^3$ |
| 50 mm mineralull 321 | $3.3 \cdot 10^3$ |
| Bison vindskydd fram till 13 april 2011 | $24 \cdot 10^3$ |
| Tyvec vindskydd från 14 april 2011 | $2.4 \cdot 10^3$ |

De färdiga provväggarna illustreras i FOTO 1.



FOTO 1. Provväggarna från utsidan (de vita facken).

5 FUKT- OCH TEMPERATURMÄTNINGAR

5.1 Relativ fuktmätning

Fukttillståndet mätes relativt genom att mäta den elektriska ledningsförmågan mellan elektroder som är inslagna till olika djup. Ju högre fukthalten är desto högre blir den elektriska ledningsförmågan.

Elektroderna är isolerade med krympslang förutom de yttersta 6 mm. Mätningar gjordes på djupen 50, 100, 150 och 200 mm. Avståndet mellan spetsarna är teoretiskt 30 mm. I praktiken kan avståndet avvika från dessa 30 mm beroende på att elektroderna kanske inte blir helt parallella. Teoretiskt medför en vinkelavvikelse 2° att avståndet mellan spetsarna avviker 7 mm från det teoretiska avståndet på mät djupet 200 mm. Om båda elektroderna har samma vinkelavvikelse åt olika håll blir avvikelserna 14 mm. Detta innebär att maxavståndet mellan spetsarna blir cirka 45 mm. Minavståndet blir 15 mm.

Avläsning görs med Protimeter träfuktmätare. Vid mätning i trä erhålls direkt fuktkvoten i vikts-%. Det erhållna mätvärdet vid mätning i lättbetong motsvarar INTE fuktkvoten i lättbetongen. Det erhållna mätvärdet är dock ett relativt mått på fukttillståndet. Det erhållna mätvärdet är temperaturberoende och korrigeras alltid till 20°C.

Teoretiskt innebär avvikelserna i avstånd mellan elektroderna att det avlästa värdet kan slå fel med +/- 5 enheter på mät djupet 200 mm. Vid en vinkelavvikelse 1° blir motsvarande fel 2-3 enheter. På mindre mät djup blir felet mindre.

Genom att bestämma den verkliga fuktkvoten vid olika tidpunkter och djup enligt avsnitt 5.2 kan en kalibreringskurva mellan avläst mätvärde och en ungefärlig fuktkvot upprättas. I FIG 5.1 visas denna kalibreringskurva.

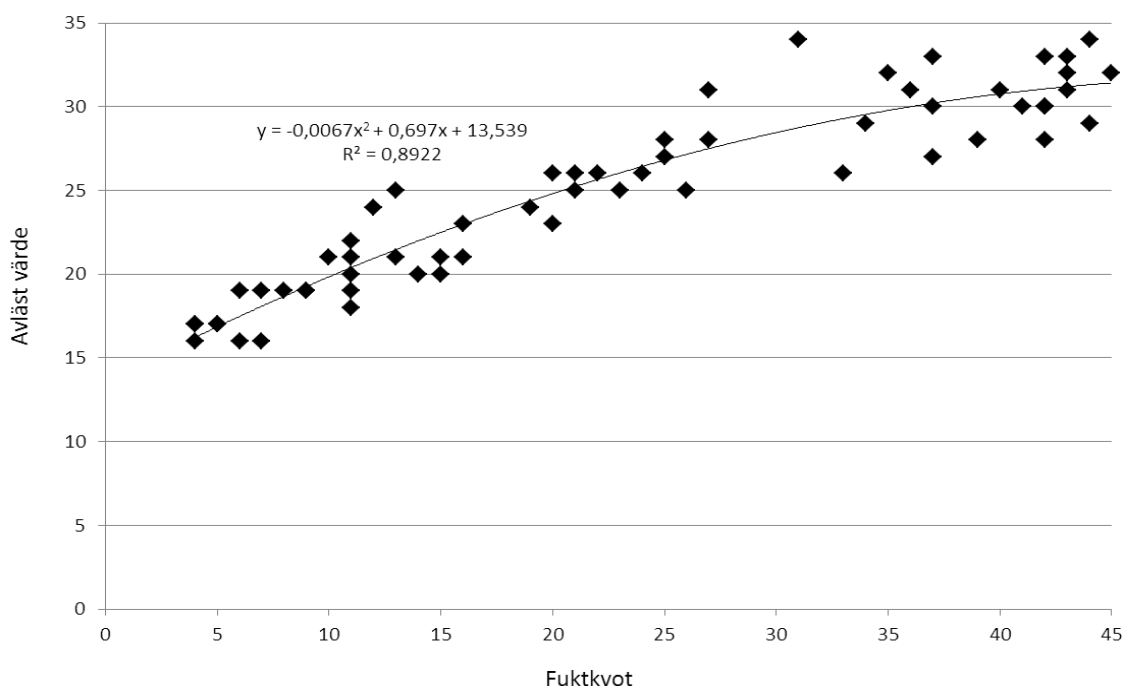


FIG 5.1. Kalibreringskurva avläst värde vs fuktkvot.

Som synes är kurvan mycket flack, speciellt vid höga fukttillstånd. Detta innebär att det verkliga fukttinnehållet kan sjunka relativt mycket, även om det erhållna mätvärdet inte sjunker speciellt mycket. Av kurvan framgår att när det avlästa värdet sjunker från 30 till 28 så sjunker fuktkvoten från 37 till 30 viktsprocent. Motsvarande ändring i fuktkvot när mätvärdet sjunker från 24 till 18 blir från 18 till 8 viktsprocent.

Spridningen i enskilda mätpunkter är i vissa fall relativt stor. Det ska då påpekas att de mätvärden som avviker mest från kurvan är från de största djupen, 150 och 200 mm. Vid mindre djup är spridningen väsentligt mindre.

Eftersom kalibreringskurvan är flack blir felet i de kalibrerade fuktkvoterna större än avlästa enheter. Redan vid en vinkelavvikelse 1° blir felet i fuktkvot 10 viktsprocent!

Detta innebär att man inte kan jämföra olika platser med utgångspunkt från de kalibrerade fuktkvoterna. De kalibrerade fuktkvoterna redovisas enbart för att man ska kunna följa samma mätpunkt vid olika tidpunkter. För att få en exakt bild av fuktkvoterna hänvisas till de direkta fuktkvotsmätningarna i avsnitt 5.2.

5.2 Fuktkvotsmätning

Prover togs ut med kärnborr på djupen 0-50, 50-100, 100-150 och 150-200 mm inifrån. Fuktkvoten bestämdes genom uttorkning vid 105°C .

De första proverna togs ut i samband med att den relativa fuktmätningen startade. Härefter togs prover ut när den relativa mätningen visade att mätvärdena förändrats väsentligt.

5.3 Temperaturmätning

Temperaturerna registrerades kontinuerligt med termoelement på djupen 50, 100, 150 och 200 mm inifrån samt på innerytan. Syftet med temperaturmätningarna var främst att temperaturkorrigera elektrodsmätningarna.

6 MÄTRESULTAT

6.1 Relativ fuktmätning

Den relativa mätningen på olika djup i de fyra väggarna redovisas i FIG 6.1-6.4.

Motsvarande fuktkvot erhållen från kalibreringskurvan i FIG 5.1 redovisas i FIG 6.5-6.8.

För att enklare kunna jämföra de olika väggarna redovisas mätvärdena och motsvarande fuktkvot på visst djup i FIG 6.9-6.12 respektive FIG 6.13-6.16.

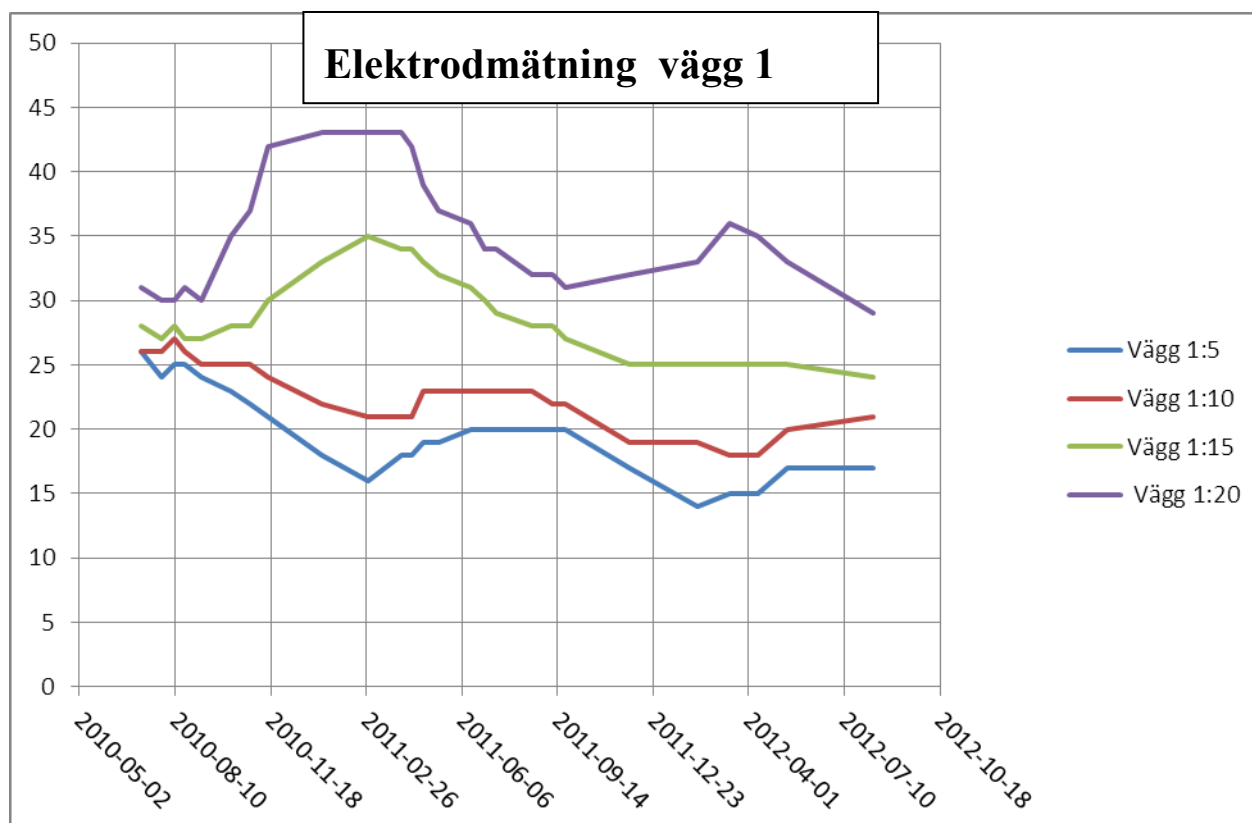


FIG 6.1. Mätvärde på olika djup i vägg 1.

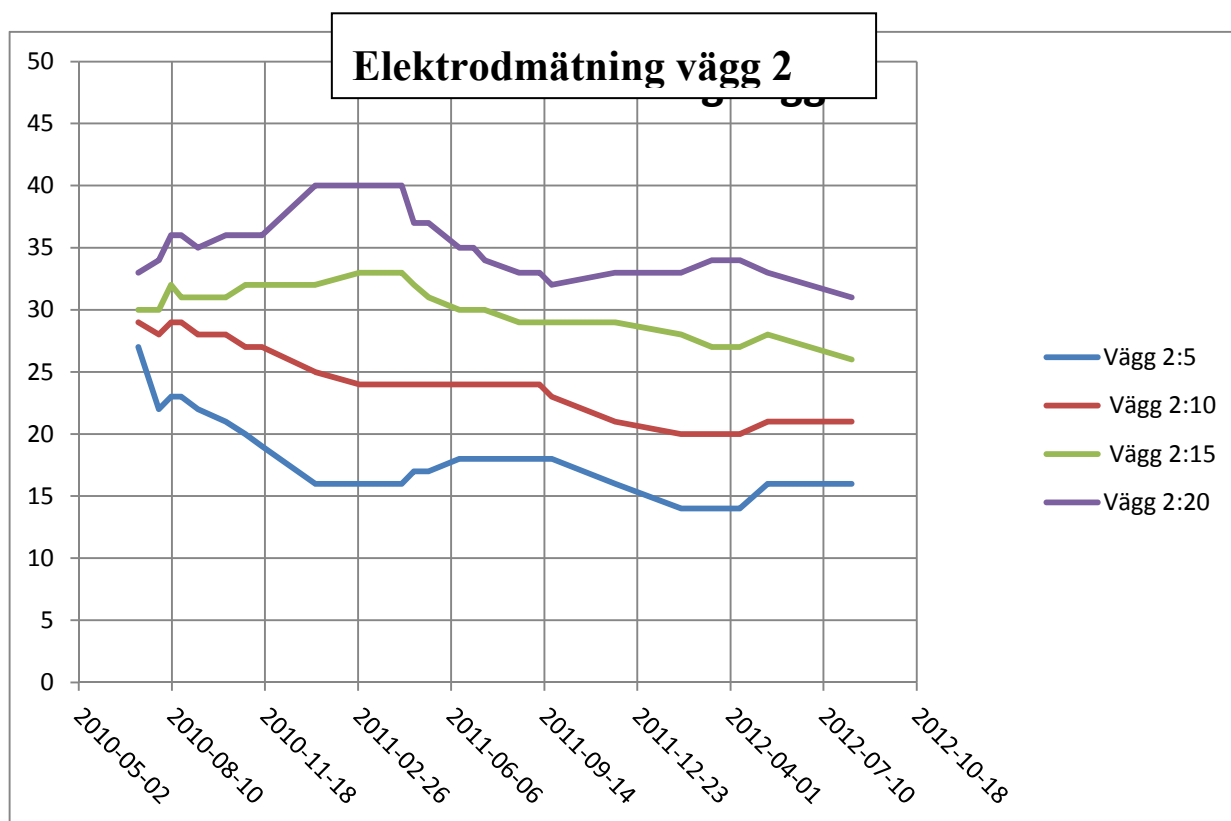


FIG 6.2. Mätvärde på olika djup i vägg 2.

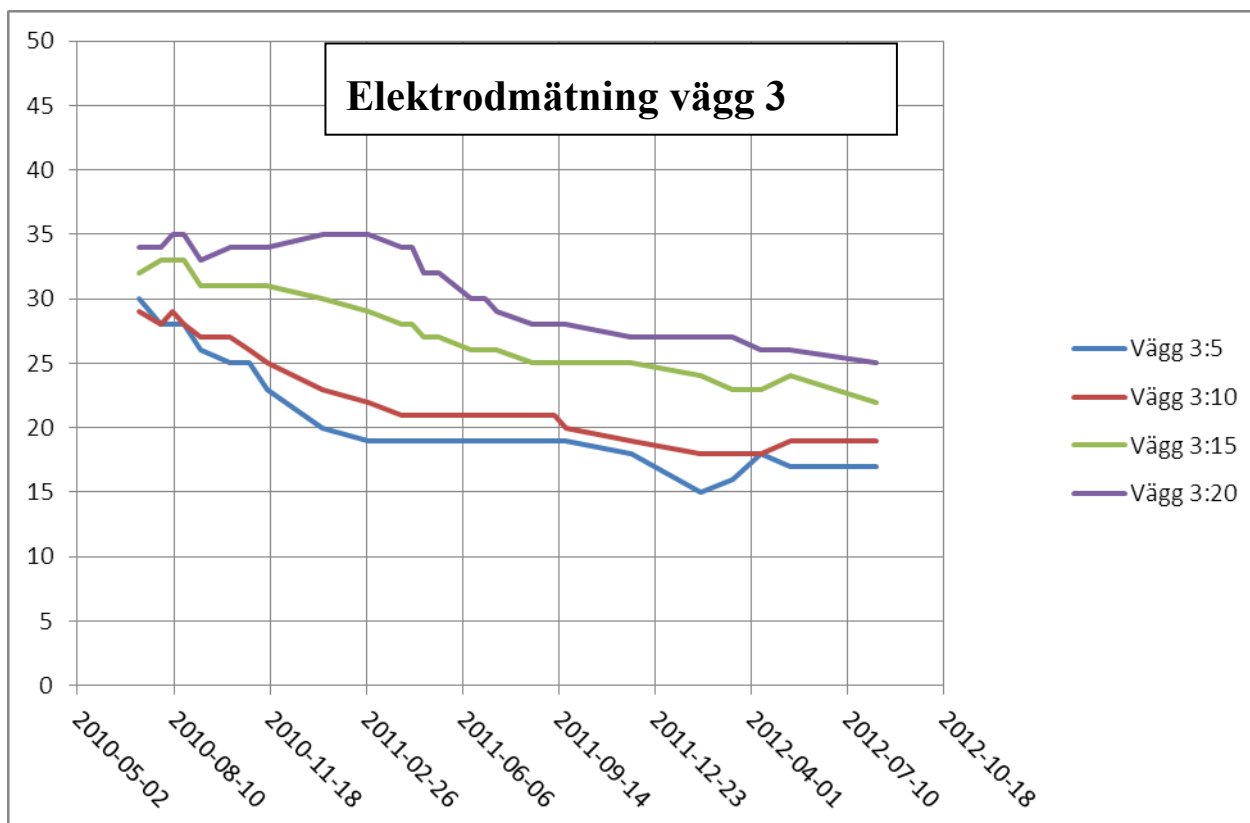


FIG 6.3. Mätvärde på olika djup i vägg 3.

