

Tillståndsbedömning av naturligt åldrade byggnadskomponenter inför energieffektiviserande åtgärder – en förstudie med fält- och laboratorieundersökningar

Jesper Arfvidsson
Hans Bagge
Lars-Erik Harderup
Dennis Johansson
Johan Stein
Petter Wallentén



Tillståndsbedömning av naturligt
åldrade byggnadskomponenter
inför energieffektiviserande åtgärder
– en förstudie med fält-
och laboratorieundersökningar

Jesper Arfvidsson
Hans Bagge
Lars-Erik Harderup
Dennis Johansson
Johan Stein
Petter Wallentén

ISRN LUTVDG/TVBH--11/7234--SE(21)

Avdelningen för Byggnadsfysik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

Förord

I föreliggande rapport presenteras erfarenheter och resultat från en första förstudie i samband med den flytten av delar av Kiruna och Malmberget. Arbetet har genomförts som ett samarbete mellan NCC, FAB (Fastighets AB Malmfälten) och Byggnadsfysik och Installationsteknik, LTH och har ett fokus på energieffektivitet, fuktsäkerhet samt inomhusmiljö.

Vi vill rikta ett speciellt tack till FAB:s och NCC:s personal och underentreprenörer (svetsarna från Conmine AB) på plats.

Ett tack också till Konstruktionsteknik, LTH för goda råd vid planering av uttagning och transport av ytterväggar.

Personer som har deltagit i projektet är:

Johan Gustavsson, NCC, Luleå	Projektsamordnare
Lars Gunnar Uusitalo, FAB	Samordnade på FAB
Jesper Arfvidsson, Byggnadsfysik, LTH	Projektledare
Hans Bagge, Byggnadsfysik, LTH	
Lars-Erik Harderup, Byggnadsfysik, LTH	
Dennis Johansson, Installationsteknik, LTH	
Johan Stein, Byggnadsfysik, LTH	
Petter Wallentén, Byggnadsfysik, LTH	

Projektet har finansierats av SBUF, NCC, FAB samt Byggnadsfysik och Installationsteknik, LTH.

Bakgrund

Stora delar av bostadsbeståndet som byggts sedan slutet av 1940-talet, inte minst Miljonprogrammet, är idag i behov av omfattande energiförbättringar och renoveringar. Vid projektering av sådana åtgärder idag utgår ofta antaganden och beräkningar ifrån ursprungliga ritningar och beskrivningar. Materialens och konstruktionernas egenskaper antas, i brist på annan information, vara såsom nya. I praktiken behöver byggnaden inte ens överensstämja med ritningarna. Åldrande, rörelser och normal användning försämrar därtill konstruktionens termiska egenskaper, lufttäthet, fuktskydd och annan byggnadsteknisk prestanda. Osäkerheterna finns alltså inbyggda i konstruktionen och blir dessutom allt större med tiden.

Eftersom det sällan anses finnas möjlighet att studera renoveringsobjektens aktuella status i detalj leder detta till osäkra förutsättningar och därmed osäkra resultat. En god kunskap om en byggnads tillstånd är nödvändig för att kvalitetssäkra slutresultatet vid ombyggnationer. Vid projektering av ombyggnationer, då inga rapporterade eller förmodade skador finns, blir tillståndet hos en antagen "normalbyggnad" ytterst relevant för ett kontrollerat byggförlopp och efterföljande drift och underhåll.

Tillståndet hos byggnaden och dess komponenter är väsentliga utgångspunkter för energi- och fukt-säkerhetsprojektering samt vid bedömning av återstående livslängd. Tidigt i projekteringsfasen måste man fastställa om det är rimligt och lönsamt att inte byta ut vissa konstruktionsdelar. De befintliga komponenterna har ofta okända egenskaper på grund av åldring, okända materialdata, stora variationer från tillverkningen, okänt utförande etc. Dessa faktorer är mycket viktiga vid beräkningar av till exempel fukttillstånd och energianvändning efter tilläggsisolering av en byggnad. Samverkan av dessa faktorer kommer i sin tur dessutom att påverka en renoverad byggnads energianvändning, inomhusmiljö och livslängd.

Idag besiktigas och dokumenteras skadefall. Typiska skador är möten mellan ytterväggar och grund samt ytterväggar och fönster. Tyvärr är dessa rapporter svårtillgängliga och beskriver dessutom en skadesituation och inte normaliteten i byggnadsbeståndet. Även överlåtelsebesiktningar skulle kunna ge en översiktlig bild av byggnaders normaltillstånd men de innefattar endast inspektioner av synliga ytor och är normalt inte tillgängliga. Boverket har nyligen presenterat inledande resultat från BETSI-studien som innehåller besiktningar och vissa mätningar men på grund av studiens art - inga demonterande undersökningar. Tidigare undersökningar av oskadade byggnader har gjorts av ett fåtal småhusgrunder (Örtengren, 1988) men i övrigt är det allmänt tillgängliga materialet av mycket liten omfattning.

Inför detta arbete har det funnits regelbunden kontakt med fastighetsägaren och kommunerna, inkluderande flera möten på plats, sedan augusti 2009. Fastighetsägaren Fastighets AB Malmfälten (FAB) och Byggnadsfysik och Installationsteknik vid LTH har undertecknat en gemensam avsiktsförklaring.

Förutsättningar

Malmbrytningen, som en gång skapade bland annat Kiruna och Malmberget, leder nu till att nya områden måste bebyggas och nya stadsdelar skapas. Stora mängder byggnader kommer att beröras och behöva evakueras för att sedan rivas. I anslutning till att befintlig bebyggelse tas ur bruk har LTH fått tillgång till byggnader där undersökningar kan genomföras innan rivning. Det ger möjligheter att studera hur material och konstruktioner har förändrats över tid samt hur de har påverkats och påverkats av brukarna. För att kunna konstruera framtidens hållbara byggnader är det av stort intresse att studera hur material och konstruktioner förändras över tid. Det planerade huvudprojektet avser att studera byggnader före och efter utflyttning. Undersökningarna fokuserar på områden som påverkar energieffektivitet, fuktsäkerhet och inomhusmiljö. Projektet utförs i samarbete med Fastighets AB Malmfälten och Kiruna bostäder AB som äger och förvaltar ett stort antal av de byggnader som måste rivas.

Projektet inleds med detta förprojekt där bland annat metoder för provning av konstruktionsdelar och byggelement i fält och i laboratorium utvecklas. Det finns till exempel ingen vedertagen metod för provning genom demontering varför en sådan behöver utvecklas. Förstudien innefattar ett begränsat antal småhus i Malmberget och kommer att staka ut framkomliga vägar inför kommande huvudprojekt och ge återkoppling som är värdefull innan huvudprojektet påbörjas. För huvudprojektet finns tillgång till flerbostadsområden i Kiruna. Här sker kartläggning av byggnader och brukare före utflyttning och provning av byggnader efter utflyttning med metoder utvecklade och provade i förstudien.

