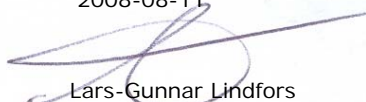


Trästad ett uthålligt koncept

Erfarenheter från 10 års drift av
Välludden

Anna Jarnehammar IVL Svenska Miljöinstitutet,
Ingemar Nilsson SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut,
Finn Englund SP-Träteknik
B1799
Augusti 2008

Rapporten godkänd
2008-08-11



Lars-Gunnar Lindfors
Forskningsdirektör

<p>Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB</p>	<p>Rapportsammanfattning</p>
<p>Adress Box 21060 100 31 Stockholm</p>	<p>Projekttitel Trästaden ett uthålligt koncept</p> <p>Anslagsgivare för projektet Södra Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning samt Stiftelsen IVL</p>
<p>Telefonnr 08-598 563 00</p>	
<p>Rapportförfattare Anna Jarnehammar IVL Svenska Miljöinstitutet, Ingemar Nilsson SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, Finn Englund SP-Trätek,</p>	
<p>Rapporttitel och undertitel Trästaden ett uthålligt koncept -Erfarenheter från 10 års drift av Välludden</p>	
<p>Sammanfattning Trästaden ett uthålligt koncept – utvärdering av 10 års drift visar hur ett flervåningshus byggt med trästomme fungerar på lite längre sikt. Projektet genomfördes under 2005-2006 och har inneburit att uppföljningar har gjorts på plats i husen på Välludden i Växjö. Inomhusmiljön, verklig energianvändning under 10 år samt att de exteriöra trädetaljerna har undersökts och dokumenterats. Projektet har genomförts som ett samfinansierat forskningsprojekt inom ramen för Stiftelsen IVL med Södras Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, utveckling och Utbildning som medfinansier. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har deltagit i undersökningarna som rör inomhusmiljön samt utvärdering av de exteriöra trädetaljerna. Södra har deltagit med förvaltande personal på plats i Välluddenhusen.</p>	
<p>Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Trästomme, flervåningshus, energiprestanda, inomhusmiljö, energianvändning</p>	
<p>Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1799</p>	
<p>Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se, e-post: publicationservice@ivl.se, fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm</p>	

Förord

Trästad ett uthålligt koncept – utvärdering av 10 års drift visar hur ett flervåningshus byggt med trästomme fungerar på lite längre sikt. Projektet genomfördes under 2005-2006 och har inneburit att uppföljningar har gjorts på plats i husen på Välludden i Växjö. Inomhusmiljön, verklig energianvändning under 10 år samt exteriöra trädetaljerna har undersökts och dokumenterats.

Projektet har genomförts som ett samfinansierat forskningsprojekt inom ramen för Stiftelsen IVL med Södras Skogsägarnas Stiftelse för Forskning, Utveckling och Utbildning som medfinansier. SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (vid tiden för undersökningarna SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut) har deltagit i undersökningarna som rör inomhusmiljön samt utvärdering av de exteriöra trädetaljerna. Södra har deltagit med förvaltande personal på plats i Välluddenhusen. Ett stort tack riktas till följande personers som har deltagit i genomförandet av projektet:

Tomas Petersson, Södra Partner
Roland Karlsson, Skanska
Ingemar Nilsson, SP
Finn Englund, SP-Träteck
Carl-Johan Johansson, SP-Träteck
Hans André, KFAB

Anna Jarnehammar, projektledare

Sammanfattning

Vålludden byggdes 1996 som ett led för Södra Skogsägarna att utveckla träbyggnadstekniken efter det att ändringar i regelverket för brandkrav möjliggjorde flervåningshus i trä. Ett forskningsprojekt initierades 1992 "Flervåningsbyggnader med trästomme och lätta bjälklag" där erfarenheter hämtades från t ex. Nordamerika där uppskattningsvis 90 % av alla bostadshus upp till 5 våningar byggs i trä och där trästommen är mer fördelaktig ur ekonomisk synvinkel. Målsättningen med uppförandet av Vålluddenhusen var att demonstrera att trä kan konkurrera på marknaden med andra stommaterial såsom stål och betong.

Inomhusmiljön utvärderades dels genom enkäter till de boende samt undersökning på plats. Det sammantagna resultatet från enkäterna visar att få anger besvär som **ja ofta**. I de fyra frågor som två har svarat **ja ofta** innebär det att 10 % av totala antalet svarande anser att det finns besvär vilket är relativt lågt jämfört med liknande undersökningar. I de fall respondenterna har svarat ja ofta så berör det de tre frågor som ställts om buller och av svaren framgår också att ganska många anger **besvär ibland** för dessa frågor. Tolkning av svaren på bullerfrågorna är att detta stör många boende mer eller mindre. I enkäterna har också egna kommentarer förekommit och i dessa fall har det varit klagomål på luktproblem. Detta kan bero på att konstruktionerna mellan lägenheter och lägenheter och trapphus är otäta. Undersökningarna på plats har gjorts av ventilationens funktion, fuktteknisk undersökning genom indikerande mätmetod och besiktning av kritiska punkter, mätning av dagsljusfaktorn samt bedömning av den termiska komforten genom mätningar av lufthastigheter, rumstemperatur och kontroller med värmekamera.