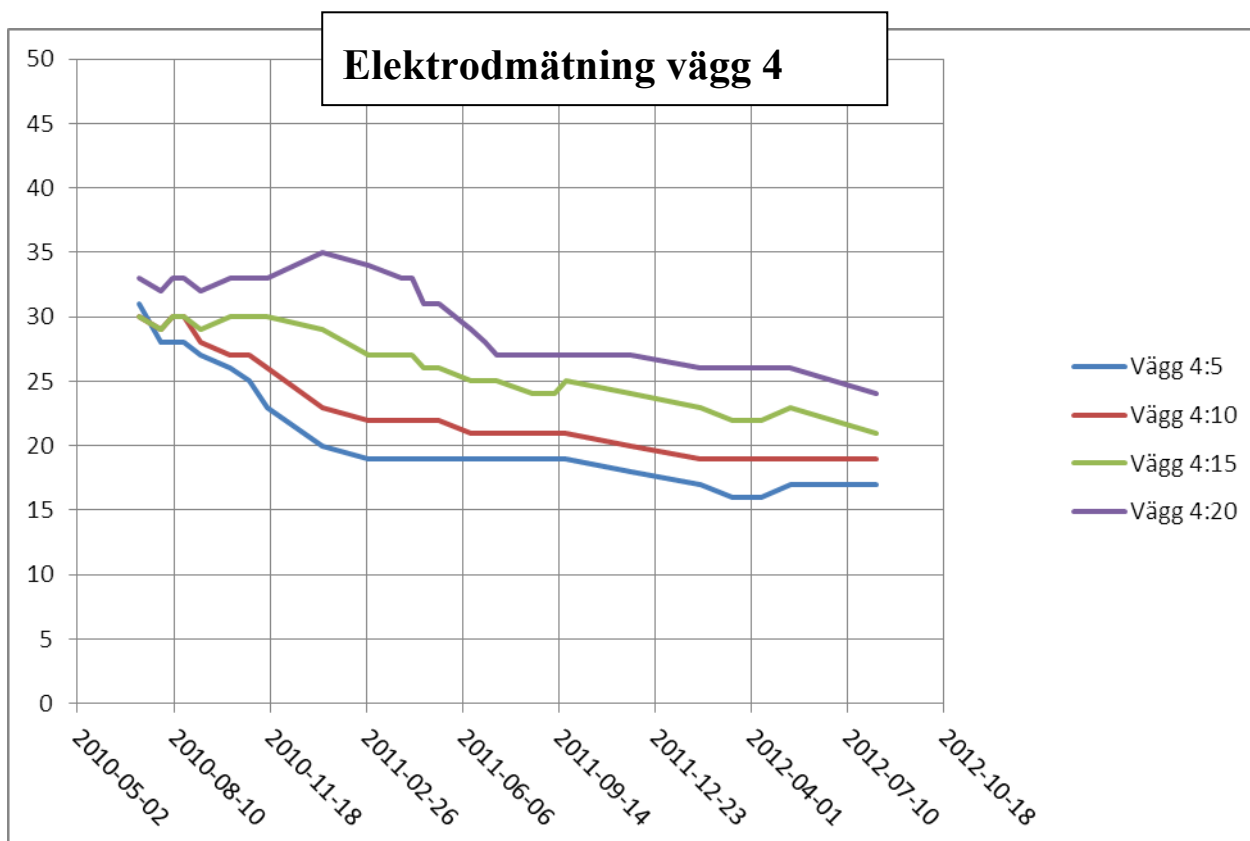


FIG 6.4. Mätvärde på olika djup i vägg 4.

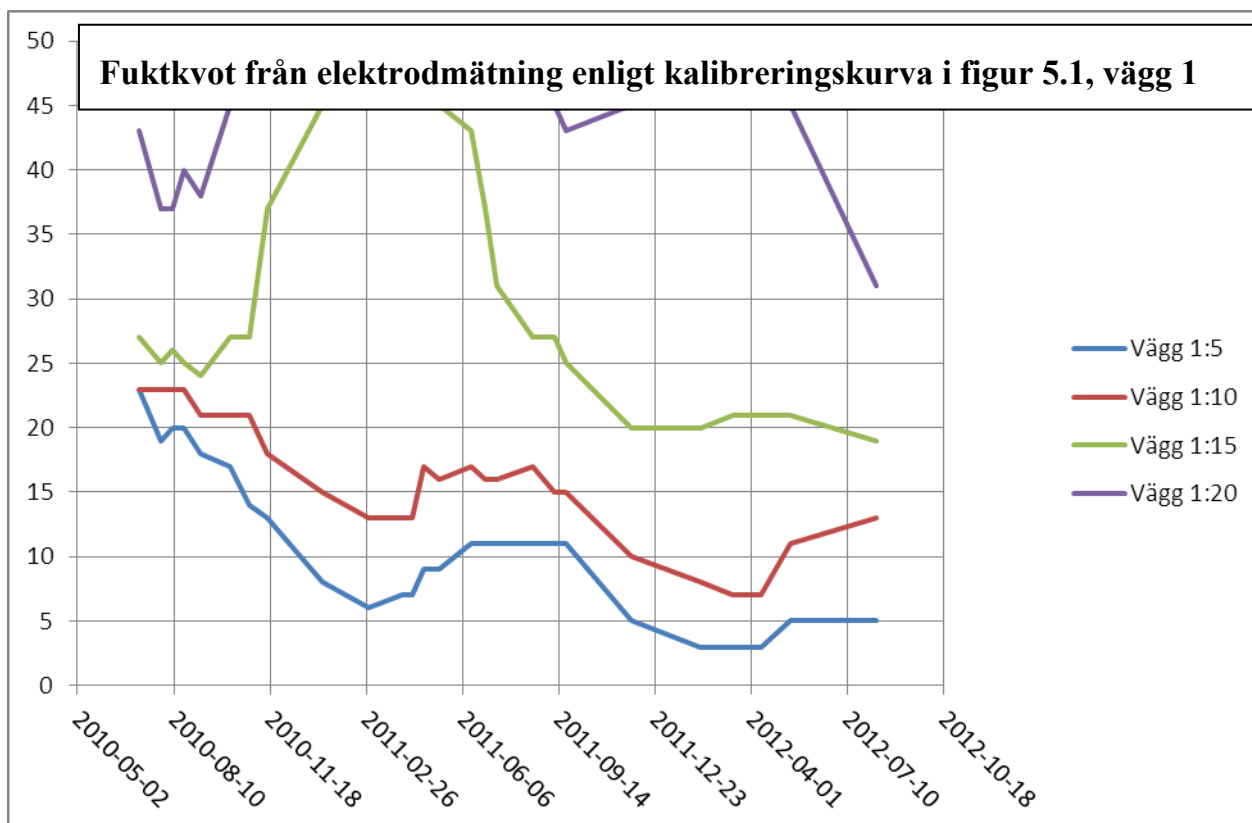


FIG 6.5. Kalibrerad fuktkvot på olika djup i vägg 1.

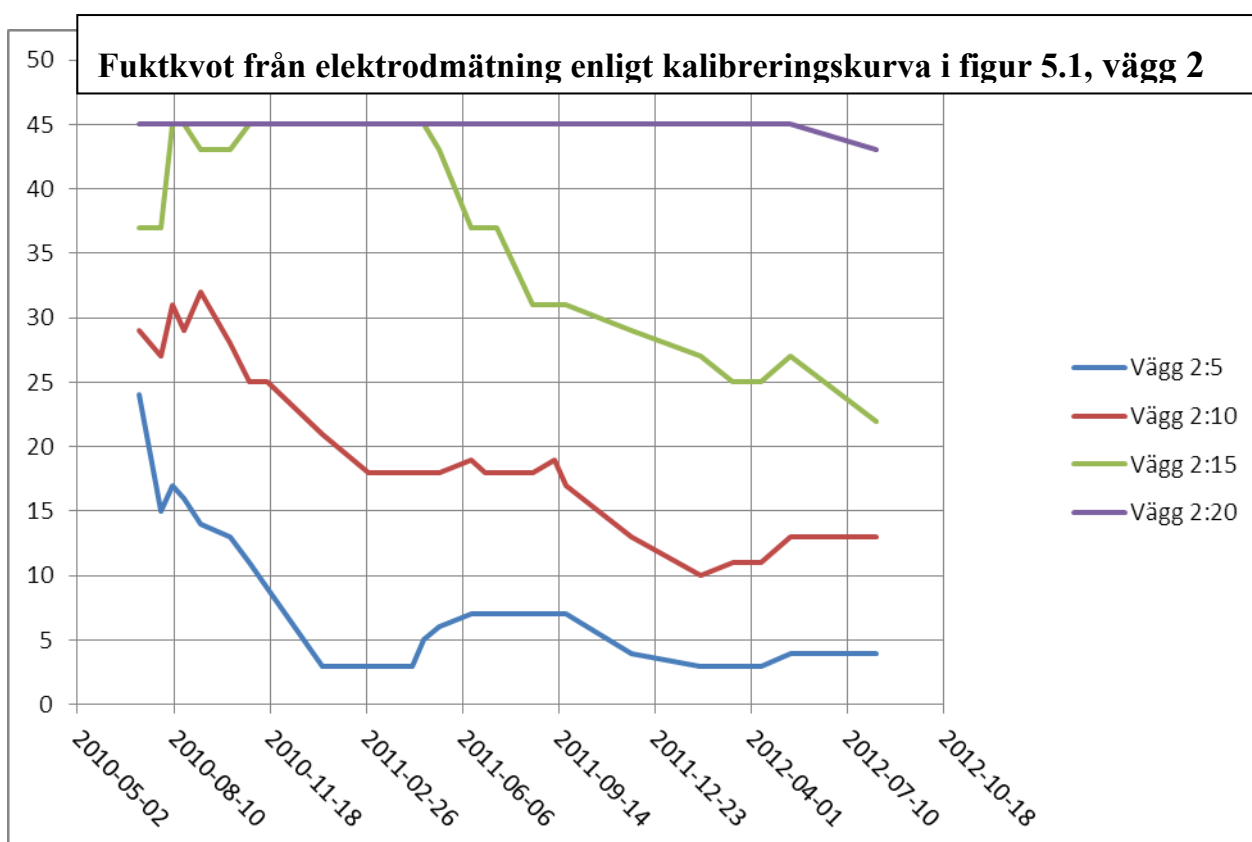


FIG 6.6. Kalibrerad fuktkvot på olika djup i vägg 2.

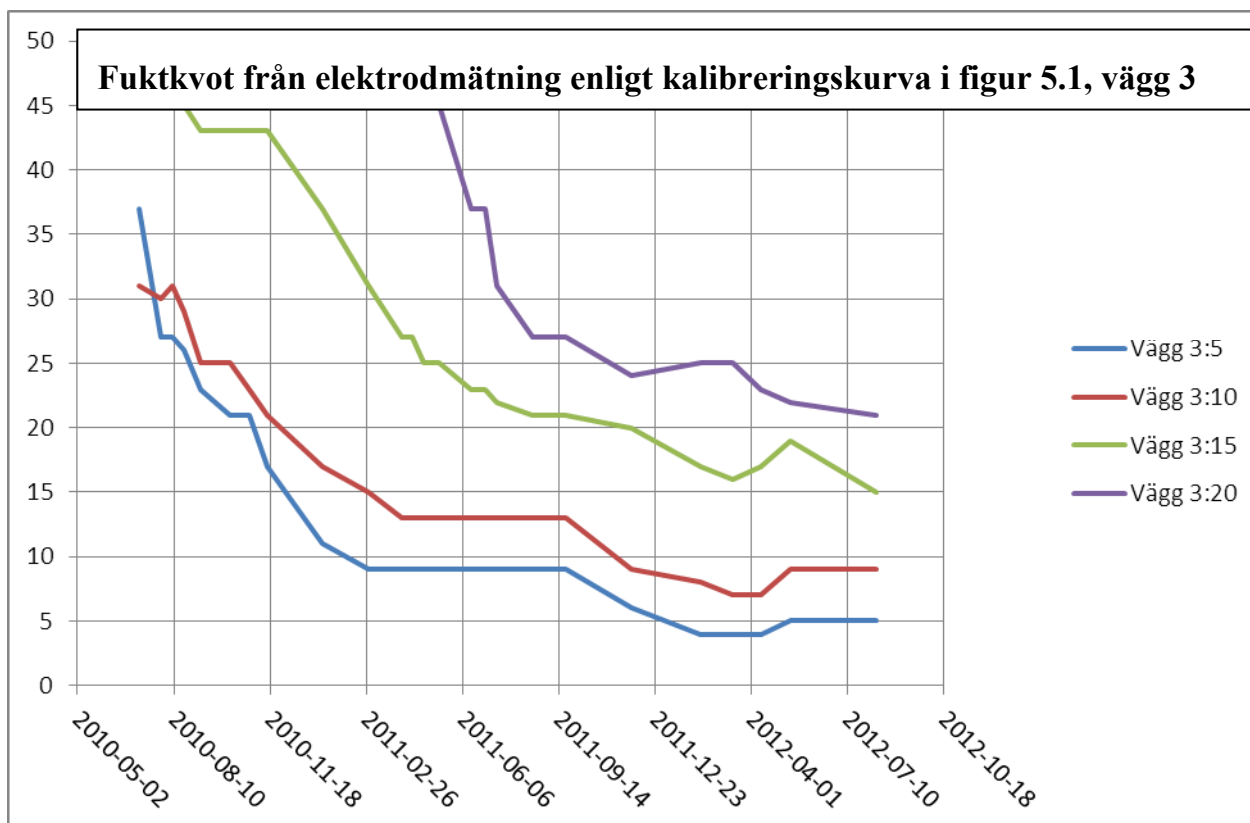


FIG 6.7. Kalibrerad fuktkvot på olika djup i vägg 3.

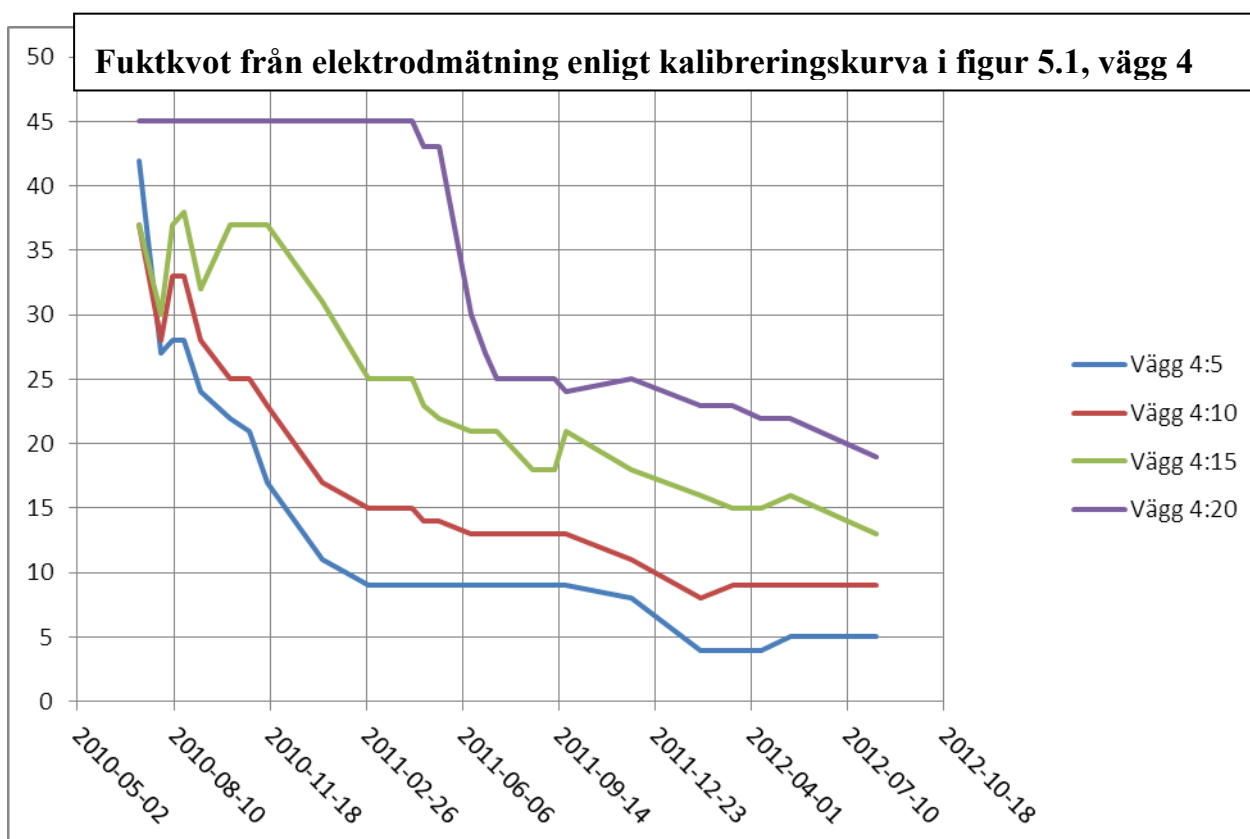


FIG 6.8. Kalibrerad fuktkvot på olika djup i vägg 4.