De förestående evakueringarna i Kiruna och Malmberget ger oss en unik möjlighet, som inte återkommer inom överskådlig framtid, att studera fullt fungerande byggnader i detalj och utan begränsningar.

Syfte

Det övergripande syftet med hela projektet (detta förprojekt och senare huvudprojekt) är att minska osäkerheten vid genomförandet av energiförbättrande åtgärder i befintlig bebyggelse. Detta med avseende på energi, inomhusmiljö och beständighet.

Syftet med förprojektet är att kunna ge:

- En bild av normaltillståndet i ”oskadade” byggnader efter normal åldring som stöd vid projektering av energibesparande åtgärder.
- Metoder för att studera tillståndet hos ytterväggar och anslutande byggnadsdelar vid utökade undersökningar utöver normala besiktningar.
- Effektivare metoder för säker bedömning av en antaget oskadad byggnads faktiska tillstånd.

Avgränsningar

Denna förstudie är begränsad till relativt få fristående enfamiljshus och är att betrakta som en fallstudie.

Val av hus att undersöka

Lämpliga byggnader att studera tillhandahölls i Malmberget i Elevhemsområdet av FAB i samband med utflytt orsakad av gruvdriften. Vid tidigare besök hade en översikt av området gjorts och i samråd med FAB valdes fyra hus ut som lämpliga objekt. Vid fältarbetet valdes sedan två av dessa för uttag av väggelement, en byggnad med skaltegel fasad och en med träfasad (se figur 1 och 2).

Parametrar för urvalet var förutom fasadtyperna bland annat tillgänglighet för transport, störning av grannfastigheter, god allmän byggnadsteknisk status hos byggnaden, allmängiltighet i konstruktionstypen och andra konstruktionsdetaljer.



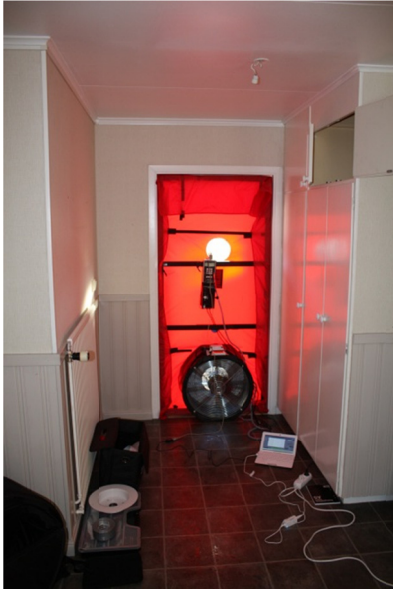
Figur 1. Byggnaden med skaltegelfasad innan uttag av vägg. Fasadriktning är sydsydväst.



Figur 2. Byggnaden med träfasad innan uttag av vägg. Fasadriktningen är västnordväst

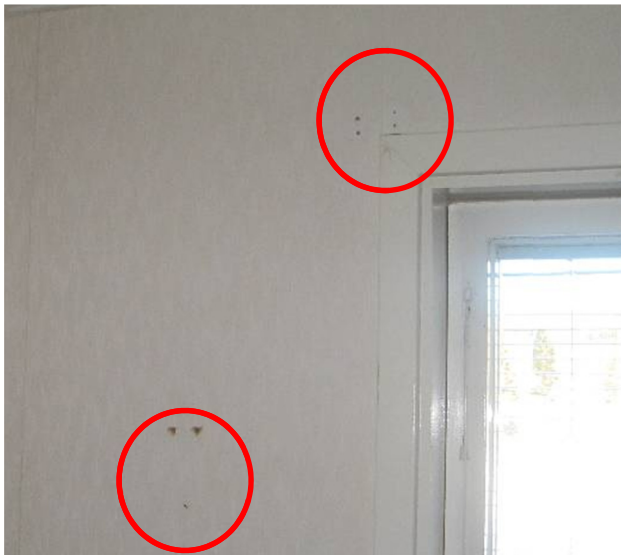
Tryckprovning och termografering

Byggnadens täthet kontrollerades genom tryckprovning med en Blower door, se figur 3. I samband med täthetsprovning utfördes invändig termografering. För att kontrollera hur olika otätheter i klimatskalet påverkade byggnadens täthet genomfördes ett antal tester där identifierade otätheter tätades succesivt.



Figur 3. Blowerdoor-mätning i skaltegelhuset.

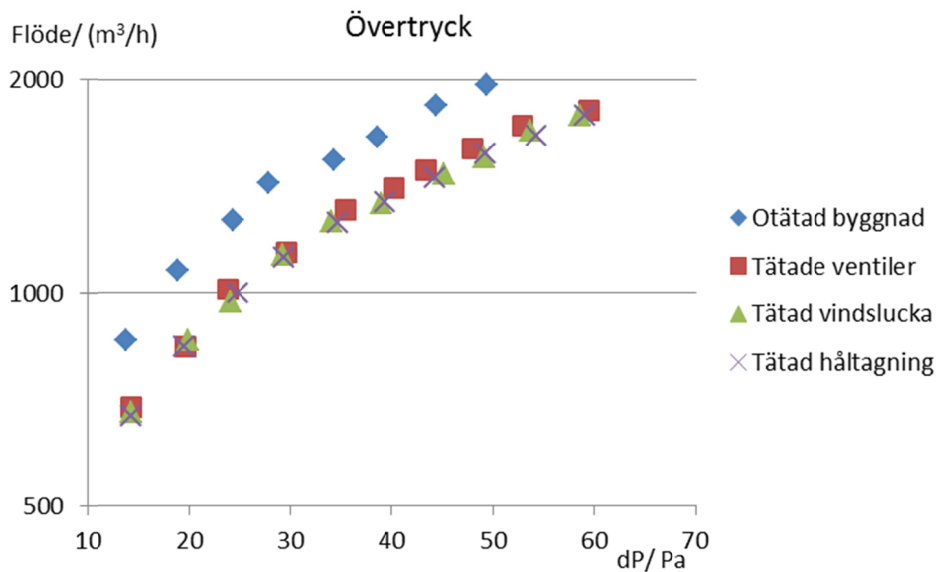
Totalt testades fyra fall där varje fall testades med både övertrycks mätning och undertrycksmätning. Varje över och undertrycksmätning består av tio mätningar vid olika tryckdifferenser mellan inne och ute i steg om 5 Pa mellan 15 Pa och 60 Pa. Byggnaden testades först i befintligt skick med ventiler inställda som de var vid tillträde. Därefter tätades ventiler och öppningar avsedda för ventilation. Detta motsvarar den tätning som normalt görs vid tryckprovningar av byggnader. Ytterligare mätning genomfördes med tätad vindslucka och slutligen tätades alla identifierade spik och skruvhål. Dess hål bedöms typiskt härröra från tavelkrokar och gardinstänger, se Figur 4.