- Efter byte av luftfilter visade ventilationen en normal funktion där luftflödena i alla lägen låg över de riktlinjer som finns i byggnormen. Däremot indikerande de smutsiga filtren att dessa inte byttes tillräckligt ofta för att säkerställa att luftflödena alltid ligger över byggnormen.
- Den termiska komforten bedömdes sammantaget klara de krav som ställs mycket bra och visade helt normala värden i de olika vistelsezoner som mättes upp.
- Godkänd dagsljusfaktor är att värdet inne ska vara minst 1 % av utevärdet. Detta krav är gott och väl uppfyllt i alla mätfall förutom i köket i en av lägenheterna. Orsaken till det för låga värdet bedöms bero på det stora buskaget utanför fönstret som skymmer inläpp av ljus tillsammans med stora och täta gardiner som täcker stora delar av glasytan. Slutsatsen av mätningarna av dagsljusfaktorn är att lägenheterna har en bra dagsljusfaktor.
- För Vålludden har en indikerande fuktmetning genomförts. Inga fuktindikationer kunde noteras utom i ett badrum i en av lägenheterna. Under golvet i badrummet är det en platta på mark, av betong. Möjliga orsaker till fuktindikationerna kan vara läckage i installationer eller markfukt men undersökningen kan inte visa den exakta orsaken, för detta krävs vidare utredningar. En annan möjlighet till fuktindikationen i badrumsgolvet i den aktuella lägenheten skulle kunna vara omfördelning av fukt på grund av värmerör i golvet. Temperaturen vid röret är betydligt högre och beroende på hur fuktskyddet är utformat i konstruktionen så skulle fukt från marken kunna omfördelas i golvet

Energiprestandan för Vålludden har utvärderats genom att energianvändningen för åren 1998 till 2005 har sammanställts från uppmätta värden. Energivärdena har normalårskorrigerats och relaterats till den energiprestanda som dagens byggnader har. Den specifika energianvändningen (värme, varmvatten samt fastighetssel) för Vålluddenhusen ligger på 135 kWh/m², det kan jämföras med dagens byggnorm på 110 kWh/m² och år (gäller för klimatzon söder) eller för passivhus 45

kWh/m². Värdet kan också jämföras med dåtidens hus utan värmeåtervinning, t ex Bo 01 där den specifika energianvändningen ligger på 146 kWh/m².

Potentialen för energieffektivisering av flervåningshusen i Välludden jämfört med de byggnader som idag har den bästa energiprestandan är ca 90 kWh/m² och år. Med ett pris på 45 öre/kWh (utan skatter och moms) leder detta till en kostnadsbesparing för driften på ca 40 kr/m² och år. Används kostnadsbesparingen till att investera i mer energibesparande teknik så motsvarar besparingen en ökad investeringsmöjlighet på ca 1000 kr/m² förutsatt en kalkylränta på 4 %. Med en produktionskostnad på 20000 kr/m² skulle 1000 kr innebära en kostnadsökning på 5 %.

Trädetaljernas prestanda har undersökts som ett led i att försöka dra erfarenheter av om trä ger högre eller lägre underhållsbehov. De delar som har undersökts är fasadpartier, fönster med omfattningar, balkonger och entrétak. Undersökningen genomfördes genom platsbesök där samtliga 3 hus inspekterades genom okulär besiktning. Undersökningen visar på goda resultat för fasadpartier, fönsteromfattningar och fönster samt entrétak. Däremot är balkongerna rejält angripna av rötsvampar. Orsakerna är att vatten har kunnat tränga in i hörnförbanden, och då det oimpregnerade limträet har en begränsad motståndskraft mot svamptillväxt har rötan fått fäste. De yttre kantbalkarna är inskurna i stolpen och förbandet är ihopdraget med bultar. Det är oklart om man har försökt att skydda inskärningarna särskilt, men om så var fallet har det varit otillräckligt. Efter granskning av tagna bilder av materialmöten mellan trä och betong så ger detta upphov till en del frågetecken kring t ex luftning av trämaterialiet om fukt tränger in i konstruktionen. Dessa frågor har inte kunnat besvaras utan vidare undersökning. En annan del som kan noteras är infästningar och materialmöten mellan puts och balkong och fönster som visar på en del otätheter som bör åtgärdas.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	3
1 Bakgrund.....	7
2 Inledning.....	8
2.1 Läsangivelse.....	9
3 Genomförande av utvärderingen.....	10
4 Resultat – utvärdering av 10 års drift av Välludden.....	11
4.1 Inomhusmiljön i Välludden.....	11
4.1.1 Enkät till de boende	11
4.1.2 Termiskt klimat mätning av lufthastighet och temperatur.....	12
4.1.3 Dagsljusfaktor	13
4.1.4 Ventilationens funktion - Luftkvalitet.....	13
4.1.5 Fuktindikationer.....	14
4.2 Energieffektivitet för Välludden.....	15
4.2.1 Värmebehov	16
4.2.2 Fastighetsel	18
4.2.3 Jämförelse med andra byggnader.....	18
4.2.4 Marknadsrelevanta miljöförbättringar för flervåningshus i trä	20
4.3 Underhåll	23
4.3.1 Fasader, entrétak, balkonger och fönstersnickerier.....	24
4.3.2 Rekommendationer för underhållet av trä	28
5 Referenser.....	30
Bilaga 1 Enkät om inomhusmiljön.....	32
Bilaga 2 Termiskt klimat.....	33
Bilaga 3 Frånluftsflöden	34