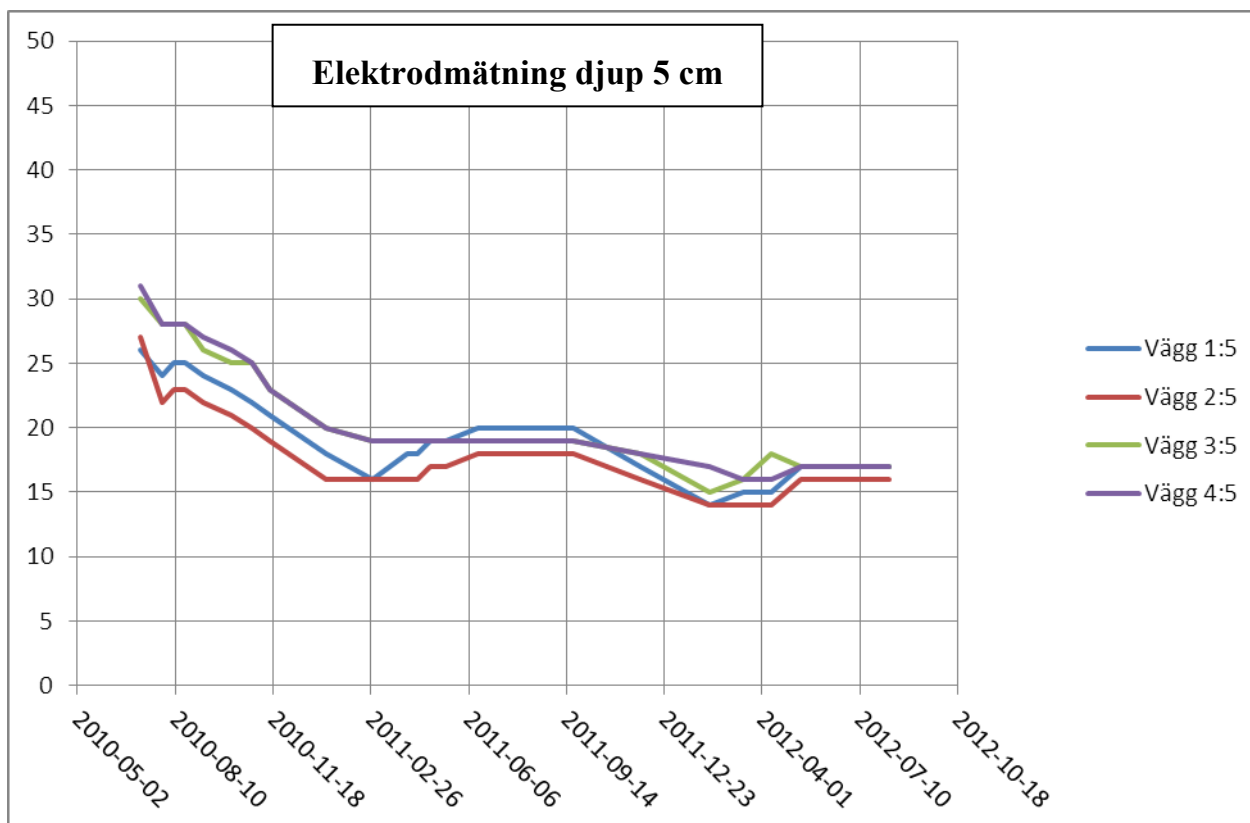


FIG 6.9. Mätvärde på djupet 50 mm i de olika väggarna.

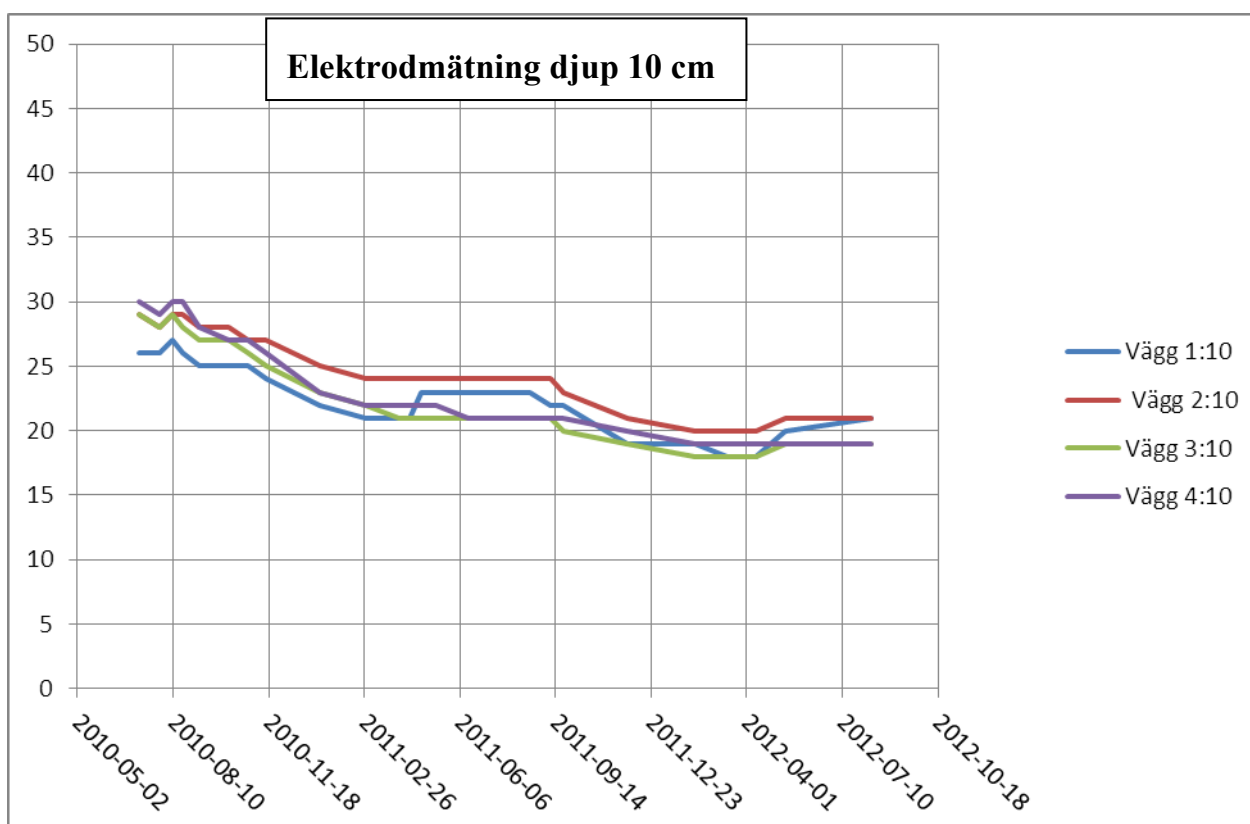


FIG 6.10. Mätvärde på djupet 100 mm i de olika väggarna.

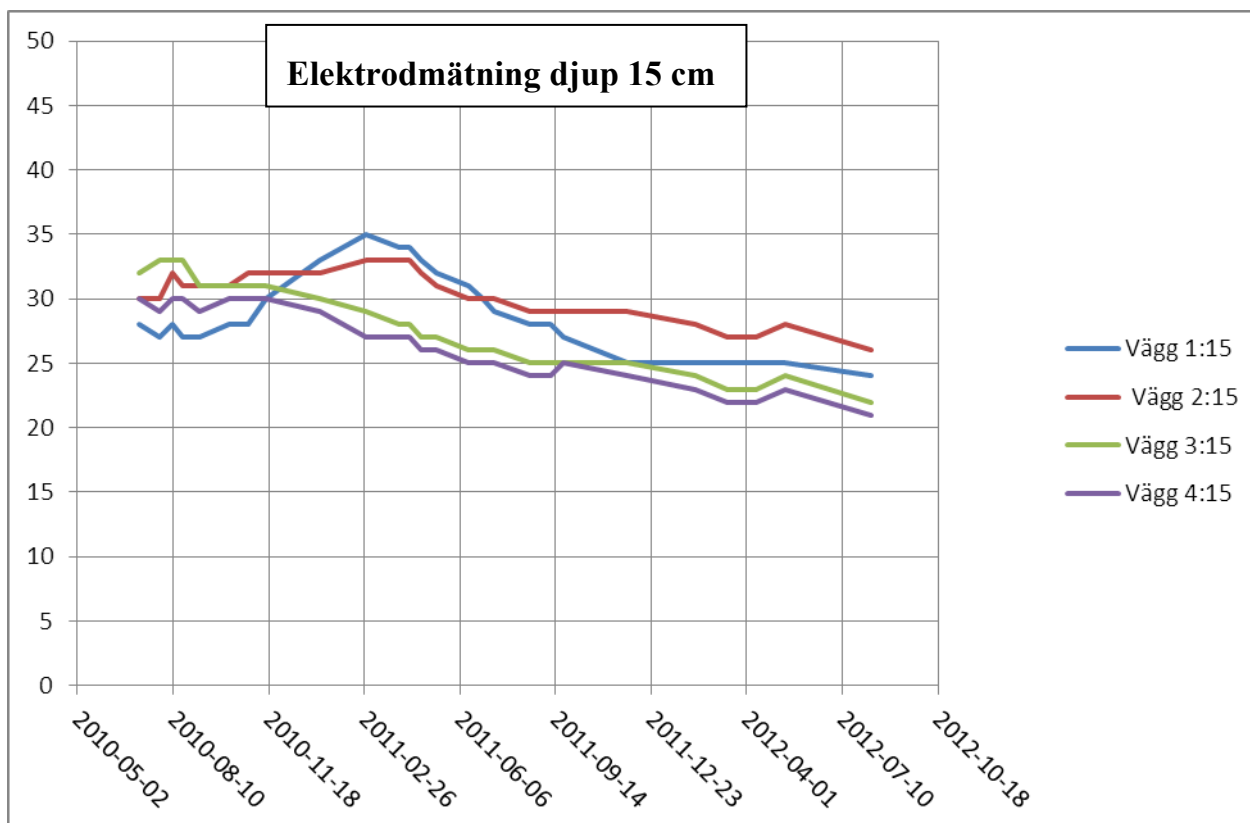


FIG 6.11. Mätvärde på djupet 150 mm i de olika väggarna.

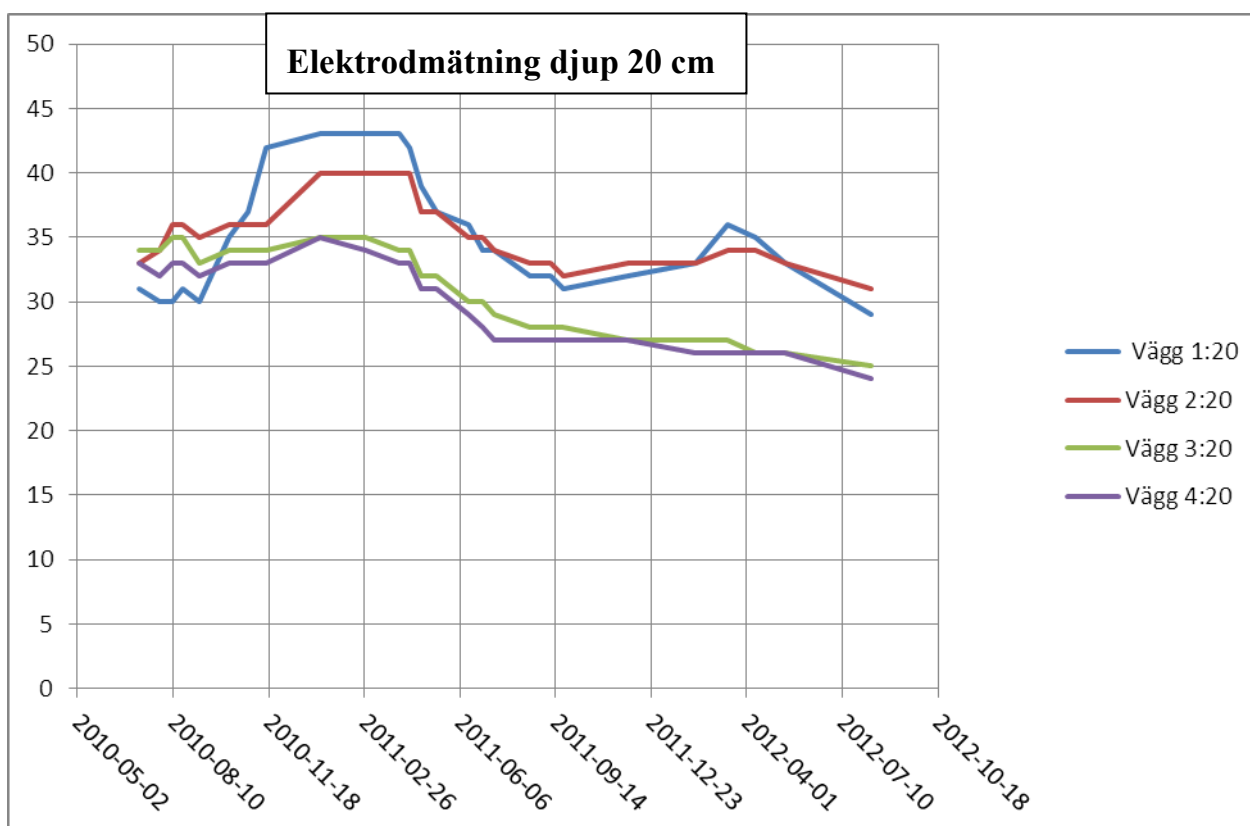


FIG 6.12. Mätvärde på djupet 200 mm i de olika väggarna.

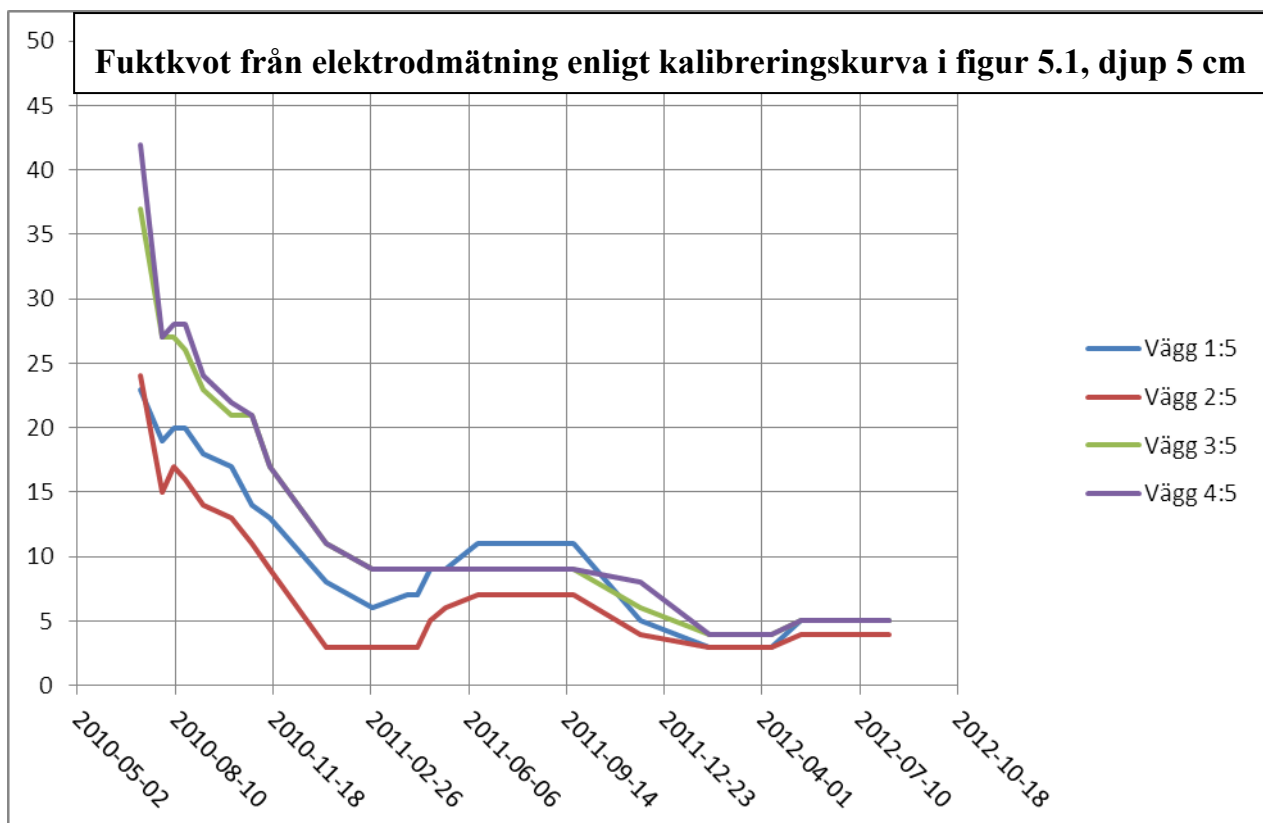


FIG 6.13. Kalibrerad fuktkvot på djupet 50 mm i de olika väggarna.