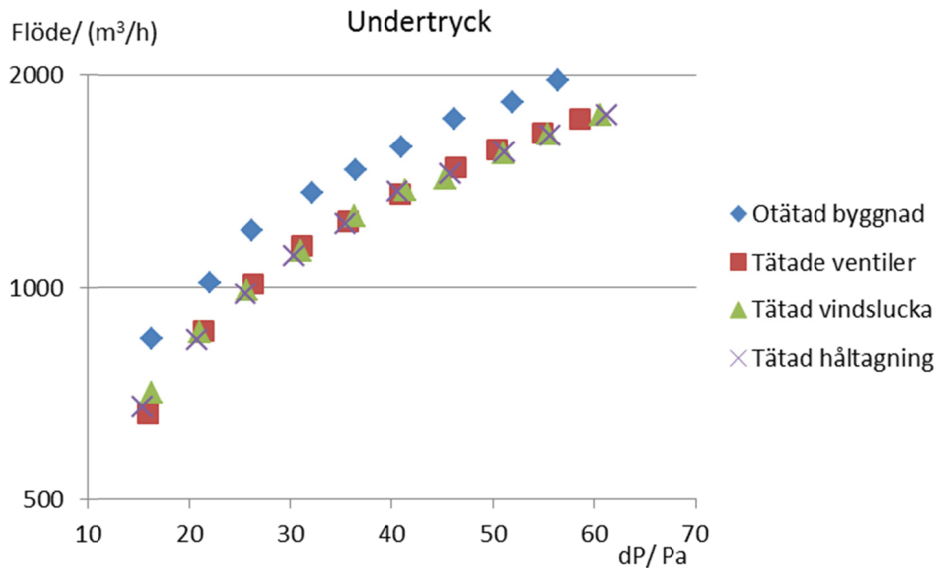
Figur 4. Exempel på håltagning för gardinstång och tavlor

Hål av denna typ är exempel på brukarpåverkan på klimatskalets täthet. Figur 5 och Figur 6 redovisar resultatet från tryckprovningarna med över respektive undertryck och de olika testade fallen. I figurerna framgår det tydligt att framförallt tätningen av ventiler har stor

påverkan på tätheten vilket var förväntat. Även tätning av vindsluckan har en tydlig påverkan på resultatet nedan.



Figur 5. Resultat från tryckprovning med övertryck.



Figur 6. Resultat från tryckprovning med undertryck.

Krav på byggnaders täthet ställs ofta i form av ett läckageflöde per byggnadsskalsarea eller en luftomsättning vid 50 Pa tryckskillnad mellan inne och ute. Tabell 1 redovisar flöde, täthet och omsättning vid 50 Pa för övertryck, undertryck och medel. Tabell 2 redovisar skillnaden mellan värdena vid 50 Pa tryckskillnad för olika fall. Skillnaden mellan fall 1 och 2 motsvarar hur mycket ventilationsöppningarna påverkar. Skillnaden mellan fall 2 och 3 visar hur mycket

vindsluckan påverkar och skillnaden mellan fall 3 och 4 visar hur mycket håltagningen påverkar. Enligt resultaten skulle läckaget genom håltagningen motsvara i storleksordningen 5 % av tätheten i ett passivhus.

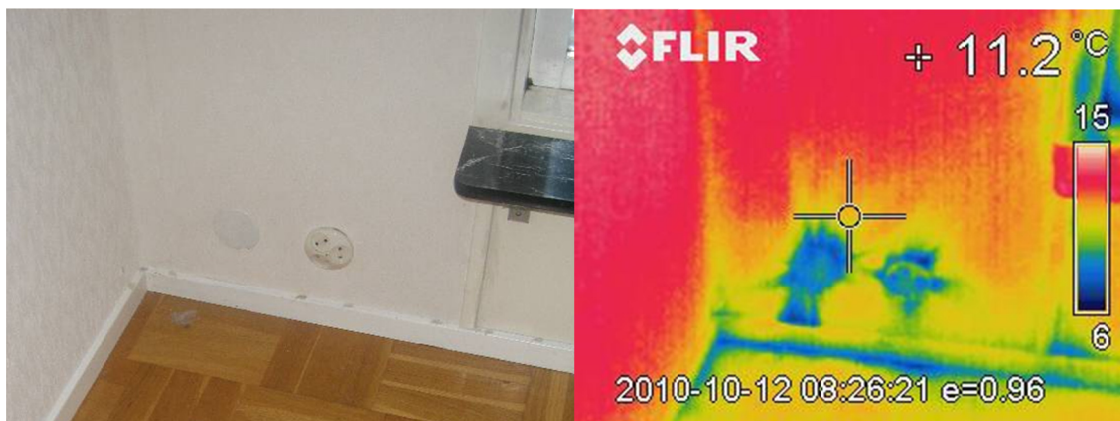
Tabell 1. Flöde, täthet och luftomsättning vid 50 Pa tryckdifferens mellan inne och ute

	Flöde, Övertryck			Flöde, Undertryck			Flöde, Medel		
	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h
1 Otätad byggnad	1928	1.66	7.44	1827	1.58	7.05	1878	1.62	7.24
2 Tätade ventiler	1612	1.39	6.22	1555	1.34	6.00	1584	1.37	6.11
3 Tätad vindslucka	1585	1.37	6.11	1535	1.32	5.92	1560	1.35	6.02
4 Tätad håltagning	1573	1.36	6.07	1529	1.32	5.90	1551	1.34	5.98

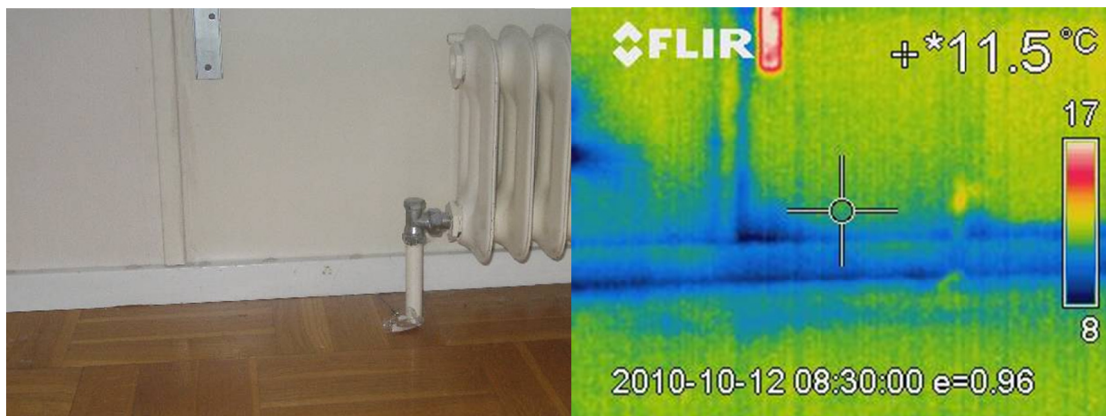
Tabell 2. Skillnad mellan olika fall vid 50 Pa tryckdifferens mellan inne och ute