1 Bakgrund

Byggnader står för en betydande andel av samhällets miljöbelastning. De påverkar miljön från uttag av råvaror via materialtillverkning, transporter i olika skeden, uppförande av byggnaden, användning (inklusive underhåll och ombyggnad) till rivning och slutligt omhändertagande. Kretsloppsrådets miljöutredning 2001 pekar på att energi- och materialanvändning, farliga ämnen, luft- och ljudkvalitet är betydande miljöaspekter för bygg- och fastighetssektorn.

Energianvändningen inom bostäder och service uppgår till 241 TWh årligen, inkluderat omvandlings och distributionsförluster, vilket motsvarar 38 % av Sveriges totala energianvändning (Statens Energimyndighet 2006). Flera olika livscykelanalyser visar att bostäder har sin huvudsakliga miljöpåverkan under driftsskedet. Vid en antagen livslängd på 60 år beräknas ca 85 % av miljöpåverkan uppstå under användningen och då framförallt kopplat till den energianvändning som krävs för uppvärmning, varmvatten, och fastighetsel (T. Ekvall 2005, K. Adalberth 2000). Mänskliga aktiviteters påverkan på vårt klimat är den miljöfråga som har dominerat debatten de senaste åren. Bygg- och fastighetssektorn pekas ut som en av de sektorer som har en betydande andel av de totala utsläppen av klimatpåverkande gaser, samtidigt som potentialen för åtgärder bedöms som stor. I Sverige står byggsektorn för nära 22 % av de totala koldioxidutsläppen (Naturvårdsverket 2007), medan uppvärmning alternativt kylning och drift kan utgöra hela 70 % av koldioxidutsläppen i andra länder inom EU.

Stora ansträngningar görs nu både bland lagstiftande organ och från näringslivet att nå upp till visionen om en mer hållbar bygg och fastighetssektor. Ledstjärnan i arbetet är de miljö kvalitetsmål som regeringen har antagit och som visar vilken miljö vi ska lämna över till kommande generationer. För byggnader handlar det om att kunna klara energieffektiviseringen utan att äventyra inomhusmiljön, där t.ex. en tillräcklig ventilation säkerställs. I Sverige har vi fått nya byggregler (BBR 2006) som skärper både kraven på en sund inomhusmiljö liksom en bättre energihushållning. EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (Directive 2002/91/EC) föreskriver att alla byggnader som ska hyras ut eller säljas måste energideklarerars och förslag till åtgärder ska tas fram för hur byggnaden kan göras mer energieffektiv utan att äventyra inomhusmiljön. En positiv trend kan ses i Sverige för flerbostadshus där uppvärmningsbehovet per kvadratmeter har minskat stadigt sedan 1970-talet. Däremot har hushållens elanvändning ökat kraftigt genom användning av elbelysning, datorer och tv-apparater för att nämna några. Även antalet kvadratmeter bostadsyta per person har ökat. Sammantaget har bostadssektorn lika stor andel av energianvändningen i samhället även om byggnaderna per kvadratmeter har blivit mer effektiva.

Växjö kommun utvecklar området Välle Broar, beläget mellan Växjö Universitets Campus och Växjö centrum, till att bli Sveriges största sammanhängande område där träbyggnadsteknik används. Områdets utveckling innebär en förtätning av staden vilket gör att energiförsörjning och transporter kan effektiviseras, jämfört med en mer utspridd stad. Växjös närhet till skogen och dess kapacitet som råvara för olika ändamål är en av anledningarna till att Välle Broar ska vara en "fossilfri" stad där energin används effektivt, är förnybar och där ett industriellt träbyggande ska utvecklas vidare. I linje med Växjös satsning ligger den nationella träbyggnadsstrategin som syftar till att trä ska bli ett av flera alternativ som övervägs när stora konstruktioner ska uppföras. Detta bör kunna leda till en ökad konkurrens som kan ge bättre bostäder till lägre priser samtidigt som en positiv utveckling av den träbaserade industrinäringen kan ske.

Nya förutsättningar gällande funktionskrav för framförallt brandsäkerhet har möjliggjort att använda trä som stommaterial. Marknaden för sågade trävaror har därmed breddats till nya områden. 1992 initierades FoU-projektet "Flervåningsbyggnader med trästomme och lätta bjälklag" med målet att demonstrera att trä är ett konkurrenskraftigt alternativ till stål och betong i flervåningsbostadshus. Södra var tidigt med och ledde utveckling av lättbyggnadsteknik i trä för flerbostadshus, med produkter som t.ex. SödraSemi och SödraSmart. Flervåningshuset i Välludden var ett av de första i sitt slag inom Norden, där trä användes som stommaterial. Södra som är en stor producent av byggmaterial vill fortsätta att stödja den utveckling som nu sker med den industriella träbyggnadstekniken och vara med och arbeta mot visionen om en hållbar bygg- och fastighetssektor där krav på energi, miljö och teknik kan uppfyllas.