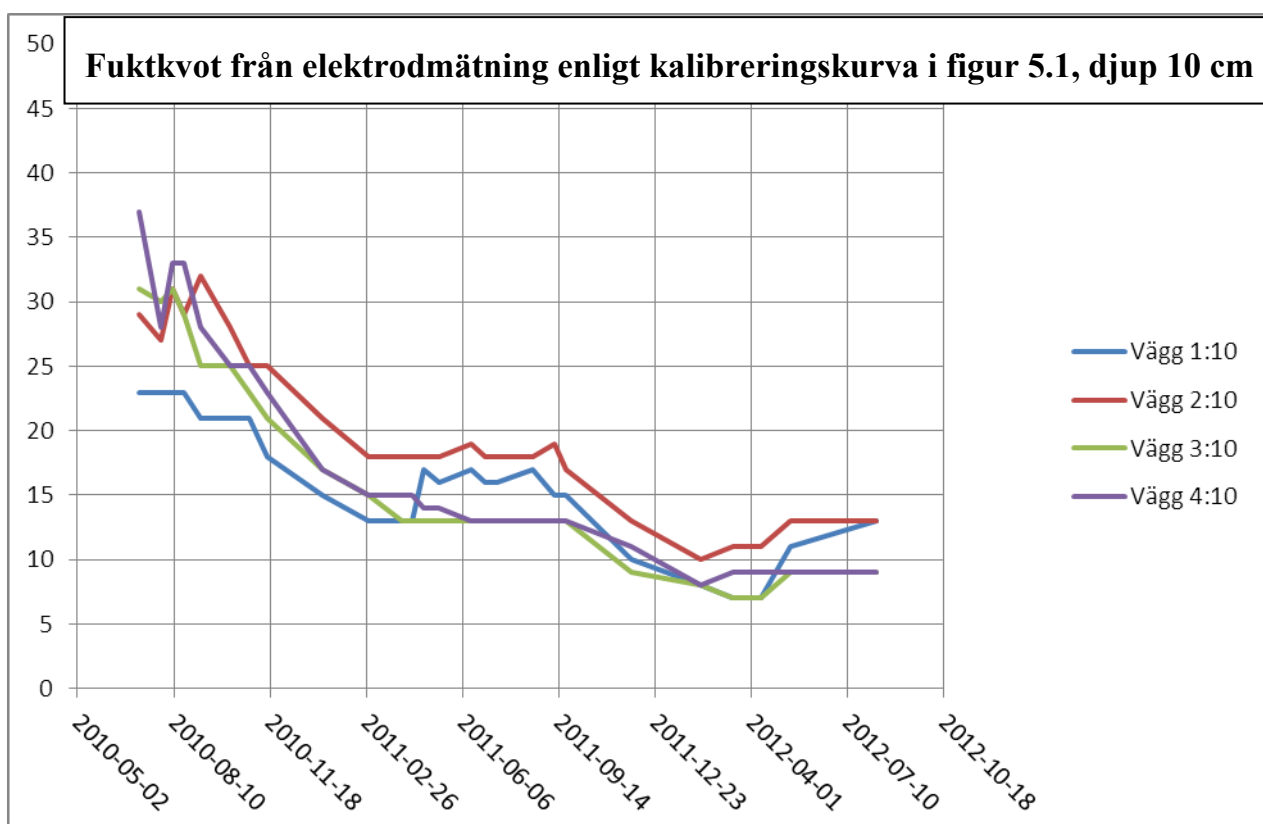


FIG 6.14. Kalibrerad fuktkvot på djupet 100 mm i de olika väggarna.

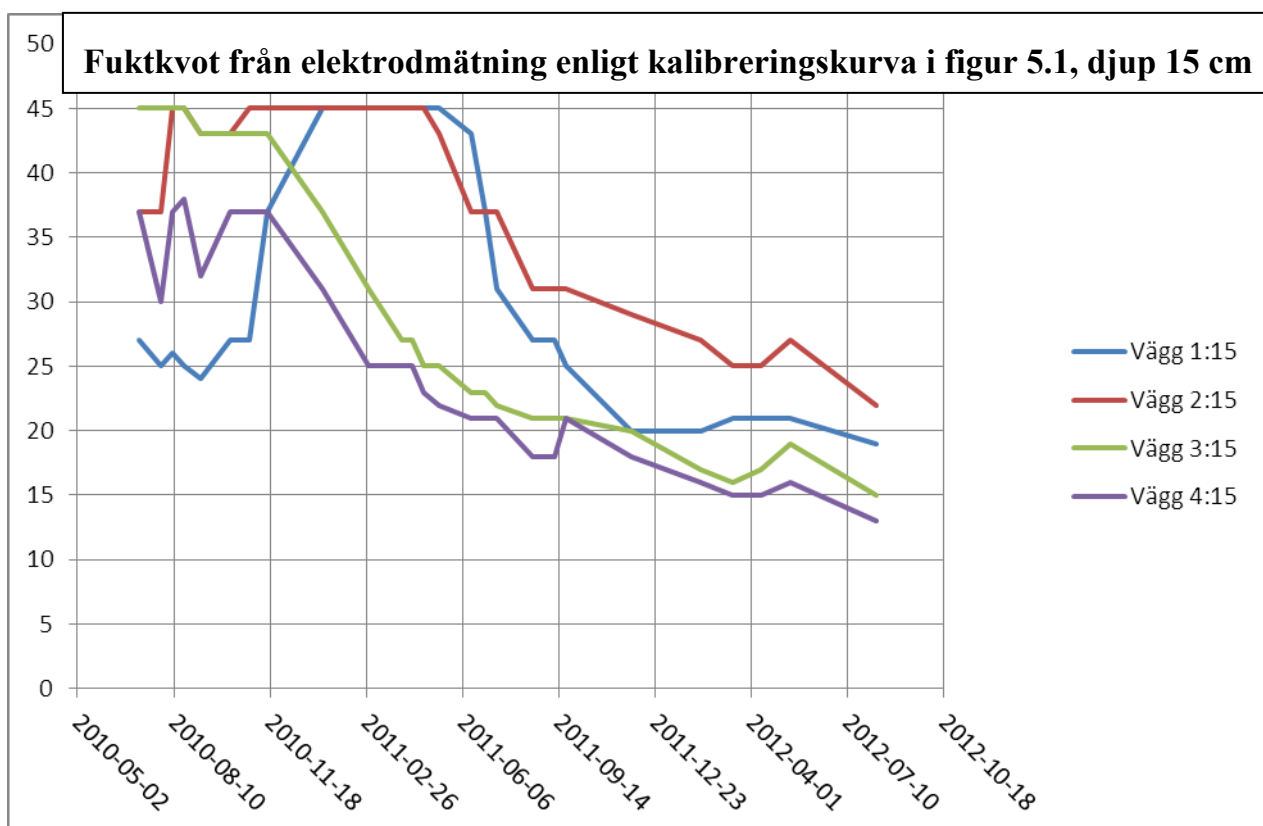


FIG 6.15. Kalibrerad fuktkvot på djupet 150 mm i de olika väggarna.

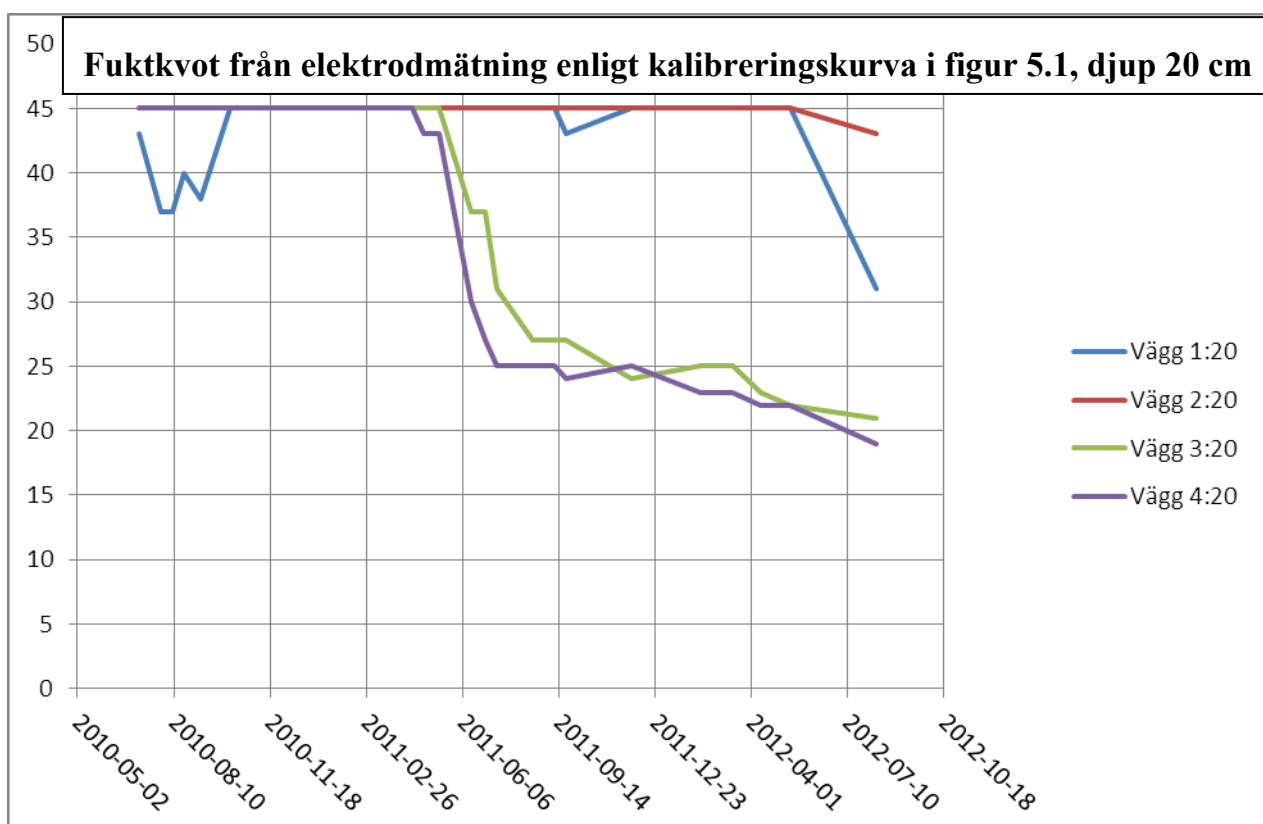


FIG 6.16. Kalibrerad fuktkvot på djupet 200 mm i de olika väggarna.

6.2 Fuktkvotsmätning

Uppmätta fuktkvoter på olika djup i de fyra väggarna redovisas i FIG 6.17 – 6.20.

För att underlätta en direkt jämförelse av fuktkvoterna på samma djup i de olika väggarna redovisas dessa i FIG 6.21 – 6.24.

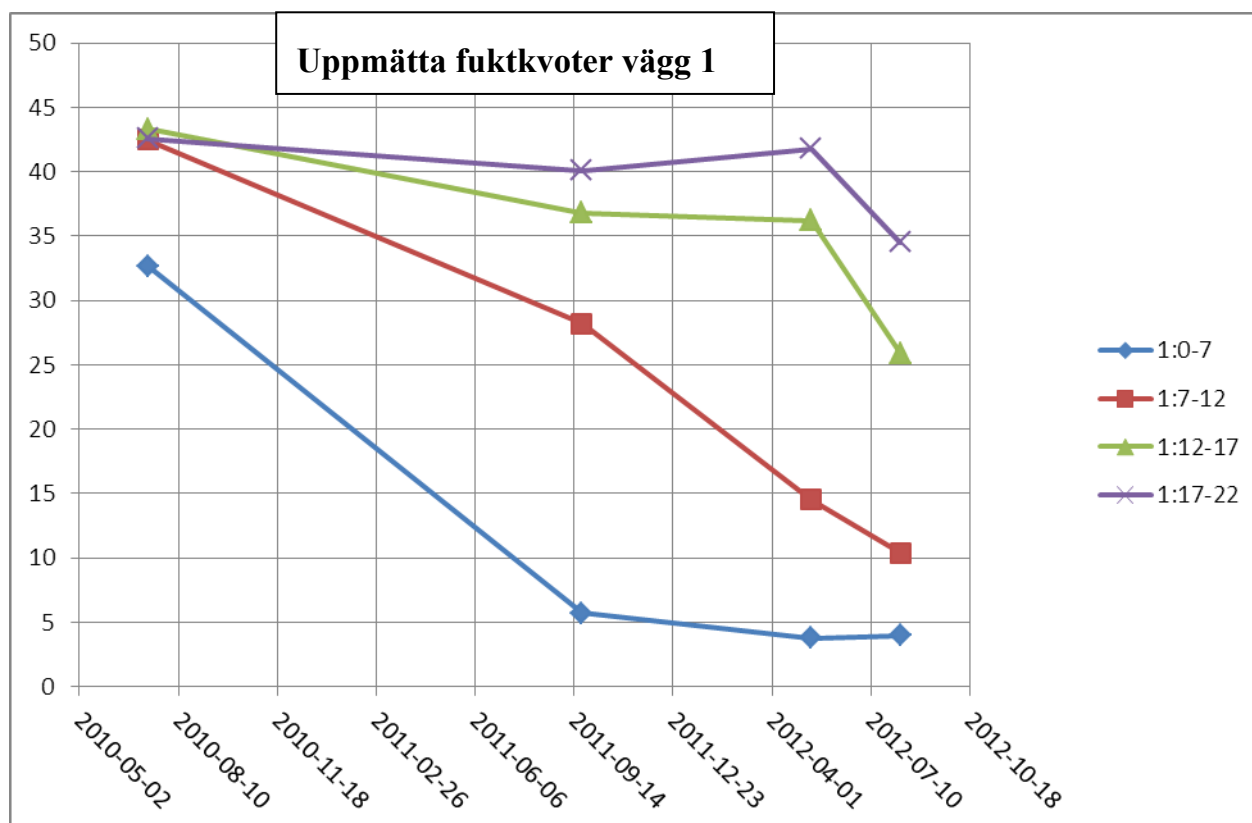


FIG 6.17. Fuktkvot på olika djup i vägg 1.

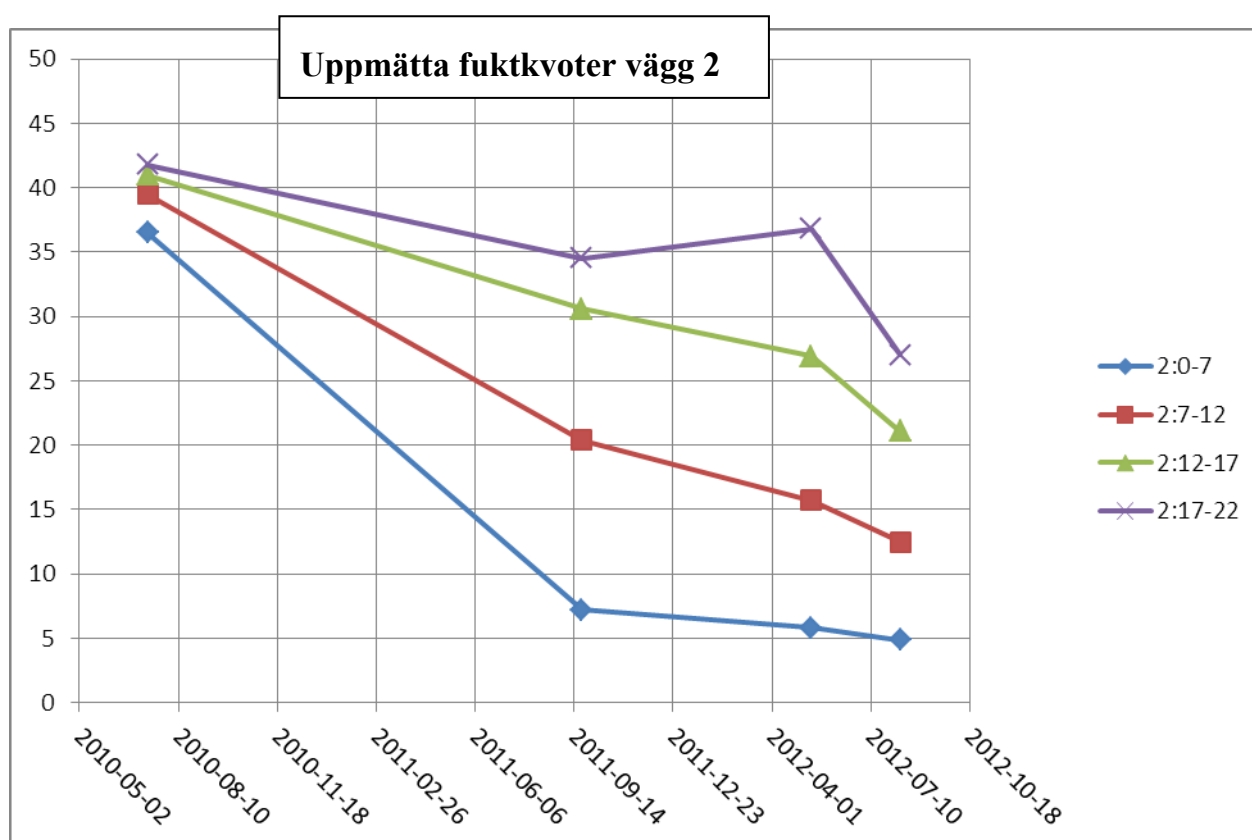


FIG 6.18. Fuktkvot på olika djup i vägg 2.

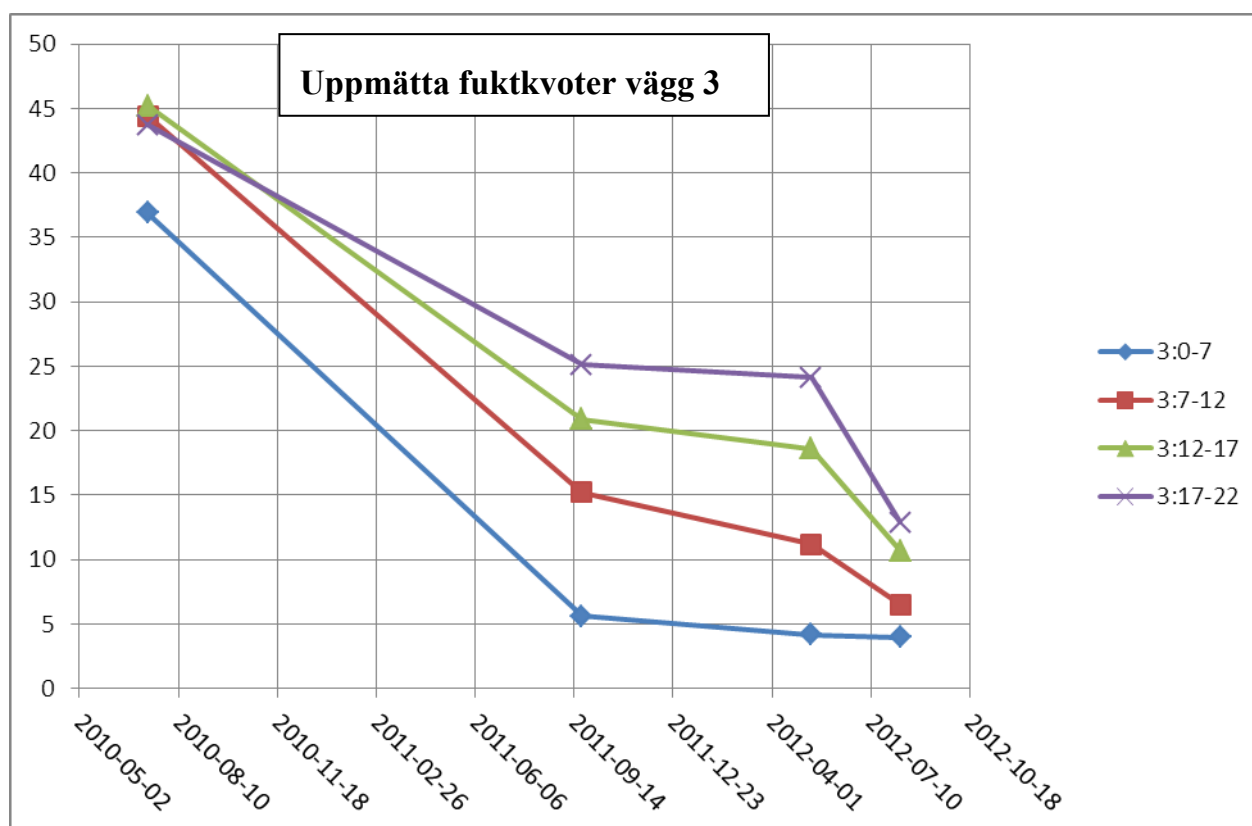


FIG 6.19. Fuktkvot på olika djup i vägg 3.