Fall	Flöde, Övertryck			Flöde, Undertryck			Flöde, Medel		
	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h	m ³ /h	l/(s·m ²)	/h
1-2	316	0.27	1.22	272	0.23	1.05	294	0.25	1.13
2-3	27	0.02	0.10	20	0.02	0.08	23.5	0.02	0.09
4-3	12	0.01	0.05	6	0.01	0.02	9	0.01	0.03

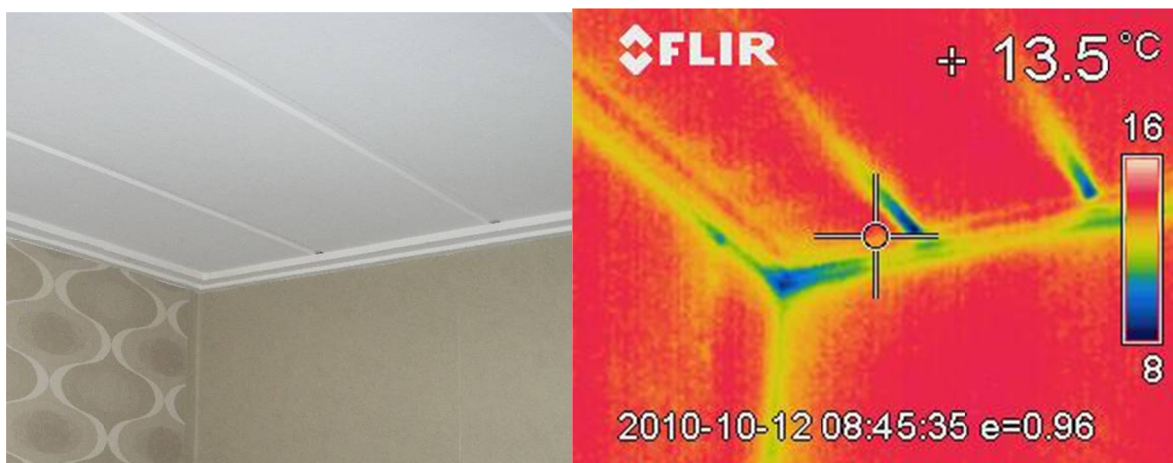
Nedanstående termograferingsbilder ger exempel på identifierade luftläckage, se figurerna 7-13. Generellt observerades luftläckage typiskt i anslutningar mellan tak och yttervägg samt vid eldosor i yttervägg. Ett antal läckage i anslutningen mellan golv och innervägg observerades där luft läckte bakom golvlister i ur golvlister gjorda öppningar, se markering i Figur 13.



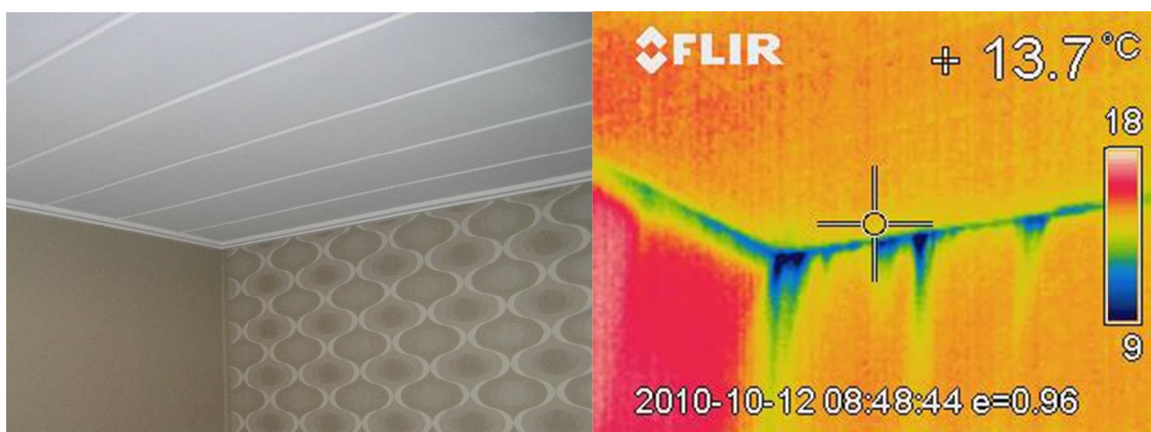
Figur 7. Läckage i anslutning till eldosor i vardagsrum



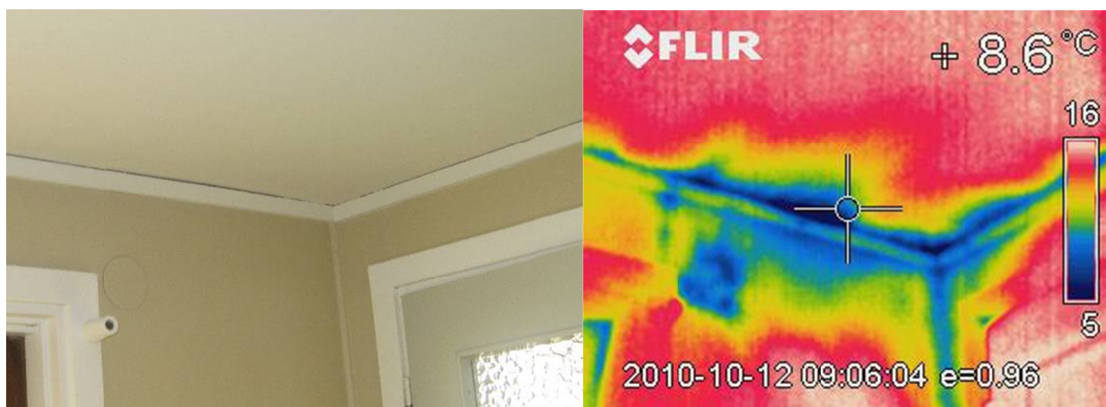
Figur 8. Luftläckage i anslutning mellan golv och yttervägg under fönster i vardagsrum