I tidigare utvärderingar av träbyggnadstekniken har flera studier gjorts där olika stommaterials betydelse för byggnadens miljöbelastning genomförts, denna studie har inte haft för avsikt att jämföra olika stomalternativ. Det kan ändå konstateras från en annan studie, genomförd på uppdrag av Naturvårdsverket, att efter genomgång av forskningen inom området visar det sig att stommaterialet inte verkar ha så stor betydelse för den totala miljöbelastningen. Byggnadens energieffektivitet avgörs främst av andra faktorer, såsom mängden isoleringsmaterial, klimatskalets lufttäthet, fönstrens storlek och utformning, systemen för värme och ventilation mm. Däremot visar genomgången att de breda systemaspekterna, såsom träprodukternas påverkan på skogens tillväxt, användningen av biprodukter och av sparad skog m.m. är viktigare än själva användningen av huset i en miljömässig jämförelse av olika stommaterial. Om fokus läggs på de breda systemaspekterna har trästommar otvetydigt en betydande potential till att reducera utsläppen av koldioxid. Hur mycket av denna potential som kommer att realiseras är inte lika självklart och beror på många olika faktorer kring användningen av bibränslen, träprodukter, avfall och energisystemens utveckling (T Ekvall 2005).

2 Inledning

Välludden byggdes 1996 som ett led för Södra Skogsägarna att utveckla träbyggnadstekniken efter det att ändringar i regelverket för brandkrav möjliggjorde flervåningshus i trä. Ett forskningsprojekt initierades 1992 "Flervåningsbyggnader med trästomme och lätta bjälklag". Erfarenheter sedan tidigare fanns framförallt i Nordamerika där uppskattningsvis 90 % av alla bostadshus upp till 5 våningar byggs i trä där trästommen är mer fördelaktig ur ekonomisk synvinkel. Målsättningen med uppförandet av Välluddenhusen var att demonstrera att trä kan konkurrera på marknaden med andra stommaterial såsom stål och betong. Det medförde att de valda lösningarna skulle motsvara den tidens normkrav när det gäller funktioner såsom brand, ljud, energi m.fl. När det gäller miljöpåverkan från användningsfasen innebär det att dessa hus inte kan förväntas ha en bättre miljöprestanda än motsvarande hus uppförda i t.ex. stål- och betong vid den tiden. Att bygga enligt den tidens norm innebär val av t.ex. standardfönster, ett enkelt ventilationssystem utan värmeåtervinning och att klimatskalets värmeisolering motsvarade den tidens standard. Utvecklings- och projekteringsfasen genomfördes i följande moment och med följande aktörer:

- **Tävling.** En tävling utlystes som skulle visa på ekonomiska, tekniska och estetiska möjligheter för flerbostadshus med trästomme. Viktigt vid bedömningen av bidragen var att bostadsmiljön och byggnadsgestaltningen tillvaratog områdets natur- och miljökväligheter samt introducerade nya sätt att bygga flervåningshus.

Mattson och Wik Arkitektkontor var den som vann tävlingen med följande motivering:

”Förslaget redovisar en enkel smal bustyp med ljusa lätta fasader, som på ett anspråkslöst sätt placerar bebyggelsen i sitt sammanhang inom det aktuella området. Husens typ och utformning associerar lätt till en byggnadsteknik med trästomme. De långsmala husen tillåter träbjälklag som spänner från yttervägg till yttervägg och tar stöd på en hjärtvägg mitt i huset.”

- **Byggherre.** Ett nytt bolag, Trähus Sydöst, bildades med SKANSKA Sydöst och Södra Timber som ägare.
- **Byggtreprenör.** Skanska Sydöst AB var totalentreprenör och använde sig av förtillverkade element som tillverkades i en fältfabrik nära byggarbetsplatsen.
- **Projekteringsgruppen.** I projekteringsgruppen fanns forskning, arkitektur, entreprenör och byggherre representerade. Många av utvecklingsfrågorna rörande konstruktionslösningarna utvecklades efter hand att byggprojektet utvecklades. Erfarenhetsutbyte skedde även med andra projekt som uppfördes i Norden genom forskningsprogrammet ”Nordic Wood”.

2.1 Läsangivelse

I denna rapport redovisas resultatet för genomförandet av projektet som har omfattat att utvärdera 10 års drift av Välludden avseende inomhusmiljö, energiprestanda samt underhållsaspekter. Erfarenheterna från utvärderingen ligger sedan till grund till förslag till förbättringar för den nu pågående utbyggnaden av Välle Broar området i Växjö. I rapporten kan de olika delarna läsas i följande kapitel:

- **Genomförande av utvärderingen** beskriver målsättningen med detta projekt, vilka delar som har genomförts och hur.
- **Inomhusmiljön i Välludden** beskriver den undersökning som genomförts av SP och som omfattar **enkät till de boende**, besiktning på plats av **termiskt klimat, dagsljusfaktor, luftkvalitet** och **fuktindikationer i konstruktionerna**.
- **Energieffektivitet för Välludden** som har genomförts av IVL, visar vilka förutsättningar som finns för vilken energiprestanda som kan uppnås utifrån valda konstruktionslösningar och installationer. Värmebehovet, värme och varmvatten redovisas utifrån teoretiska projekterade värden och faktiska värden efter 10 års drift och jämförs med andra byggnader, kommande krav inom Välle Broar samt de nya byggreglerna. Elbehovet avseende fastighetsdriften redovisas utifrån köpt energi.
- **Drift och underhåll av trädetaljer i Välludden** redovisas genom den okulära besiktning som har gjorts på plats av SP. De delar som har undersökts är fasadpartier, fönster med omfattningar, balkonger och entrétak och invändigt trapphus.