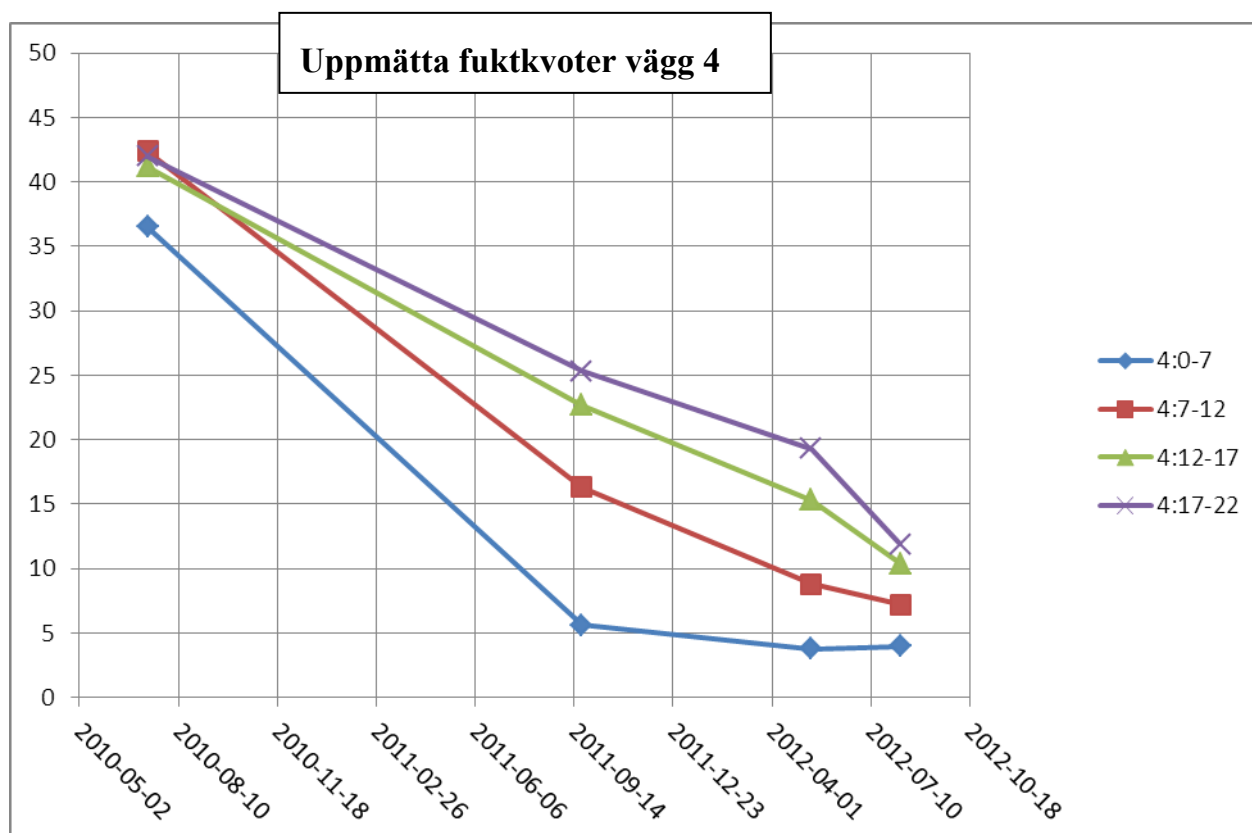


FIG 6.20. Fuktkvot på olika djup i vägg 4.

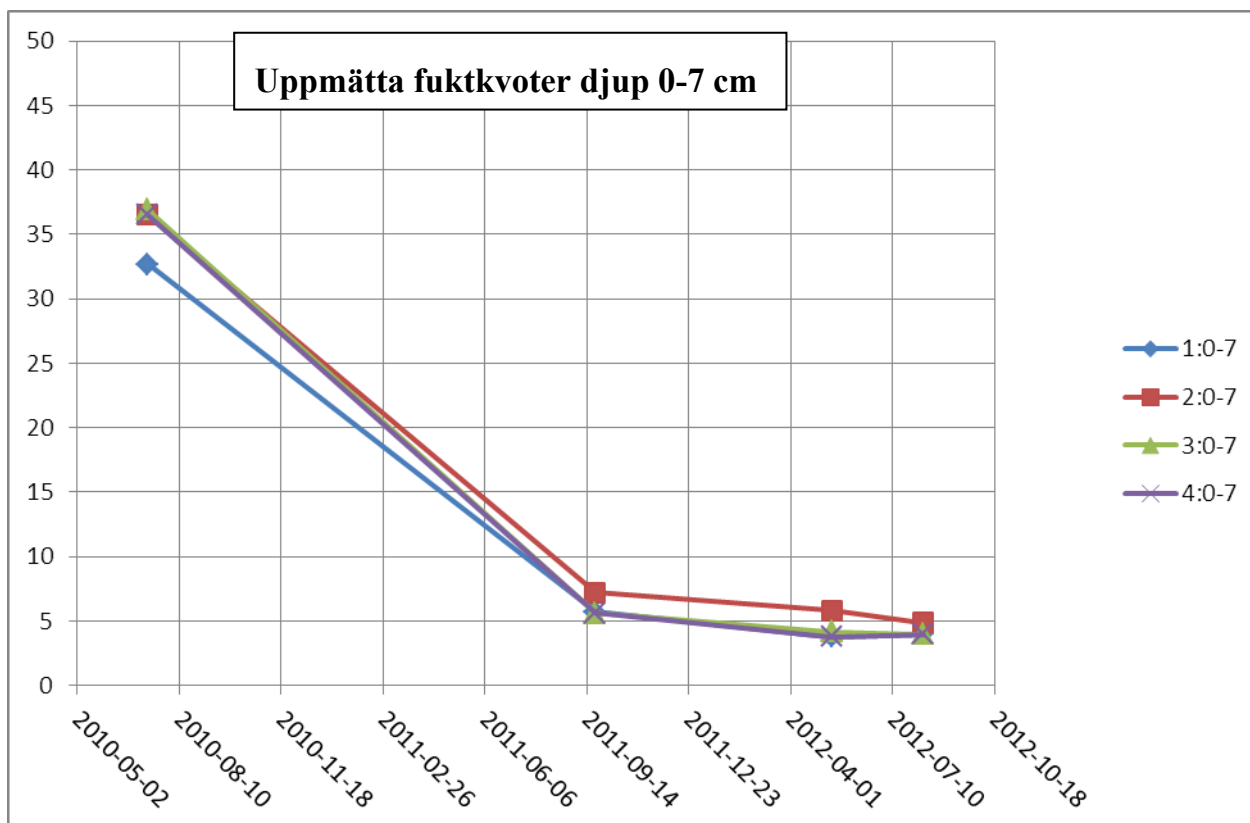


FIG 6.21. Fuktkvot på djupet 0-70 mm i de olika väggarna.

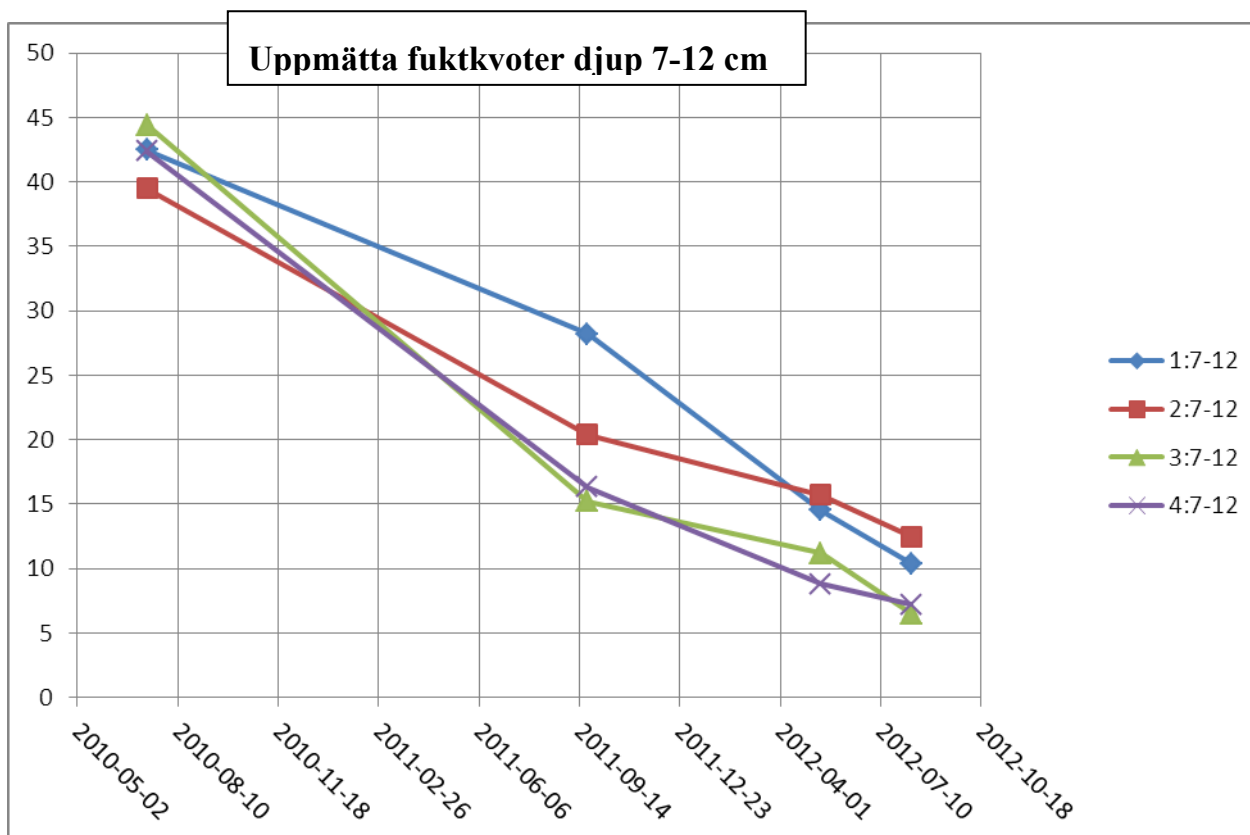


FIG 6.22. Fuktkvot på djupet 70-120 mm i de olika väggarna.

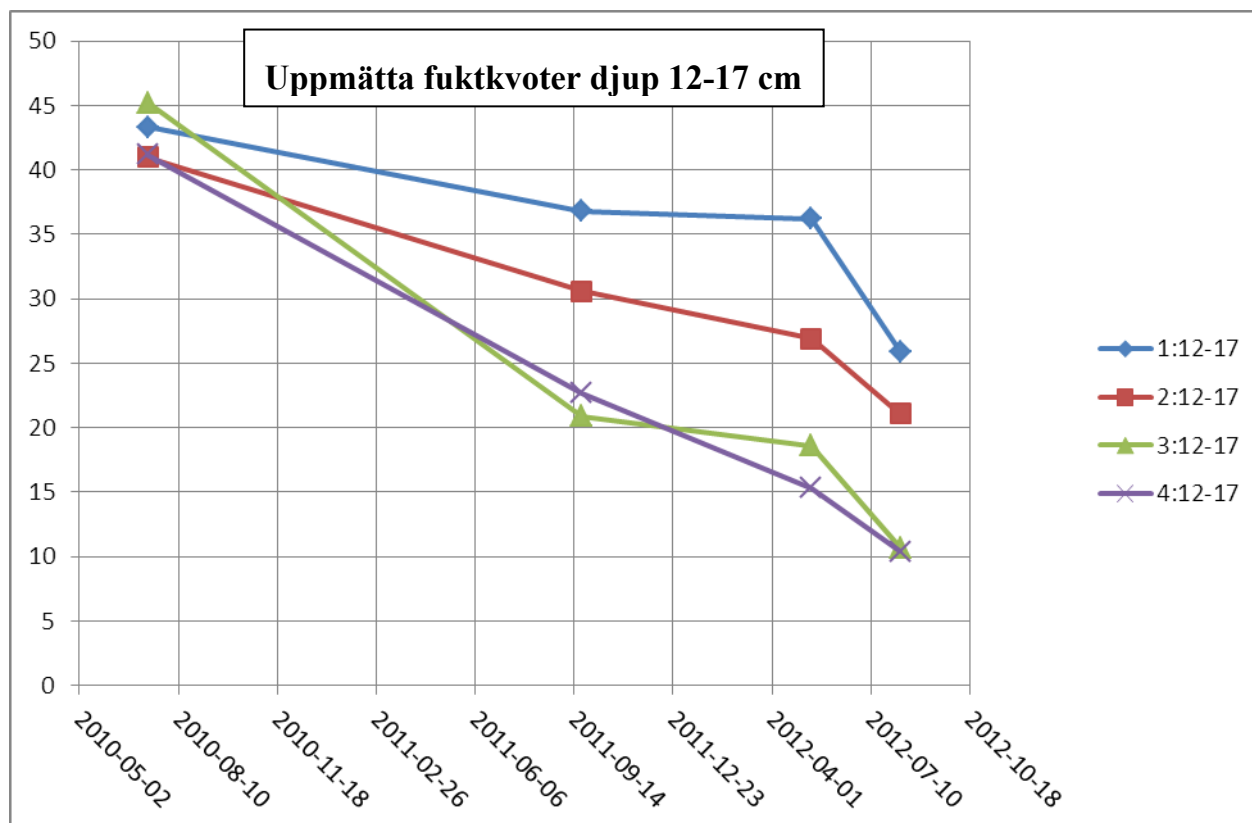


FIG 6.23. Fuktkvot på djupet 120-170 mm i de olika väggarna.

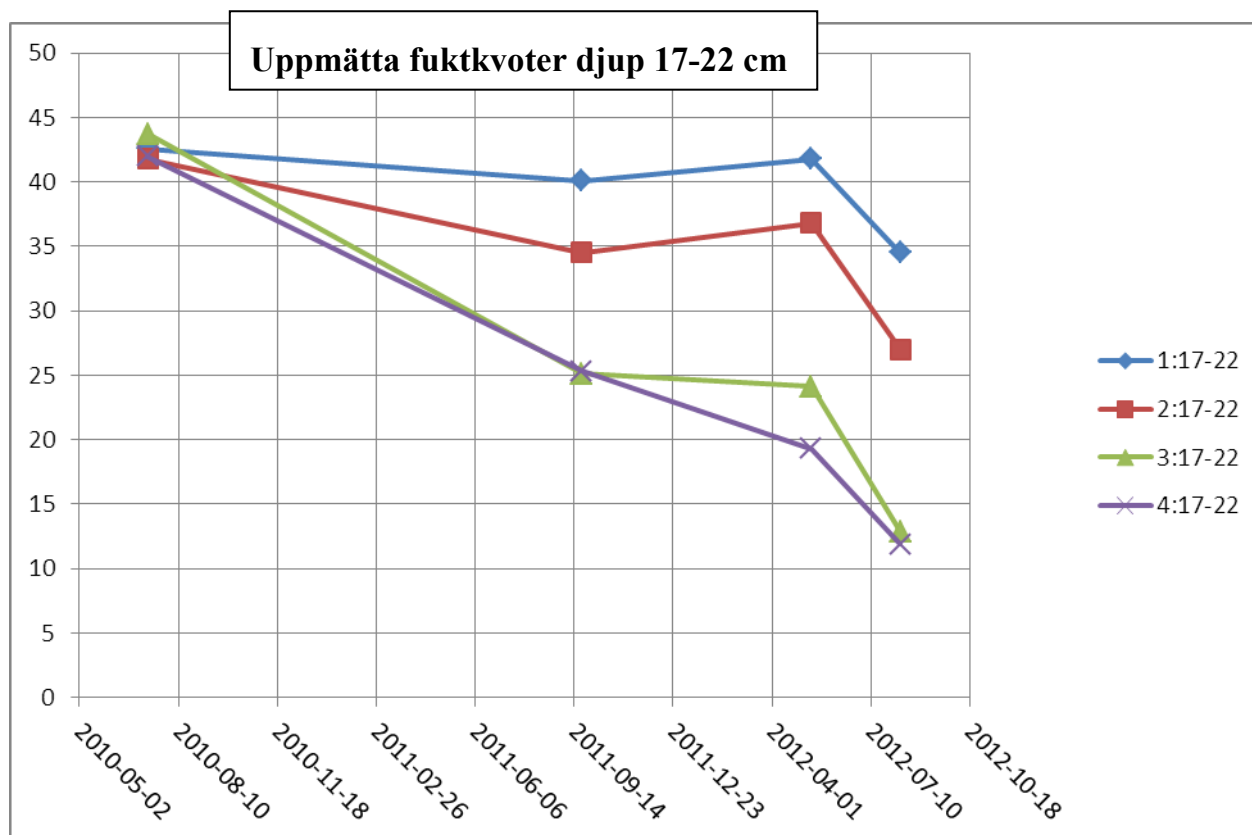


FIG 6.24. Fuktkvot på djupet 170-220 mm i de olika väggarna.