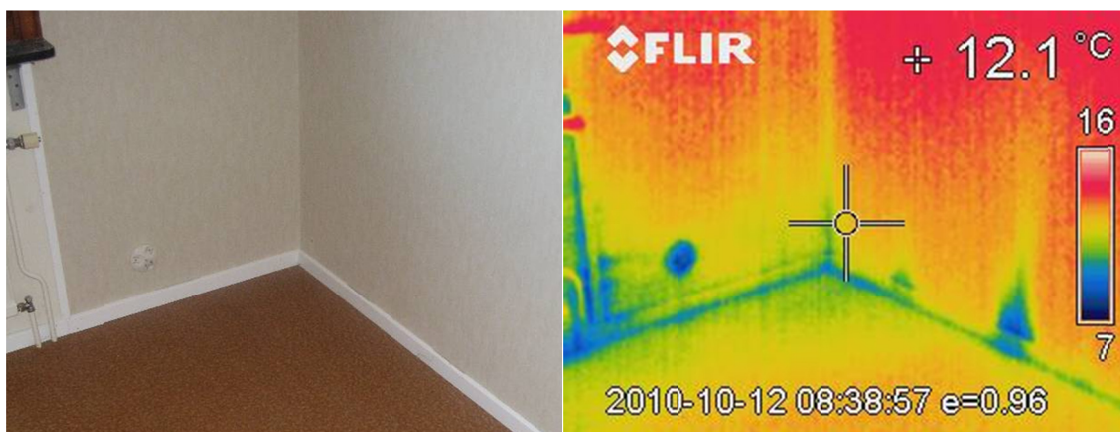
Figur 9. Luftläckage vid anslutning mellan yttervägg och tak i sovrum



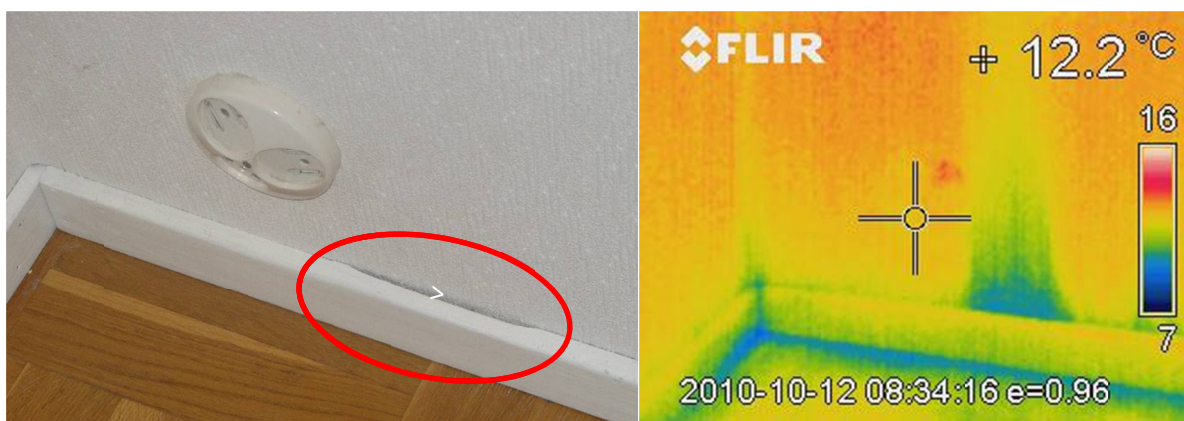
Figur 10. Luftläckage vid anslutning mellan yttervägg och tak i sovrum



Figur 11. Luftläckage vid anslutning mellan yttervägg och tak i köksentre



Figur 12. Luftläckage i anslutning till innervägg mellan sovrum och vardagsrum.



Figur 13. Luftläckage i anslutning till innervägg mellan sovrum och vardagsrum.

Framtagning av specifik värmeförlust med stegsvarsmetod i det oförstörda huset

Att förutsäga prestandan för en byggnad har visat sig vara svårt både med tanke på energianvändning och fuktillstånd. Det vanligaste beträffande energianvändningen är att det verkliga värdet blir högre än det beräknade (Bagge, 2011). Anledningarna är många och inkluderar både modelltekniska, bygganderelaterade och användarpåverkade aspekter. Bra modeller behövs för indata med lämplig tidsupplösning, återkopplingar av ändringar och utförande vid byggnation, åldrande, samt lämpliga och tillräckligt väl upplösta mätningar vad gäller både tid och antal mätta parametrar (Bagge och Johansson, 2011). Korrekta förutsägelser är nödvändiga, dels för att kravställning på energianvändning ska vara verkningsfull, med tanke på att det är energianvändningen som bör minska och inte bara presenterade beräkningar, dels för att möjliggöra lämplig och optimal dimensionering av byggnader.

Att verifiera genom mätningar i efterhand är troligen nödvändigt för att ge tillräcklig noggrannhet, men nackdelarna är att det tar lång tid att genomföra eftersom mätningen behöver pågå under lång tid. Kortare tekniska tester, som analys av effektstegsvar, tryckprovning, termografering eller en kortare mätning i normalt bruk kan ge information om kvaliteten på detaljutförande samt en fingervisning om byggnadens energiprestanda. I detta kapitel har analys av effektstegsvar gjorts på den tomma men ännu oförstörda byggnaden för att beräkna byggnadens specifika värmeförlust (Warfvinge och Dahlblom, 2010). Den specifika värmeförlusten, Q , beskriver effekten som behövs för att täcka transmissions-, läckage- och ventilationsförluster i en byggnad med 1°C skillnad mellan inne och ute enligt ekvation 1. Ekvation 2 beskriver hur den beräknas.

$$P = Q \cdot (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) \quad (1)$$

$$Q = \sum U \cdot A + \sum \Psi \cdot l + \sum X + \rho \cdot c_p \cdot (q_v + q_l) \quad (2)$$