3 Genomförande av utvärderingen

Utvärderingen har genomförts i två steg, där steg 1 inneburit att Vålludden har utvärderats efter 10 års drift och att marknadsrelevanta förslag till miljöförbättringar har identifierats. Steg 2 har bestått i att överföra erfarenheterna från Vålludden till den planerade och pågående utbyggnaden inom Vålle Broar området.

Delmålen för projektet har varit att:

- göra en systematisk utvärdering av 10 års drift av Vålludden med fokus på värmebehov, inomhusmiljö och underhållsaspekter.
- ge förslag till marknadsrelevanta miljöförbättringar som kan införas i projekten Vallen, Limnologen och Pålaträdan.
- ge en erfarenhetsåterföring till och påverkan av planeringen och projekteringen av övriga projekt inom Vålle broar (t.ex. Vallen, Limnologen och Pålaträdan).

Inomhusmiljö

SP tog fram ett provprogram med särskild inriktning mot inomhusmiljöaspekter. Kontrollerna genomfördes enligt konceptet för SP:s P-märkning av inomhusmiljö där man genomför en ”grundlig första utredning, GFU” för kontroll av byggnadens tekniska förutsättningar att leva upp till kraven för god inomhusmiljö. En sådan utredning innebär bland annat:

- Enkät till brukarna – utgångspunkten är Örebroenkäten men där bara inomhusmiljöaspekterna har tagits med.
- Ritningsgranskning för utpekande av känsliga detaljer före undersökningen på plats.
- Besiktning med avseende på luftkvalitet, termisk komfort, ventilation, fuktskador, akustik m m. Vid besiktningen har hänsyn tagits till de klagomål och synpunkter som kommit fram i enkäten.
- Tekniska mätningar på plats har genomförts av följande delar:
 - Ventilationsteknisk undersökning genom mätning av luftflöden.
 - Fuktteknisk undersökning: väggar, tak, grund, våtrum (rörelser i golv, fuktskador vid brunn, skarvar eller genomföringar) m m.
 - Ljusundersökning: Dagsljusfaktorn har uppmätts.
 - Termisk komfort har dels bedöms utifrån ritningsunderlaget och besiktning på plats. Lufthastighet och temperatur i rumsluften vid olika höjder över golvet har mätts upp. Bedömning av isolerförmåga och lufttäthet har gjorts med hjälp av IR-kamera i samband med besök i lägenheterna.

Energieffektivitet

IVL har genomfört utvärderingen avseende energieffektivitet. För Vålludden har de ur energisynpunkt viktigaste konstruktionslösningarna beskrivits. De teoretiska värdena från den ursprungliga projekteringen har sammanställts. Faktiska värden för 10 års drift har insamlats från energibolaget som levererar värme och el till Vålludden. Energivärdena har normalårskorrigerats med hjälp av graddagsmetoden samt att energistatistiken har korrigerats då data har saknats för vissa tidpunkter. Jämförelse med energistatistiken för bostäder i Sverige har gjorts liksom med energieffektiva lösningar såsom passiv- och lågenergihus.

Underhållsaspekter av trädetaljer

De delar som har undersökts är fasadpartier, fönster med omfattningar, balkonger och entrétak. Undersökningen genomfördes genom platsbesök där samtliga 3 hus inspekterades genom okulär besiktning. Undersökningen genomfördes av SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Undersökningen baseras enbart på platsbesök eftersom konstruktionsritningar inte varit möjliga att erhålla. Vidare ingick inte att bedöma livslängden för de olika byggnadsdelarna eftersom tillförlitliga metoder för detta saknas. Däremot har jämförelser gjorts med beprövad erfarenhet från referensobjekt. Fuktkvotmätningar genomfördes inte heller eftersom vädret under en längre period hade varit torrt och varmt.

Marknadsrelevanta miljöförbättringar

Förslag till marknadsrelevanta miljöförbättringar har också tagits fram av IVL. I samband med varje del rörande inomhusmiljö, energi och underhåll har förslag till marknadsrelevanta lösningar diskuterats och föreslagits.

Påverkan på den pågående utbyggnaden av Välle Broar

Resultaten har i första hand presenterats och diskuterats med den av Södra utsedda kontaktpersonen. Därutöver har resultaten redovisats för aktörerna inom Välle Broar vid ett flertal tillfällen.