6.3. Temperaturmätningar

Temperaturmätningarna har främst gjorts för att korrigera de relativa fuktmätningarna och redovisas inte helt och hållet. Intressant är dock yttemperaturen på insidan. I FIG 6.25-26 redovisas två exempel på hur yttemperaturen varierar under några intressanta dygn.

FIG 2.25 avser en kall vinterperiod. Uttemperaturen var under perioden mellan noll och 5 minusgrader.

FIG 5.26 avser en varm och solig sommarperiod.

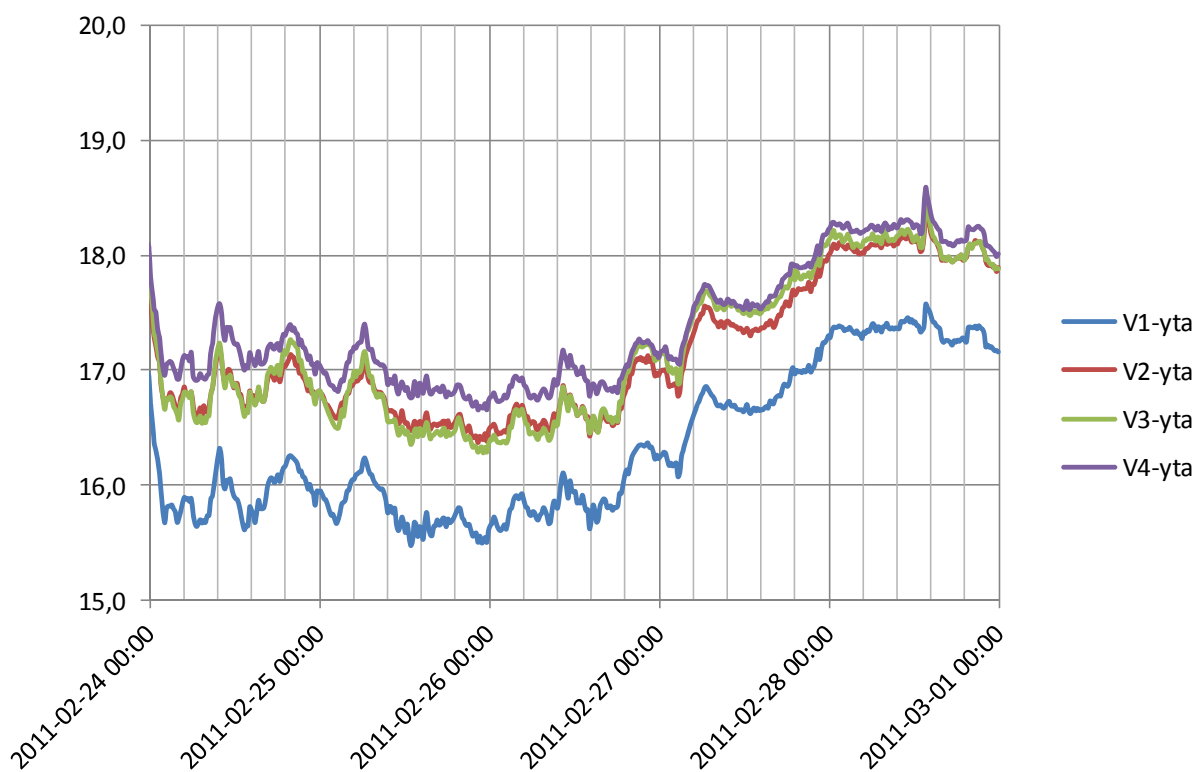


FIG 6.25. Yttemperatur på insidan under en vinterperiod.

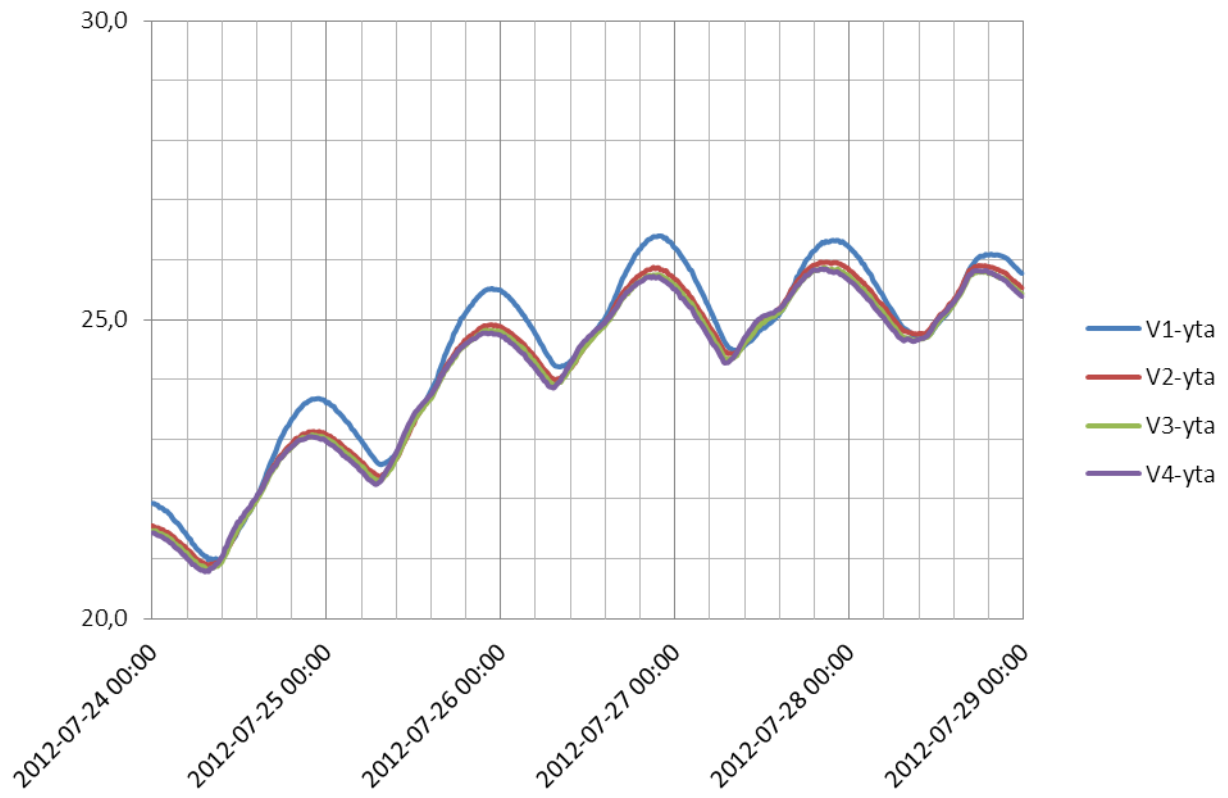


FIG 6.26. Yttertemperatur på insidan under en sommarperiod.

7 BERÄKNINGAR

I samband med att projektet startades gjordes teoretiska beräkningar av det förväntade uttorkningsförloppet med hjälp av det kommersiella datorprogrammet WUFI. Alla beräkningar är gjorda av Carl-Magnus Capener. Vid dessa beräkningar användes de materialdata som finns inlagda i beräkningsprogrammet. Resultatet av dessa beräkningar redovisas i FIG 7.1-7.8. FIG 7.1-7.4 avser fukthalterna på olika djup i en viss vägg. FIG 7.5-7.8 avser fukthalterna på visst djup i de olika väggarna.

Ovanstående beräkningar är en standardmetod för att uppskatta förväntade fukt-tillstånd. En stor svaghet med metoden är att materialdata är mer eller mindre gissade. För att se beräkningsutfallet med verkliga materialdata gjordes i efterhand en ny beräkning med materialdata som vi själva bestämt på de använda materialen. Den nya beräkningen redovisas i FIG 7.9-7.16.

Vid båda beräkningarna har klimatdata hämtats från standarverk gällande Lund. Det är alltså inte verkliga klimatdata för den aktuella perioden.

Som framgår är skillnaden mellan de båda beräkningarna inte speciellt stor. Det principiella förloppet är identiskt. Den väsentliga skillnaden är att slutvärdena på fukttillstånden ligger lägre i den första beräkningen. Detta förklaras med att jämviktsfuktkvoten vid viss RF är lägre i standarddata enligt programmet jämfört med den verkliga jämviktsfuktkvoten enligt de egna mätningarna. Detta saknar dock praktisk betydelse.

Referensvägg

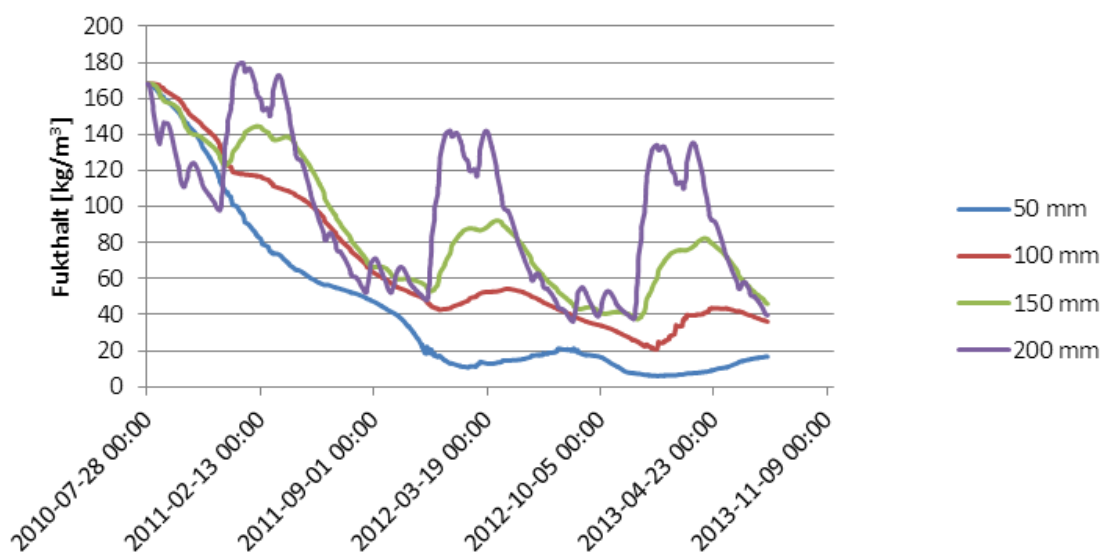


FIG 7.1. Beräknad fukthalt med standarddata på olika djup i vägg 1.

Classic-fasad

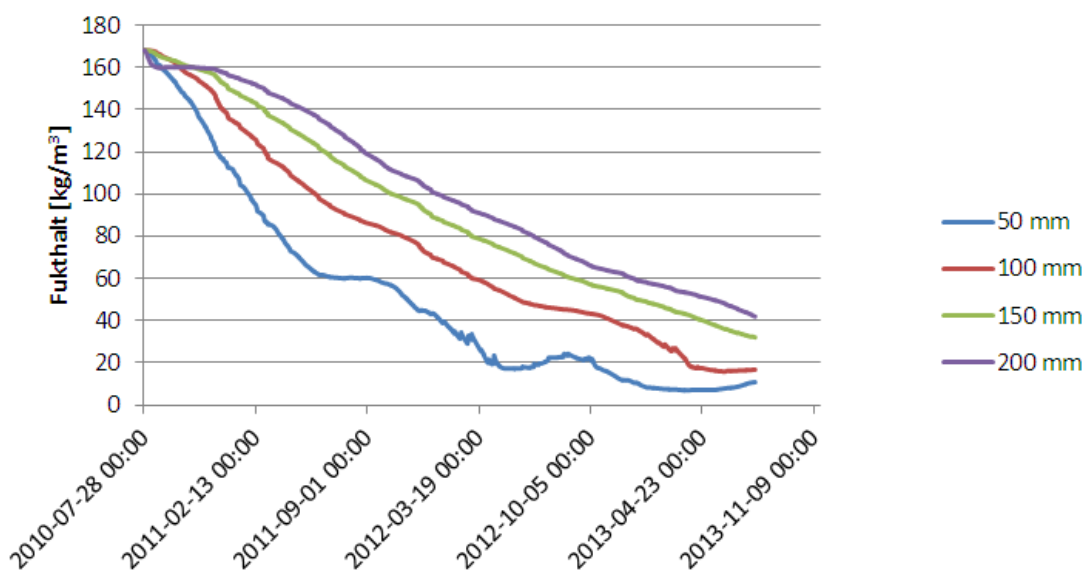


FIG 7.2. Beräknad fukthalt med standarddata på olika djup i vägg 2.

Serporoc-fasad

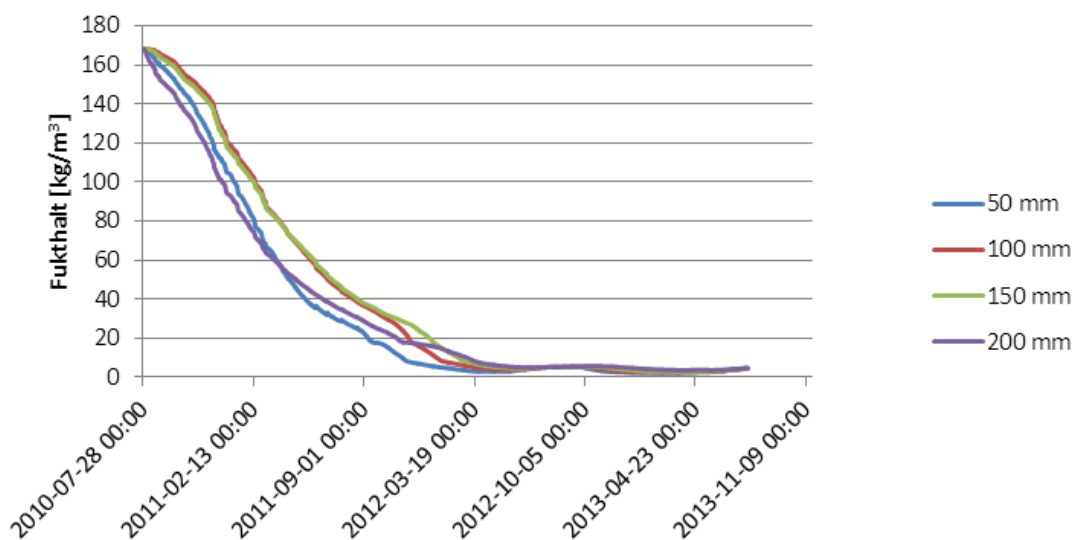


FIG 7.3. Beräknad fukthalt med standarddata på olika djup i vägg 3.

Ventilerad-fasad

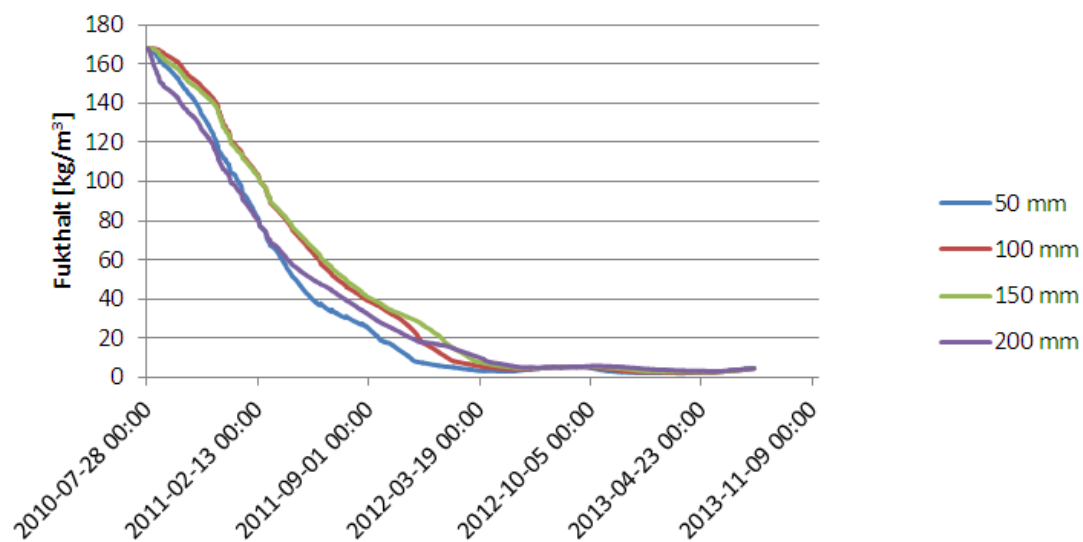


FIG 7.4. Beräknad fukthalt med standarddata på olika djup i vägg 4.