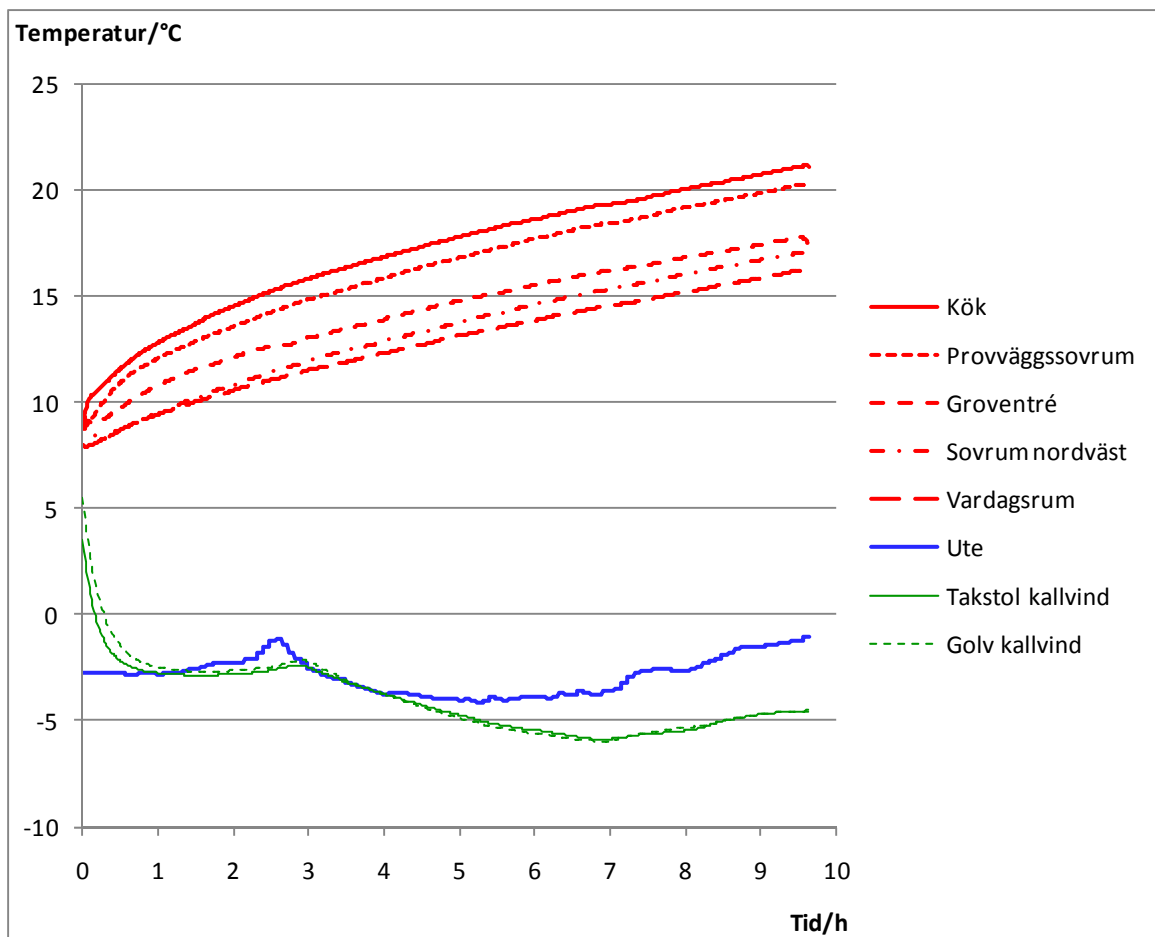
P	Värmeeffekt	W
Q	Specifik värmeförlust	W/K
T_{inne}	Innetemperatur	$^{\circ}\text{C}$
T_{ute}	Utetemperatur	$^{\circ}\text{C}$
U	Värmegenomgångstal för byggnadsdel	W/($\text{m}^2 \cdot \text{K}$)
A	Area för byggnadsdel	m^2
Ψ	Värmegenomgångstal för linjeköldbrygga	W/($\text{m} \cdot \text{K}$)
L	Linjeköldbryggans längd	m

X	Värmegenomgångstal för punktköldbrygga	W/K
ρ	Luftens densitet	kg/m ³
c_p	Luftens värmekapacitet	J/(kg·K)
q_v	Ventilationsflöde	m ³ /s
q_l	Läckflöde	m ³ /s

Den specifika värmeförlusten beskriver en långvarig värmeförlust ur en byggnad utan inverkan från solinstrålning. Detta är ett bra mått på byggnadsskalets energiprestanda vad gäller effektdimensioneringar för värmesystem. Största effektbehovet inträffar troligen när solinstrålningen är liten, och normalt förutsätts byggnaden klara uppvärmningen även utan internlast, vilket gör att inverkan från variationer i internlasten beroende på användarbeteende uteblir. Genom att anpassa utetemperaturen kan värmelagring i byggnaden och varaktigheter i uteklimatet hanteras.

För ett byggnadsskal med måttliga eller dåliga energiprestanda, vilket det undersökta huset kan räknas till, är den specifika värmeförlusten också en ganska bra indikation på energianvändningen. Med mer och mer högpresterande byggnader spelar användarbeteendet större och större roll jämte värmelagring och solinstrålning. I så fall blir behovet stort av mer omfattande modeller för att bestämma energianvändningen. Fortfarande är den specifika värmeförlusten ändå ett mått på byggnadsskalets prestanda.

Bestämning av den specifika värmeförlusten kan göras genom att undersöka stegsvaret från en plötsligt igångsatt värmeeffekt. Helst ska inte solstrålning påverka. I det undersökta huset, huset med träfasad, gjordes detta under natten då det var mörkt och ungefär konstant utetemperatur. Figur 14 visar temperaturerna ute och inne på olika ställen i huset under natten. 2010-10-11 22:45 infördes värmeelement, 2,1 kW i köket, 2,1 kW i hallen, 1 kW i groventré, pannrum, samt 1 kW i vardagsrummet. Alla innerdörrar lämnades öppna. Spänningen på belastade inkommande faser uppmättes till 225 V, vilket ger något lägre effekt än märkeffekt vid 230 V, alltså en total verklig effekt på $2 \cdot (2,1+1) \cdot (225/230)^2$ kW = 5.9 kW.



Figur 14. Stegsvår på insatt effekt i huset med träfasad före uttagning av väggelement.

Kallvindstemperaturen är nästan lika vid takstol och golv, men sjunker efter 3 h, cirka 02 på morgonen, vilket kan förklaras av uppljarnande väder och större utstrålning. Utetemperaturen sjunker också något då för att sedan stiga något efter 7 h alltså ca 06 på morgonen, troligen till följd av mulnande väder.

Innetemperaturen når alltså inte jämvikt, vilket hade gett Q direkt, men vilket inte heller var väntat med tanke på att byggnaders tidskonstanter inte är så korta. Istället antas en stegförändring ge ett exponentiellt förlopp enligt ekvation 3.

$$T_{inne} = T_0 \cdot e^{-k \cdot t} + \left(T_{ute} + \frac{P}{Q}\right) (1 - e^{-k \cdot t}) \quad (3)$$

T_0	Starttemperatur	°C
k	Konstant	1/s
t	Tid	s

Lösning av denna ekvation baserat på medeltemperaturen ute och medeltemperaturen inne efter halva testperioden och i slutet av testperioden ger $Q = 231 \text{ W/K}$, vilket skulle innebära att vid jämvikt skulle det bli $P/Q = 5900 / 231 \text{ K} = 25,5 \text{ K}$ varmare än ute, det vill säga $22,7^\circ\text{C}$ inne baserat på medeltemperaturen ute. Warfvinge och Dahlblom (2010) ger DVUT för Jokkmokk som är det närmast listade till $-34,8^\circ\text{C}$ för en tidskonstant på 1 dygn vilket är rimligt i ett trähus med ganska låg isoleringsstandard, vilket innebär ett dimensionerande värmeeffektbehov på $13,1 \text{ kW}$, vilket är rimligt. Resultatet påverkas av läckage i kombination med eventuell vind, men vindhastighet har inte analyserats här.