4 Resultat – utvärdering av 10 års drift av Välludden

4.1 Inomhusmiljön i Välludden

När kraven på en ökad energieffektivisering av våra bostäder blir allt mer aktuellt är det viktigt att kraven på en god inomhusmiljö upprätthålls. En god inomhusmiljö är en grundläggande funktion för en byggnad, trots detta så är det svårt att säga exakt vad som är en god inomhusmiljö. Det har därför utvecklats ett antal riktlinjer och regler för t.ex. luftkvalitet, ljud och termisk komfort som framförallt definieras i Boverkets Byggregler (BBR 2006). En studie i Värmland bland förskolebarn mellan 1 och 6 år visar också att det finns ett samband mellan mögellukt, dåligt luftväxling i bostäder och förekomsten av allergibesvär hos barn (L. Hägerhed Engman 2006). I utvärderingen av inomhusmiljön i Välludden har de styrande funktionerna enligt byggreglerna för inomhusmiljön undersökts och redovisas nedan.

4.1.1 Enkät till de boende

En enkät togs fram som skickades ut till alla boende. Enkäten, se bilaga 1, som är en förenklad variant av Örebroenkäten (K. Andersson et al 1991), visar om de boende har känt sig besvärad av några inomhusmiljöfaktorer i sin bostad. Faktorer som ingick var drag, för hög rumstemperatur, för stora variationer i rumstemperatur, för låg rumstemperatur, instängd "dålig" luft, torr luft, fuktig luft, obehaglig lukt, dålig belysning i allmänna utrymmen, buller från ventilation och vitvaror, buller från andra lägenheter, buller utifrån, damm och smuts, svårstädade golv eller andra synpunkter som de boende kunde ta upp själva.

Totalt var det 20 lägenhetsinnehavare som har svarat på frågor där svarsalternativen har varit **ja ofta**, **ja ibland** och **nej aldrig**. Vid utvärdering av enkäter brukar endast svarsalternativet **ja ofta**

anses som relevant om de boende upplever besvär, vilket även bedömdes gälla för denna enkätundersökning.

Tabell 1. I tabellen nedan har enkätsvaren till de boende sammanställts. Alla 20 har inte svarat på alla frågor och därför kan antalet svar skilja sig åt mellan frågorna.

Frågeställning	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, aldrig	Ja ofta/antalet svar
Drag	1	3	16	5 %
För hög rumstemperatur	0	5	14	0 %
För stora variationer i rumstemperatur	0	6	14	0 %
För låg rumstemperatur	1	6	13	5 %
Instängd "dålig" luft	2	3	15	10 %
Torr luft	0	6	14	0 %
Fuktig luft	0	1	19	0 %
Obehaglig lukt	1	1	18	5 %
Dålig belysning i allmänna utrymmen	0	3	17	0 %
Buller från ventilation och vitvaror	2	8	10	10 %
Buller från andra lägenheter	2	8	9	10 %
Buller utifrån	2	2	16	10 %
Damm och smuts	0	3	16	0 %
Svärstädade golv	0	0	20	0 %

Av resultaten, se tabell 1, framgår att angivelsen att de besvär som ofta finns för drag, låg rumstemperatur och obehaglig lukt (ett **ja ofta** för vardera alternativet) samt instängd "dålig" luft, buller från ventilation och vitvaror, buller från andra lägenheter och buller utifrån (två **ja ofta** för vardera alternativ).

Sammantaget innebär resultaten från enkätundersökningen att få anger besvär som **ja ofta**. I de fyra frågor som två har svarat **ja ofta** innebär det att 10 % av totala antalet svarande anser att det finns besvär vilket är relativt lågt. Dessa klagomål berör de tre frågor som ställts om buller och av svaren framgår också att ganska många anger besvär ibland för dessa frågor. Vår tolkning av svaren på bullerfrågorna är att detta stör många boende mer eller mindre.

Det kan noteras att av de boendes egna kommentarer så har tre stycken angett att det ofta luktar instängt och rökigt. Dessa synpunkter kan ha en koppling till bullerfrågorna, framförallt buller utifrån och från andra lägenheter, om konstruktionerna är otäta.

4.1.2 Termiskt klimat mätning av lufthastighet och temperatur

Ett bra termiskt klimat med en god komfort är en viktig faktor för en god inomhusmiljö. Enligt Boverkets föreskrifter (BFS 2006:12) ska byggnaden utformas så att tillfredställande termiskt klimat kan erhållas. Ett exempel är att lufthastigheten inte ska överstiga 0,15 m/s i vistelsezonen (BBR 2006) och temperaturen ska i bostadsrum vara 18 grader, yttemperaturen på golvet i vistelsezonen ska ligga över 16 grader. Vistelsezon är numera definierad i byggreglerna och i undersökningen har mätningarna utförts 0,6 m från yttervägg vid fönster och fönsterdörrar på 0,1, 0,6 och 1,1 m höjd över golvet, enligt nya BBR ska även 2,0 m över golvet inkluderas men vid tidpunkten för

undersökningen fanns inte dessa riktlinjer i byggreglerna. Varje mätning har pågått under 3 minuter och resultaten som redovisas i bilaga 2 är medelvärden på lufthastigheten under mättiden samt standardavvikelsen på medelvärdet. De mätningar som utförts visar att det endast finns fem lufthastigheter som överstiger 0,11 m/s med högsta lufthastighet på 0,15 m/s (lägenhet 1401). Inget av mätvärdena är alltså underkänt vid jämförelse med vad byggnormen anger. Bedömning är därför att det termiska klimatet med avseende på lufthastighet är mycket bra. Mätningarna av temperaturen i rumsluft, redovisas också i bilaga 2, visar helt normala rumstemperaturer i de olika zonerna.