50 mm

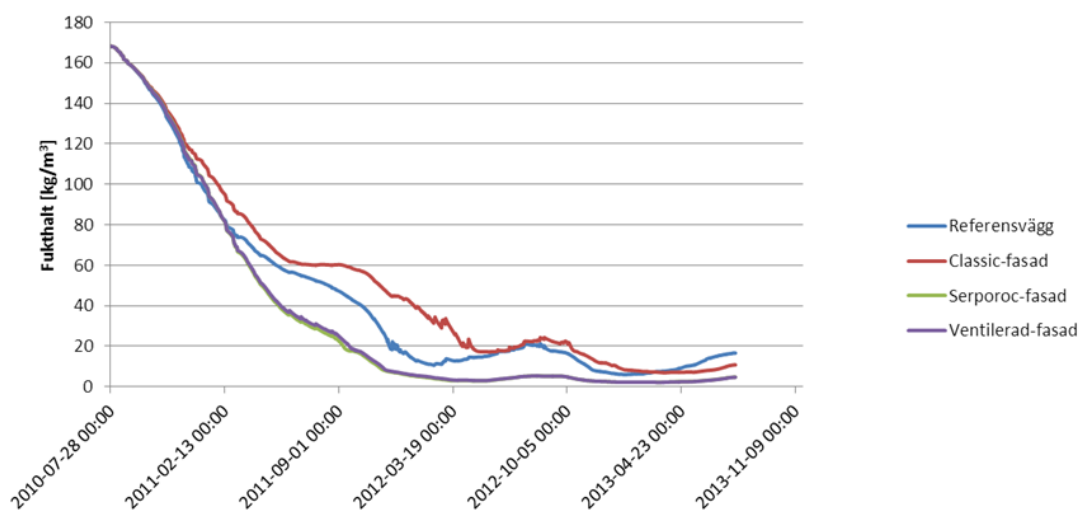


FIG 7.5. Beräknad fukthalt med standarddata på djupet 50 mm i de olika väggarna.

100 mm

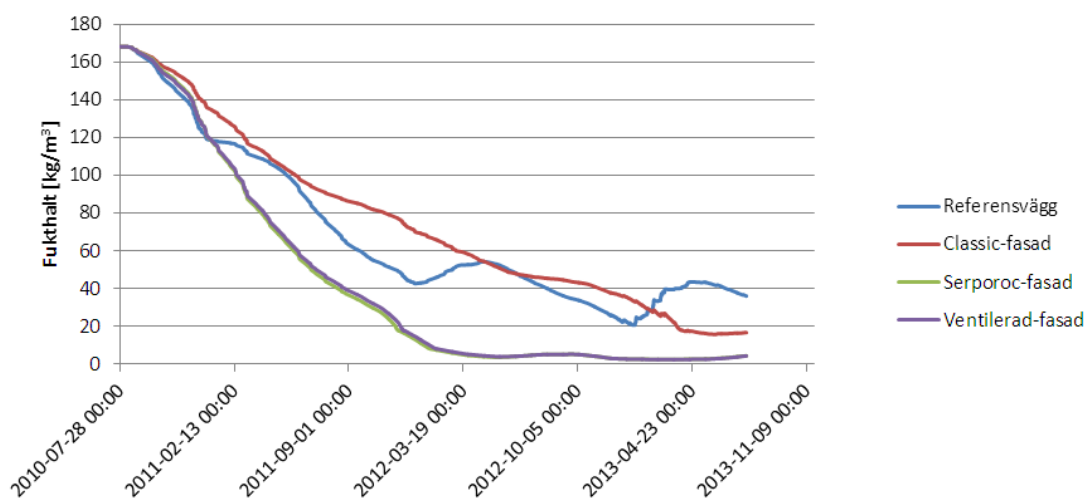


FIG 7.6. Beräknad fukthalt med standarddata på djupet 100 mm i de olika väggarna.

150 mm

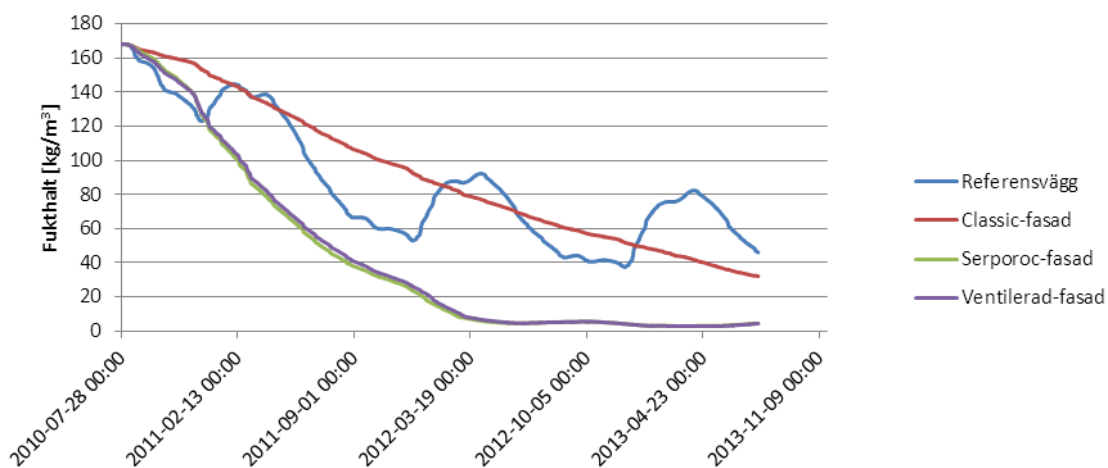


FIG 7.7. Beräknad fukthalt med standarddata på djupet 150 mm i de olika väggarna.

200 mm

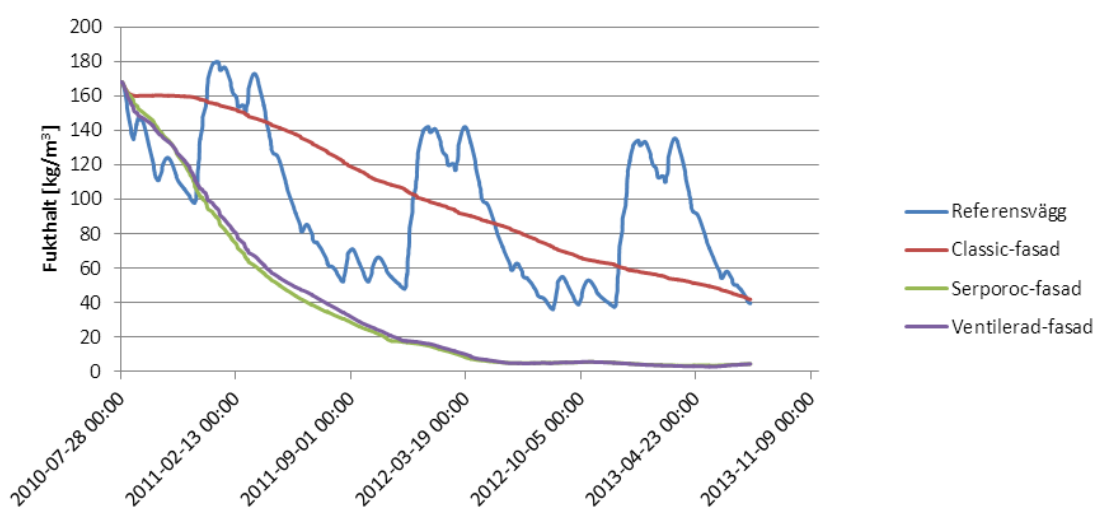


FIG 7.8. Beräknad fukthalt med standarddata på djupet 200 mm i de olika väggarna.

Referensvägg

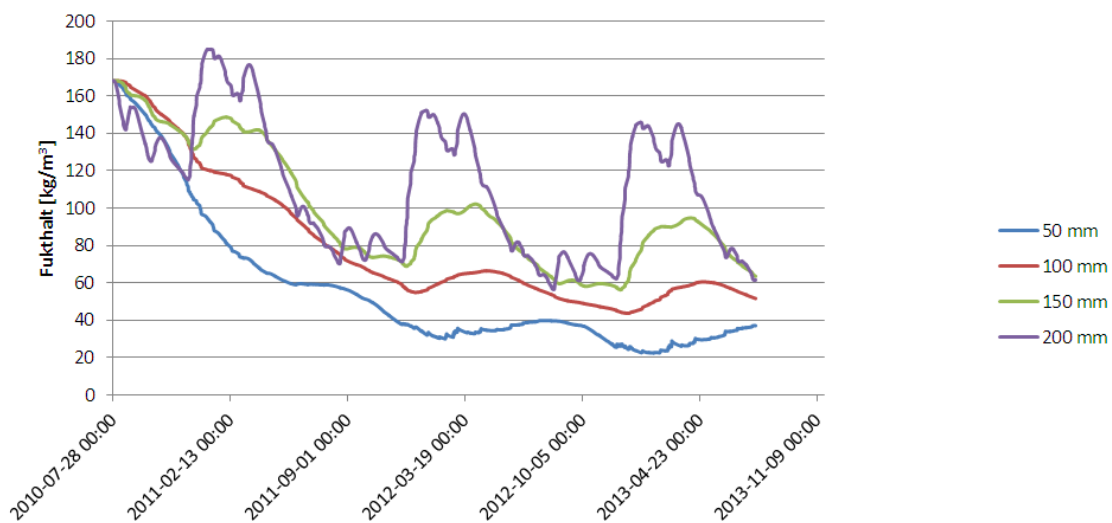


FIG 7.9. Beräknad fukthalt med uppmätta data på olika djup i vägg 1.

Classic-fasad

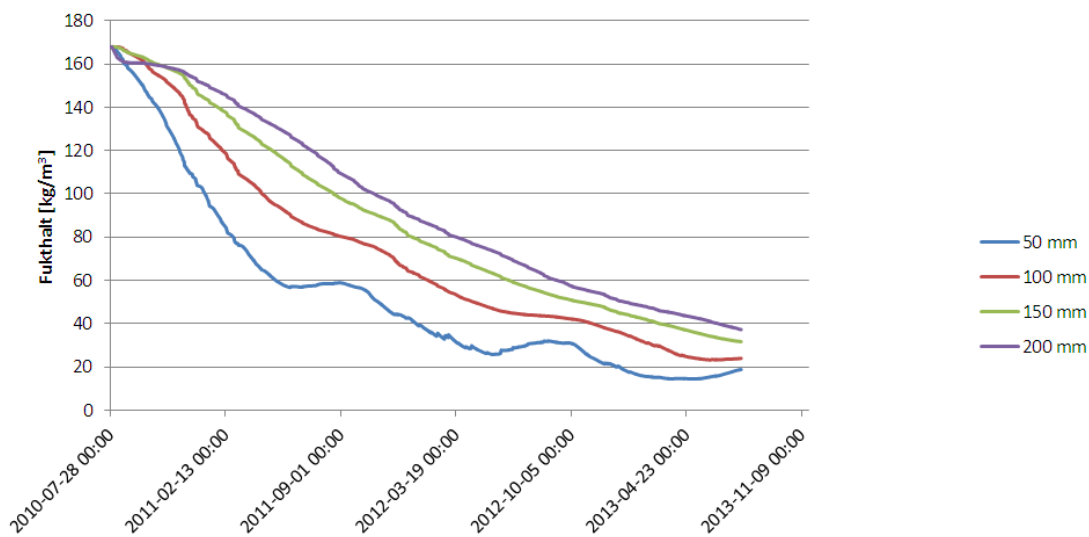


FIG 7.10. Beräknad fukthalt med uppmätta data på olika djup i vägg 2.

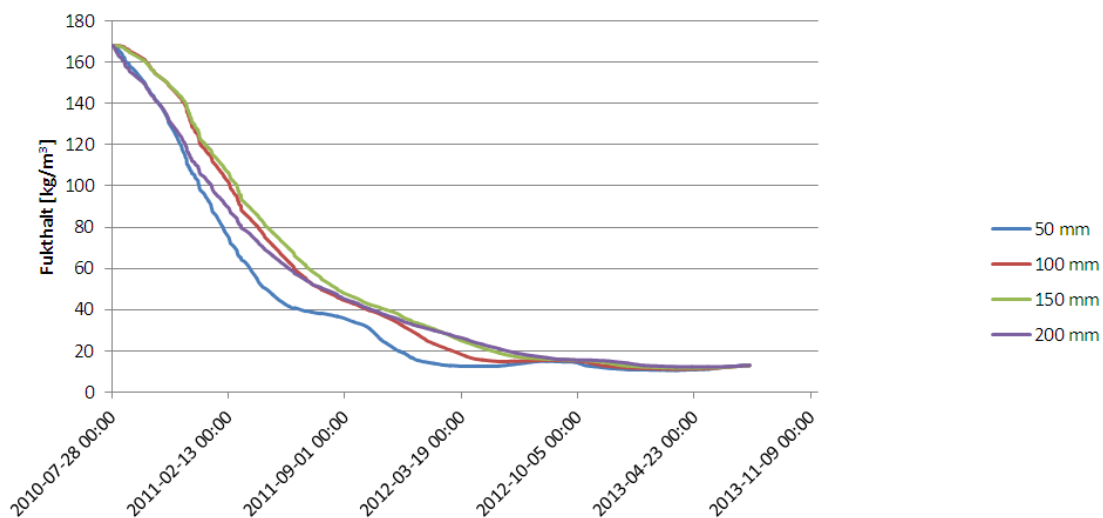
Serporoc-fasad

FIG 7.11. Beräknad fukthalt med uppmätta data på olika djup i vägg 3.

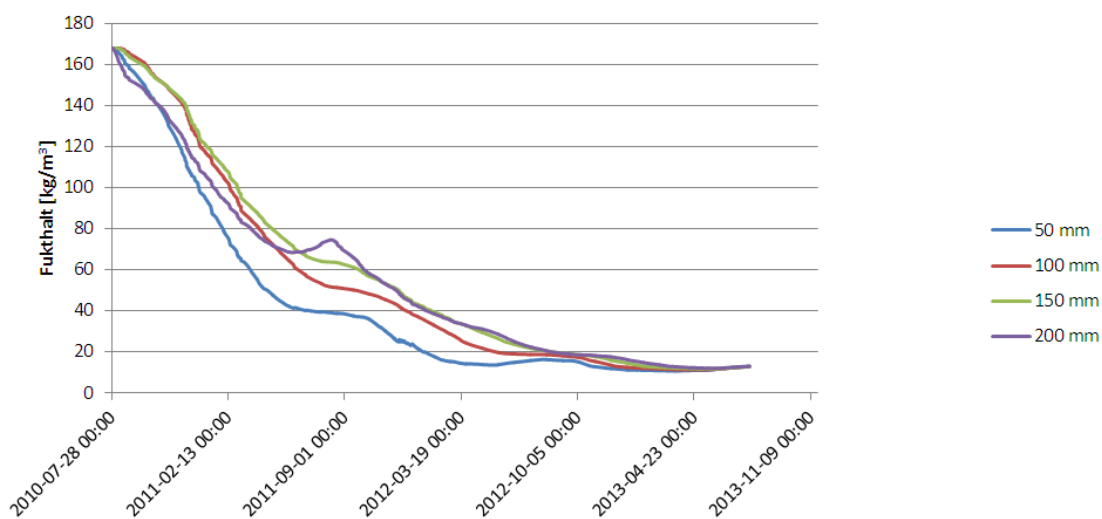
Ventilerad-fasad

FIG 7.12. Beräknad fukthalt med uppmätta data på olika djup i vägg 4.

50 mm

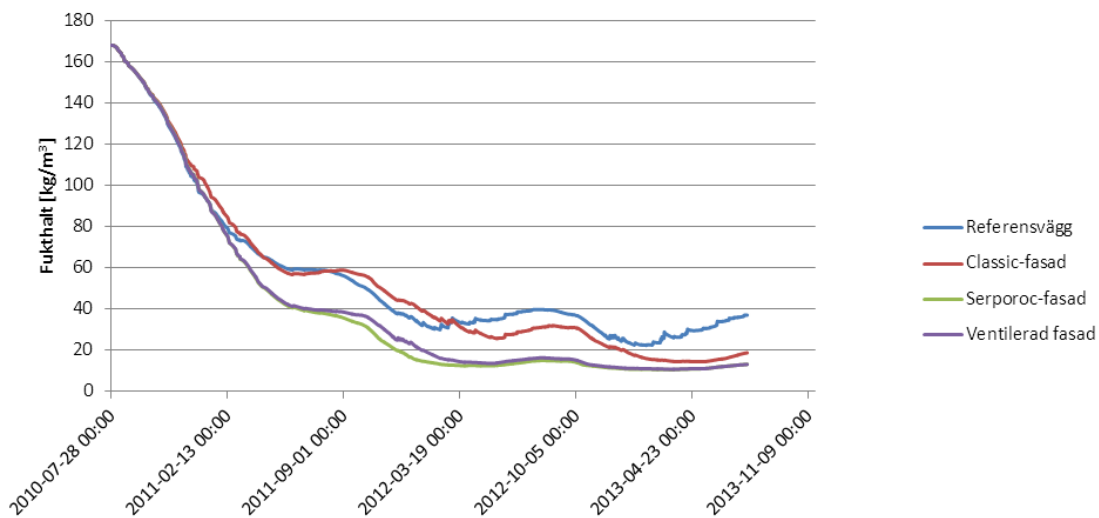


FIG 7.13. Beräknad fukthalt med uppmätta data på djupet 50 mm i de olika väggarna.