Analysen ger en resulterande specifik värmeförlust på 231 W/K , vilket i kombination med tryckprovning och andra metoder för normalkorrigering kan ge en uppfattning om byggnads skalets prestanda i sin helhet. Dock vet man inget om fördelningen i prestanda, exempelvis var isoleringen är bra och var den är dålig. Läckageflödet vid 50 Pa med normal självdragsventilation igång var 522 l/s . Med en omslutande area avrundad till 350 m^2 fås ett luftläckage inklusive självdragsventilation på $1,5 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ att jämföra med BBRs gamla krav på $0,8 \text{ l/(s}\cdot\text{m}^2)$ (Boverket, 2002). Johansson (2005) ger q_v till ungefär 7% av flödet vid 50 Pa , med läckageflödesexponent enligt den givna teorin på $0,7$. Självdragsventilationsöppningarna bedöms ha turbulenta flöden varför en genomsnittlig läckageflödesexponent uppskattas till $0,6$. Korrigering för detta ger $q_v = 57 \text{ l/s}$. Med medel-U-värdet (Boverket, 2008) baserat på de tre första termerna i ekvation 1.3 fås då detta till $0,46 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, vilket är rimligt med tanke på konstruktionsdelarna med uppskattad hänsyn till åldring. Detta visar att det är möjligt, i synnerhet i bebyggelse som inte har hög energiprestanda, att bedöma medel-U-värde och förlustfaktorer, och även om detta går att utföra utan att förstöra en byggnad, underlättar det väldigt att den är obebodd. I kombination med förstörande provning kan sedan ge detaljerad information om hur egenskaperna fördelar sig över skalet och hur de har förändrats med tiden.

Badrumsytterväggar

Avsikten med denna del av projektet var att bedöma möjligheten att studera hur badrumsytterväggar på längre sikt påverkats av fukt och mögel.

Tre byggnader med tidstypiska badrum mot yttervägg valdes ut. Två av dem var de två husen där väggelement togs. Med hjälp av handverktyg frilades skikt för skikt för att skapa en tydlig bild över väggens uppbyggnad.

Varje skikt bedömdes med avseende på synligt mögel, lukt, fuktfläckar eller andra missfärgningar. Provhålen fotograferades och typ av material dokumenterades. Tidsåtgång för varje provhål varierade mellan en och två timmar totalt.

De tre byggnaderna med respektive provhål visas på bilderna 15-17 nedan. I två av de tre ytterväggarna konstaterades bland annat synligt mögel.



Figur 15. Håltagning i badrumsyttervägg , synligt mögel påträffades.



Figur 16. Håltagning i badrumsyttervägg, inget synligt mögel påträffades.



Figur 17. Håltagning i badrumsyttervägg samt mellanvägg, synligt mögel påträffades i båda väggarna.

Metoden bedöms ge god uppfattning av väggens uppbyggnad och ingående material men också dess kondition avseende fuktskador. Möjligheterna att ta prover från de olika materialskikten, för senare analys är som regel goda. Eftersom metoden är relativt snabb bedöms det vara möjligt att med relativt begränsade insatser samla ihop ett omfattande material som underlag för att bedöma hur olika typer av badrumsytterväggar klarat sig fuktmässigt.

Demontering och transport av väggelement från existerande byggnader

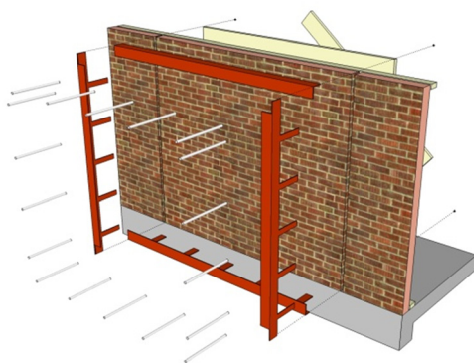
Avsikten med denna del av projektet är att utveckla metoder för att demontera och transportera väggelement, inklusive tegelmur, från existerande byggnader. I samband med uttaget behöver andra egenskaper hos de studerade byggnaderna dokumenteras och provtagningar göras för att ge en god bild av väggelementets ursprungliga omgivning.

Utförande

Förberedelser

Det tekniskt svåraste problemet var uttaget och transporten av en skaltegelmur med alla lager intakta. En dimensionering gjordes av en tillräckligt styv helsvetsad stålram i vinkeljärn för att tillåta oskadad transport av väggen i stående position. Ramens storlek begränsades främst av transporterna, dels höjden i en transportcontainer vid transporten till Lund men även den omonterade ramens möjlighet att transporteras till Malmberget på pall med ordinarie transporttjänster.

Ramen tillverkades i fyra delar (se figur 18) vid avdelningen för Byggnadsfysik på LTH för att kunna transporteras till Malmberget och svetsas ihop i steg vid uttaget av väggen. Transportvaggan med förstärkningar konstruerades sedan på plats i samråd med NCC som stod för transporterna väl på plats.



Figur 18. Arbetsplan av ramen till skalmuren. Plattjärn fästa vid vinkeljärn förs igenom slitsar och fästs i en träram fäst på väggens insida.

För att kunna demontera ytterväggarna så varsamt som möjligt togs hål intill det tänkta elementet för att fastställa konstruktionen samt mötet mellan byggdelar. I samband med detta togs även materialprover i olika skikt för att kunna studeras ytterligare i laboratoriet vid senare tillfälle utan att behöva skada väggelementen (se figur 19 och 20). Dammprover för bland annat indentifiering av eventuell mögelförekomst i inomhusmiljön togs med speciell adapter och filter på dammsugare.

Innan uttag av provväggar gjordes, utfördes förutom en allmän översikt samt fotografering ett antal prover och mätningar i byggnaderna som relativ fuktighet och temperatur med hjälp av loggrar dagarna före, samt under arbetet. Tryckprovning var vid detta skede gjord.



Figur 19. Undersökning och materialprovtagning i skaltegelhuset.



Figur 20. Undersökning och materialprovtagning i träfasadhuset.

Uttag av ytterväggar

Demontering av träregelväggen var en relativt enkel åtgärd då väggelementet var självbärande och stabilt. Efter friläggning runt elementet och kapning av syllens infästningar lyftes väggsektionen ut med stroppar fästa i stående reglar.