4.1.3 Dagsljusfaktor

Vid planering av bostäder är det viktigt att tillgången på dagsljus blir tillräckligt god. Särskilt viktigt blir det att tillgodose dagsljuset om byggnaden ska vara energieffektiv, det måste med andra ord finnas tillräckligt med fönster som ger ljusinsläpp. Undersökningen av dagsljuset utförs som en mätning av belysningsstyrka inom- och utomhus varefter relationen mellan dessa ger ett värde på dagsljusfaktorn. Mätning bör ske i mulet till halvklart väder då t ex skuggors inverkan kan försummas. Mätningen inomhus bör ske utan påverkan av möblemang, mitt i rummet och 0,85 m över golvet. Godkänd dagsljusfaktor är att värdet inne ska vara minst 1 % av utevärdet. Detta krav är gott och väl uppfyllt i alla mätfall förutom i köket i en av lägenheterna. Orsaken till det för låga värdet bedöms bero på ett stort buskaget utanför fönstret som skymmer insläpp av ljus tillsammans med stora och täta gardiner som täcker stora delar av glasytan. Slutsatsen av mätningarna av dagsljusfaktorn är att lägenheterna har en bra dagsljusfaktor.

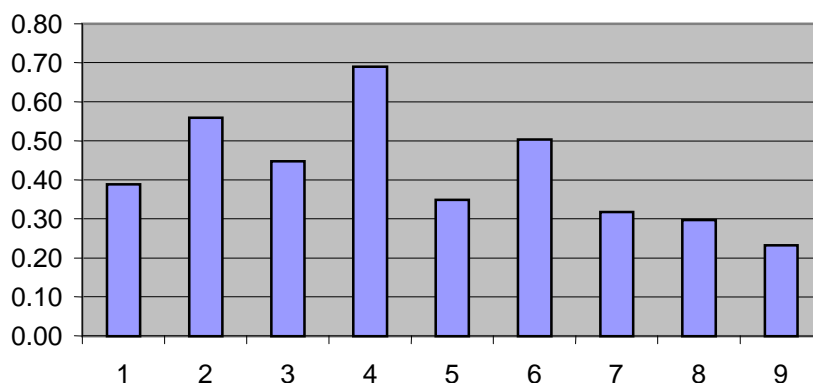
4.1.4 Ventilationens funktion - Luftkvalitet

Att tillföra byggnaden tillräckligt mycket frisk utomhusluft säkerställer att luftkvaliteten i våra bostäder är god. Emissioner från de boendes aktiviteter och vanor ska vädras bort tillsammans med emissioner från byggnadsmaterial. Vi vädrar både för verksamheten och för byggnadens egen skull. Den tidigare nämnda Värmlandsstudien pekar på vikten av att luftutbytet är tillräckligt så att inte ohälsa uppträder. För träbyggnader är det också viktigt att ventileras så att fuktbelastningen från verksamheten inte blir för hög och därmed kan öka risken för fuktskador i konstruktionen. Enligt byggreglerna ska en luftomsättning på 0,35 l/s per m² golvarea gälla som minimikrav (BBR 2006).

Mätning av frånluftsflödena

Frånluftsflödena mättes i de 9 lägenheterna i Vålludden och det kunde noteras att filtret i utsuget vid köksfläkten ofta var mycket smutsigt. Därför byttes filtret i de flesta lägenheter före mätningen eftersom det vid en kontroll visade sig bli 25-30 % bättre luftflöden. Detta innebär förmodligen att luftflödena troligtvis inte når upp till normen utan denna åtgärd. Detta visar på att rutinerna bör ändras för hur ofta filtren bör bytas eller rengöras.

Lufvåxling - liter/m² golvarea i lågenheterna i Vålludden



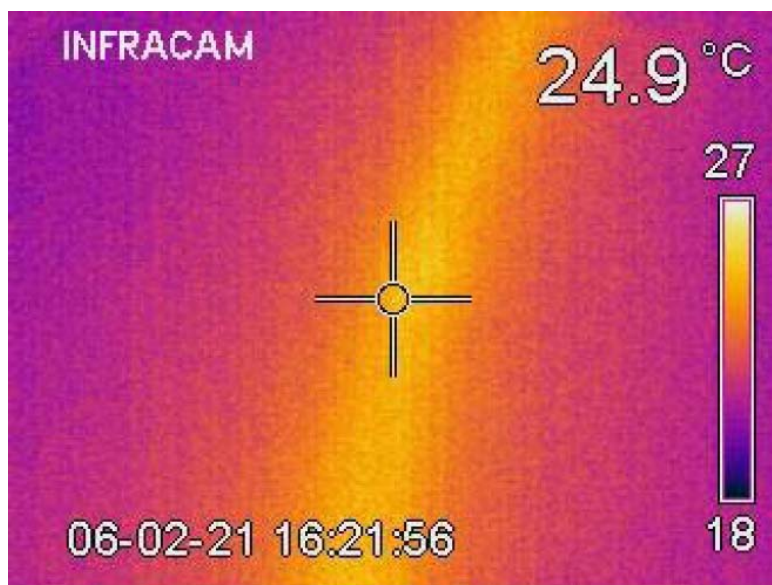
Figur 1. Diagrammet visar luftvåxlingen (baserad på uppmåttå frånlufvåxlingen) i de nio lågenheter som har undersått. Sex av lågenheterna visar en tillråckligt god luftvåxling resterande ligger något lågt