100 mm

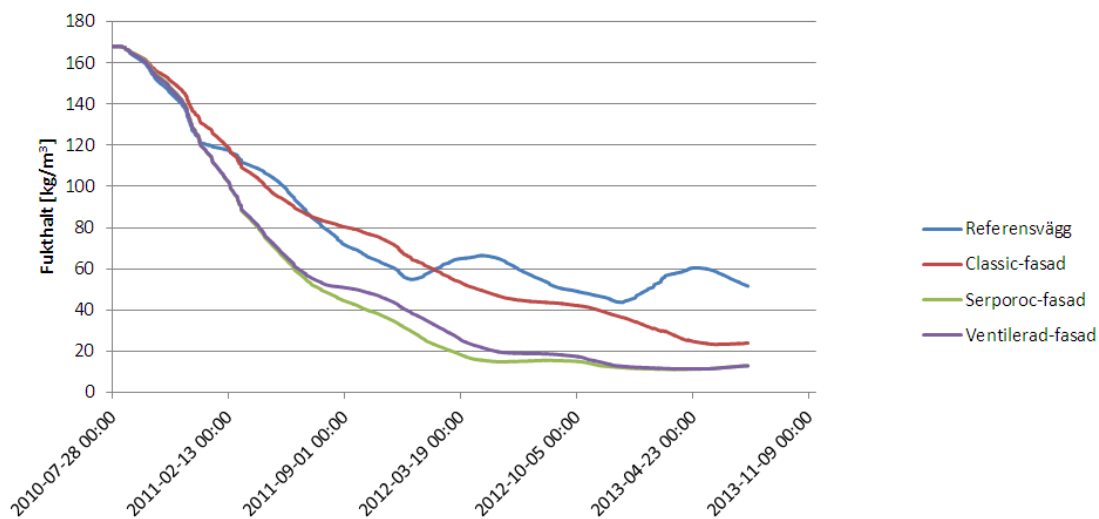


FIG 7.14. Beräknad fukthalt med uppmätta data på djupet 100 mm i de olika väggarna.

150 mm

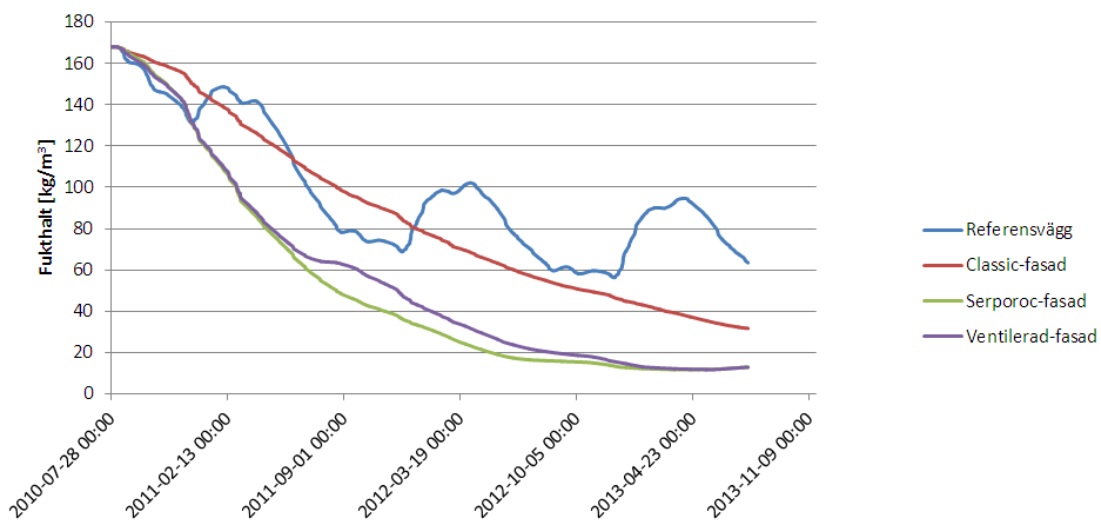


FIG 7.15. Beräknad fukthalt med uppmätta data på djupet 150 mm i de olika väggarna.

200 mm

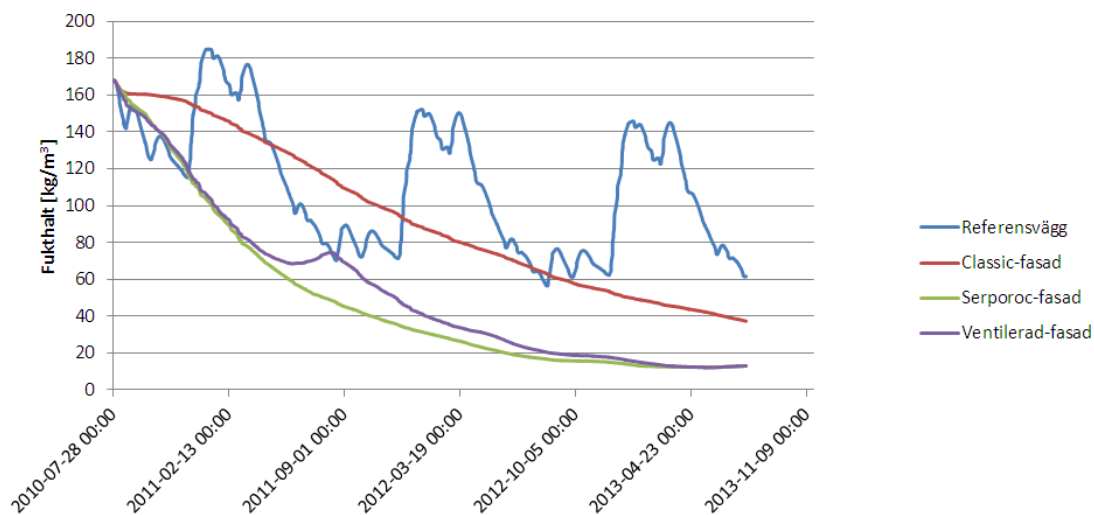


FIG 7.16. Beräknad fukthalt med uppmätta data på djupet 200 mm i de olika väggarna.

8 KOMMENTARER OCH SLUTSATSER

8.1 Fuktförhållanden

De verkliga fuktkvoterna kan endast utläsas i FIG 6.17-24. Dessa figurer visar dock endast förhållandena vid enstaka tidpunkter. För att se vad som händer mellan dessa tidpunkter är FIG 6.1-16 användbara. Observera dock att de senare figurerna endast ger ett relativt mått.

FIF 6.17-24 visar mycket tydligt hur fukttillstånden skiljer sig åt mellan de olika väggarna. **De innersta 0-70 mm** är identiska i alla väggarna. Uttorkningen går här snabbt genom uttorkning inåt. Redan efter 1 år är denna del torr, vilket motsvarar en fuktkvot cirka 5 vikts-%.

På djupet 70-120 mm följs vägg 3 och 4 åt relativt väl och kan anses vara torra efter cirka 2 år. Vägg 1 och 2 torkar något långsammare. Genom extrapolering kan uttorkningstiden här uppskattas till cirka 3 år.

På djupen 120-170 mm respektive 170-220 mm blir skillnaderna mer dramatiska. Vägg 3 och 4 följs fortfarande åt. Uttorkningstiden är längre än på djupet 0-120 mm. Efter 2 år är fuktkvoten 10-12 vikts-%. Genom extrapolering kan uttorkningstiden för vägg 3 och 4 på djupet 120-220 mm uppskattas till cirka 3 år. Vägg 1 och 2 torkar dock mycket långsammare. Vägg 2 torkar sakta men säkert. Genom extrapolering kan uttorkningstiden på djupen 120-170 mm respektive 170-220 mm uppskattas till 4 respektive 5-6 år. Vägg 1 torkar över huvud taget inte alls på djupet 170-220 mm. Under sommaren sker en viss uttorkning men under hösten/vintern sker uppfuktning igen på grund av slagregn. På djupet 120-170 mm finns en tendens till en långsam uttorkning av vägg 1. En extrapolering är mycket osäker. Varierande slagregn kan medföra stora förändringar. Om det under en höst/vinter förekommer extremt mycket slagregn kan väggen mycket väl få ett mycket högt fukttinnehåll, med åtföljande mycket lång uttorkningstid. Att ange någon uttorkningstid är inte möjligt. Sannolikt kommer den aldrig att torka ut.

Sammanfattningsvis kan konstateras att vägg 3 och 4 torkat ut på samma sätt och är helt torra efter cirka 3 år. Vägg 2 torkar långsammare och kan förväntas vara helt torr efter 5-6 år. Vägg 1 kommer aldrig att torka ut.

Ovanstående skillnader får konsekvenser med avseende på väggarnas värmeisoleringsförmåga. Detta kommenteras i avsnitt 8.3.

En jämförelse av väggarnas verkliga fukttinnehåll med de beräknade fukttinnehållen är intressant. I TAB 8.1-4 redovisas beräknade respektive uppmätta fuktkvoter för de tidpunkter då exakta fuktkvoter bestämts.

Vägg 1 visar dålig överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta fuktkvoter på alla mätdjupen. På djupet 50 mm är de beräknade fuktkvoterna mer än dubbelt så höga som de uppmätta. På djupen 150 och 200 mm är det tvärtom. De beräknade fuktkvoterna är genomgående mycket lägre än de uppmätta. Att man inte skulle få någon total överensstämmelse är inget anmärkningsvärt, bland annat beroende på att verkliga klimatdata, främst slagregn, inte använts vid beräkningarna.

Däremot är det anmärkningsvärt att de beräknade fuktkvoterna i inre delen är väsentligt högre än de uppmätta och att det i den yttre delen är tvärtom.

Övriga väggar visar god överensstämmelse på djupet 50 mm.

I **vägg 3 och 4** är de beräknade värdena något lägre än de uppmätta på djupen 150 och 200 mm. I vägg 3 är de beräknade värdena ungefär hälften av de uppmätta. I vägg 4 är skillnaden ännu större.

Ett annat sätt att jämföra beräkningen med mätningen är att jämföra uppskattade tider tills väggarna kan anses torra. Detta är inte intressant för vägg 1 eftersom den aldrig kommer att torka. För de övriga väggarna erhålls följande resultat:

| <i>Vägg</i> | <i>Uttorkningstid enligt beräkning</i> | <i>Uttorkningstid enligt mätning</i> |
|-------------|--|--------------------------------------|
| 2 | 3-4 år | 5-6 år |
| 3 | 2 år | 3 år |
| 4 | 2-3 år | 3 år |

Det ska betonas att uppskattningen av uttorkningstiderna är mycket grova. Generellt är överensstämmelsen hyfsad. Möjligen kan man påstå att beräkningarna underskattar uttorkningstiden något. Detta har dock ingen större praktisk betydelse.

TAB 8.1. Beräknade respektive uppmätta fuktkvoter (vikts-%) i vägg 1 vid olika tidpunkter. (beräknad/uppmätt)

| Djup (mm) | 50 | 100 | 150 | 200 | medel |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|
| 2010-07-05 | 42/33 | 42/43 | 42/43 | 42/43 | 42/41 |
| 2011-09-22 | 14/6 | 18/28 | 20/37 | 20/40 | 18/28 |
| 2012-05-11 | 9/4 | 17/15 | 23/36 | 25/42 | 19/24 |
| 2012-08-09 | 10/4 | 13/10 | 15/26 | 19/35 | 14/19 |

TAB 8.2. Beräknade respektive uppmätta fuktkvoter (vikts-%) i vägg 2 vid olika tidpunkter. (beräknad/uppmätt)

| Djup (mm) | 50 | 100 | 150 | 200 | medel |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|
| 2010-07-05 | 42/xx | 42/39 | 42/41 | 42/42 | 42/xx |
| 2011-09-22 | 15/7 | 20/20 | 24/31 | 27/35 | 22/23 |
| 2012-05-11 | 7/6 | 12/16 | 16/27 | 19/37 | 14/22 |
| 2012-08-09 | 8/5 | 11/13 | 13/21 | 15/27 | 12/17 |

TAB 8.3. Beräknade respektive uppmätta fuktkvoter (vikts-%) i vägg 3 vid olika tidpunkter. (beräknad/uppmätt)

| Djup (mm) | 50 | 100 | 150 | 200 | medel |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|
| 2010-07-05 | 42/37 | 42/44 | 42/45 | 42/44 | 42/43 |
| 2011-09-22 | 9/6 | 11/15 | 12/21 | 12/25 | 11/17 |
| 2012-05-11 | 4/4 | 4/11 | 4/19 | 4/24 | 4/15 |
| 2012-08-09 | 4/4 | 4/7 | 4/11 | 4/13 | 4/9 |

TAB 8.4. Beräknade respektive uppmätta fuktkvoter (vikts-%) i vägg 4 vid olika tidpunkter. (beräknad/uppmätt)

| Djup (mm) | 50 | 100 | 150 | 200 | medel |
|------------------|-----------|------------|------------|------------|--------------|
| 2010-07-05 | 42/37 | 42/42 | 42/41 | 42/42 | 42/41 |
| 2011-09-22 | 5/6 | 13/16 | 15/23 | 16/25 | 12/18 |
| 2012-05-11 | 4/4 | 5/9 | 8/15 | 8/19 | 6/12 |
| 2012-08-09 | 4/4 | 5/7 | 5/10 | 5/12 | 5/8 |

8.2 Yttemperatur på insidan

Yttemperaturen på insidan av ytterväggarna har stor betydelse för komfort och energiförbrukning. En låg yttemperatur på insidan under vintern kompenseras ofta genom att man höjer inomhustemperaturen, vilket medför ökande energiförbrukning. Under sommaren är det tvärtom. En hög yttemperatur kan kompenseras genom att kyla inomhusluften.

De tre väggar som tilläggsisolerats har ungefär samma yttemperatur på insidan. Den icke tilläggsisolerade väggen har under vintern ungefär 1 grad lägre yttemperatur. På sommaren har denna vägg en yttemperatur som är cirka en grad högre än de tilläggsisolerade väggarna.

Konsekvenserna av detta kommenteras ytterligare i avsnitt 8.3.

8.3 Energibesparing genom tilläggsisolering med de olika alternativen

8.3.1 Allmänt

Energibesparingen vid en tilläggsisolering av en lättbetongvägg består av 4 olika delar, nämligen

- själva tilläggsisoleringen
- minskat fukttinnehåll i lättbetongen medför ett lägre λ -värde
- förhöjd yttemperatur på insidan
- minskad avdunstning från väggen

De olika delarna kommenteras separat i följande avsnitt.

8.3.2 Ökat värmemotstånd beroende på själva tilläggsisoleringen

Applicerar man ytterligare värmeisolering är det självklart att värmemotståndet ökar och därmed mindre energiflöde genom väggen. Enligt lättbetongtillverkaren ska man vid U-värdesberäkningar använda $\lambda=0.100$ W/mK. Detta ger då U-värden för de olika väggarna enligt följande

| | |
|--------|-----------------------------|
| vägg 1 | $U=0.37$ W/m ² K |
| vägg 2 | $U=0.25$ W/m ² K |
| vägg 3 | $U=0.24$ W/m ² K |
| vägg 4 | $U=0.25$ W/m ² K |

Tilläggsisoleringen medför alltså att energiflödet minskar med cirka 30-35 % efter en tilläggsisolering med 45-50 mm isolering. Härvid har man inte tagit hänsyn till att lättbetongen utan värmeisolering är blöt. Man överskattar därför lättbetongens värmemotstånd och därmed underskattas energiflödet i denna vägg. Jämförelsen är därför inte relevant. Den verkliga energibesparingen vid en tilläggsisolering blir alltså större enligt nästa avsnitt.

8.3.3 Ökat värmemotstånd beroende på att lättbetongen blir torr efter tilläggsisoleringen

Beräkningen av U-värdet för den icke tilläggsisolerade väggen enligt avsnitt 8.3.2 är gjord på ”traditionellt sätt”. För att få en mer realistisk beräkning måste man ta hänsyn till att väggen i fortvarighetstillstånd är relativt blöt. Med utgångspunkt från utförda mätningar kan man grovt approximera fuktkvoten i den yttre halvan till 30 vikts-% och i den inre halvan 7 vikts-%.

λ -värdets fuktberoende varierar enligt olika källor. Här väljs ett ”medelvärde” $\Delta\lambda=0.004$ W/mK per vikts-% fuktkvot. λ för helt torr lättbetong har valts till 0.09 W/mK.

Med ovanstående antaganden blir U-värdet för den icke tilläggsisolerade väggen $U=0.55$ W/m²K. Fukten i lättbetongen medför alltså att värmeflödet i verkligheten ökar med cirka 50 % jämfört med en traditionell beräkning.

Tar man hänsyn till fukten kommer energiflödet att minska med cirka 50 % efter en tilläggsisolering med 45-50 mm isolering.

Det ska påpekas att angivna siffror inte får uppfattas som generella. De gäller endast de aktuella provväggarna i Lund under aktuell period. Annan orientering, annat läge i Sverige och annan konstruktion ger andra siffror.

8.3.4 Inverkan av förhöjd ytemperatur på insidan

Enligt utförda mätningar höjs ytemperaturen under vintern på insidan med cirka 1 grad efter tilläggsisoleringen. Förutom den förbättrade komforten kan man sänka inomhustemperaturen utan att detta upplevs som negativt. Hur mycket man sänka temperaturen beror på ett antal faktorer. Att sammantaget ange en siffra är omöjligt. I extremfall, till exempel ett rum med flera ytterväggar, torde man kunna sänka temperaturen med upp till en grad efter en tilläggsisolering med cirka 50 mm isolering. Vid en utetemperatur kring noll grader medför detta en energibesparing med cirka 5 %.

8.3.5 Inverkan av avdunstning från väggen

Allt regnvatten som väggen absorberar ska avdunsta. För detta krävs energi och en del av denna energi tas inifrån, vilket medför en ökning av energiförbrukningen. Avdunstningen sker främst under den varma årstiden och påverkar då inte byggnadens energiförbrukning. En viss del sker dock under den kalla årstiden. Hur mycket detta medför med tanke på energiförbrukningen är svårt att ange. Jämfört med tidigare angivna siffror på energiförbrukningen torde denna del vara av mindre betydelse.

8.3.6 Sammanfattande bedömning

En traditionell beräkning av hur mycket energiflödet minskar efter 50 mm tilläggsisolering ger resultatet cirka 30 %. Tar man hänsyn även till andra gynnsamma effekter så blir denna siffra i stort sett dubbelt så stor.

Det måste dock påpekas att detta gäller för aktuella väggar lokaliserade i Lund mot söder. Andra lokaliseringar och väderstreck ger andra siffror. Det kan bli både större och mindre minskning av energiflödet.