Hos skaltegelmuren måste lagren fixeras för att kunna flyttas i helt skick. Detta löstes genom att plattjärn svetsade vid stålramen fästes mot en träram på väggens insida (se figur 18 ovan).

Arbetsgången var att, efter friläggning på väggens insida (se figur 21), skära spår för ramens underkant i teglet och borra för plattjärnen samt stabilisera med kilar. Undre ramdelen förs därefter på plats och fästs i syllen.



Figur 21. Frilagt runt väggelementets insida.

Slitsar för vertikala ramdelar skärs i teglet och ramdelarna förs på plats. Ramdelarnas hörn svetsas därefter i nederkanten (se figur 22).



Figur 22. Ramens nedre hörn svetsas.

Slits för överliggaren skärs och den förs på plats. Stående regler lämnas intakta och kapas först vid utlyftning. Resterande hörn svetsas och U-balkar fästs på ramens utsida som stabilisering och lyftpunkter (se figur 23).



Figur 23. Infäst väggelement.

När väggen lyfts ut svetsas ramen på en enkel vaggga av U-balkar som även rymmer träregelväggen (se figur 24).



Figur 24. Väggen utlyft och fäst i vaggan.

Även träregelväggen lyfts på plats (se figur 25) på vaggan och väggarna plastas sen in tillsammans med avfuktande dosor. Vidare transport till Lund sker med NCC:s försorg och väggen anländer till V-husets stora labbhall enligt plan (se figur 26).



Figur 25. Träfasadsväggen lyfts på plats på vaggan.



Figur 26. Väggen mottagen i Lund.

Erfarenheter

Uttag och transport av skaltegelmuren fungerade enligt plan. Värt att notera är att det är svårt att öppna och frilägga väggarna utan nedsmutsning (se figur 27). För vissa ändamål är det dock väsentligt att minimalt med damm och spån tillförs konstruktionen. Det finns dock verktyg på marknaden som möjliggör renare kapning.



Figur 27. Begränsning av dammning är omständligt.

Användningen av torkmedel under transporten är lämpligt för att undvika kondens i konstruktionen vid varierande temperaturer under transporten. I detta fall var väggarna relativt torra vid uttagningstillfället men så är inte alltid fallet.

Beroende på användning av elementen är dokumentation av väggens tillstånd intressant och långtidsmätningar av temperatur och relativ fuktighet kring och i konstruktionen kan vara mycket väsentligt.

Resultat

Det är fullt möjligt att ta ut och transportera del av en skaltegelmur för vidare studier. Vilka prover som är lämpliga att göra får bedömas utifrån målet med uttaget av provväggen. Värt att notera är att arbetet med att frilägga väggen kan påverka det som ska mätas, till exempel nedsmutsning, fukthalter, spridning av mögel etc. Det innebär att sådan dokumentation kan behöva göras i ett separat moment.

Om många prover ska tas bör vaggan och ramen utvecklas ytterligare för att uttagsprocessen ska bli effektivare.

Slutsatser

Ett antal delstudier på byggnader har gjorts där förstörande provning har använts. Exempelvis påträffades skador på kallvindar och i våtrumsväggar. I övriga väggar hittades ingen motsvarande synlig påväxt, varför det är viktigt att göra mer omfattande förstörande provningar i badrumsväggar i framtida studier. Metoder för uttagning av väggelement har utvecklats. Tryckprovning har använts för att kartlägga hur brukarrelaterad håltagning i klimatskalet, exempelvis tavelkrokar, påverkar lufttätheten. Stegsvarsmetoder har provats för att kartlägga ett genomsnittligt U-värde, som kan hjälpa till med att avgöra om en byggnad har avsedd termisk prestanda.

Huvudsyftet har varit att utveckla metoder för studerande av byggnader utöver vad som kan göras vid normala besiktningar, och projektet har resulterat i att ett antal användbara metoder finns för fortsatt undersökning i större områden i Malmberget och Kiruna där mer beskrivande statistik kan erhållas för att branschen ska kunna minska osäkerheten vid projektering av renoveringsåtgärder såväl som nybyggnation.

En fortsatt delstudie pågår med samma finansierare i samma område för att med utgångspunkt från dessa resultat definiera och förfinas provtagningsmetoder och tillämpa dem på ungefär 15 hus i Elevhemsområdet och då inkludera enkätundersökningar av de boende för att kunna koppla brukarnas erfarenheter och hälsa till provtagningsresultatet.

Sammanfattning

Malmbyrningen, som en gång skapade bland annat Kiruna och Malmberget, leder nu till att nya områden måste bebyggas och nya stadsdelar skapas. I anslutning till att befintlig bebyggelse tas ur bruk har Byggnadsfysik och Installationsteknik, LTH fått tillgång till byggnader där undersökningar kan genomföras före rivning. Ett antal delstudier på byggnader har gjorts där förstörande provning har använts. Exempelvis påträffades skador på kallvindar och i våtrumsväggar, och väggelement har tagits ut för vidare bedömningar. Huvudsyftet har varit att utveckla metoder för studerande av byggnader utöver vad som kan göras vid normala besiktningar, och projektet har resulterat i att ett antal användbara metoder finns för fortsatt undersökning i större områden i Malmberget och Kiruna där mer beskrivande statistik kan erhållas för att vi ska kunna minska osäkerheten vid projektering av renoveringsåtgärder såväl som nybyggnation.

Referenser

Bagge, H. 2011. Building Performance – Methods for improved prediction and verification of energy use and indoor climate, Byggnadsfysik LTH.

Bagge, H., Johansson, D., 2011, Measurements of household electricity and domestic hot water use in dwellings and the effect of different monitoring time resolution, *Energy*, doi 10.1016/j.energy.2011.02.037

Boverket, 2002, *Boverkets byggregler – BFS 1993:57 med ändringar till och med 2002:19*, Karlskrona

Boverket, 2008, *Boverkets byggregler, BBR 2008*, Boverket, Karlskrona

Johansson, D. 2005. *Modelling Life Cycle Cost for Indoor Climate Systems*, doktorsavhandling, Byggnadsfysik, LTH, Lund, Rapport TVBH-1014, <http://www.byfy.lth.se>.

Warfvinge, C., Dahlblom, M., 2010, *Projektering av VVS-installationer*, Studentlitteratur, Lund, ISBN 978-91-44-05561-9

Örtengren (Sikander), Eva. - *Mögelpåväxt i friska hus / Eva Örtengren.* - 1988. - ISBN: 91-7848-148-1

Så mår våra hus : redovisning av regeringsuppdrag beträffande byggnaders tekniska utformning m.m.. - 2009 - 1. uppl.. - ISBN: 978-91-86342-28-9



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

ISRN LUTVDG/TVBH--11/7234--SE(21)