Av resultatena framgår att det finns ganska stora skillnader i luftomsåttning, se figur 1, vilket kan ha olika förklarånger. I någon av lågenheterna är flådet det dubbla mot vad byggnormen anger som lågsta omsåttning. I lågenheten med lågst omsåttning kunde dock inte måtningar göras på samtliga don. Det finns skål att göra en åversyn åven i åvriga lågenheter där måtningar inte gjorts. En kontroll av kanalerna bör göras för att se om dessa behöver rengåras eftersom smutsiga kanaler kan förklara en del av de låga värdena. Rutiner för filterbyten och rengåring bör låggas in i underhållsrutinerna. Den forcerade ventilationen var ur funktion i en av lågenheterna åven detta bör ses åver och åtgårdas för alla lågenheter. Alla uppmåttå luftflåden finns redovisade i bilaga 3.

4.1.5 Fuktindikationer

I de nya byggreglerna anges fuktfrågorna som en viktig faktor att beakta så att byggnaden sårkerstål en god hygien, hålta och sårkerhet för de boende. Det handlar om hågsta tillstånd fuktillstånd för olika material. Byggnaden ska uppfåras och förvaltas så att kritiska fuktillstånd för olika material alltid kan undvikas. I den nya byggnormen anges att om inte det kritiska fuktillståndet är kånt för ett material skål 75 % relativ fuktighet (RF) anvådas som kritiskt fuktillstånd.

Får Vålludden har en indikerande fuktmåtning genomfårts. Inga fuktindikationer kunde noteras utom i ett badrum i en av lågenheterna. Under golvet i badrummet är det platta på mark av betong. Måjliga orsaker till fuktindikationerna kan vara låckage i installationer eller markfukt men undersåkningen kan inte visa den exakta orsaken, vidare utredningar kråvs för att få fram orsakerna. En annan måjlighet till fuktindikationen i badrumsgolvet i den aktuella lågenheten skulle kunna vara omfårdelning av fukt på grund av vårmerår i golvet. Temperaturen vid rårret är betydligt hågre och beroende på hur fuktskyddet är utformad i konstruktionen så skulle fukt från marken kunna omfårdelas i golvet. Vårmerårret syns tydligt på termogram, se figur 2 nedan.



Figur 2. Mät punkt 18, badrumsgolvet i lägenhet 2104. Termogram som visar höga temperaturer i betongplattan där värmeröret finns.

I övrigt har kontroller gjorts utmed golvvinklar och fönstersmygar för att undersöka förekomst av avvikande lukt och om det finns förhöjda fuktkvoter i socklar och insida vägg (inga friläggningar av konstruktionerna fick göras). Ingen avvikande lukt har konstaterats och det fanns inga förhöjda fuktkvoter som skulle tyda på onormal fuktförekomst. Observera dock att fuktmätningarna endast skall betraktas som indikationsmätningar eftersom de utförts på insidan av ytterväggsstrukturen.

Slutsatsen av dessa undersökningar är att det inte finns något som pekar på att det skulle finnas fuktrelaterade skador i byggnadsstrukturen med undantag av badrumsgolvet i en av lägenhet samt utomhuskonstruktioner vid balkonger.

Kontroller av vindsutrymmen har inte heller visat på några brister eller tecken på fuktskador. Fuktkvoten i yttertakets råspons uppmättes till 0,15-0,17 kg/kg vilket är förväntat för årstiden och konstruktionen. Isolertjockleken i vindsbjälklaget har stickprovsmässigt uppmätts till > 40 cm. Enda anmärkningen som var noterat på vindarna är ett fågelbo i hus 1. Fåglarna har troligtvis kommit in till vinden via en trumma ovanför boet eftersom nätet i trumman ser ut att vara skadat.

Konstruktionsritningarna har inte kunnat granskas varför en bedömning av de olika detaljerna inte har kunnat göras.

4.2 Energieffektivitet för Välludden

De aktiviteter som krävs för att driva och underhålla huset är en av de mest betydande miljöaspekterna. Energiaspekten överbryggar det mesta och flera tidigare genomförda livscykelanalyser (LCA) visar att uppvärmningen i ett flerbostadshus motsvarar upp till 85 % av det totala energibehovet sett över hela livscykel. Materialtillverkningen motsvarar 10-15% av energibehovet medan avfallshanteringen endast utgör några få procent (T. Ekvall 2006). Välludden, som byggdes i syftet att visa på möjligheten att uppföra flervåningshus i trä på ett marknadsmässigt

sätt, har främst byggts med teknik som motsvarar den tidens standard för flerbostadshus. En tidigare genomförd LCA (K. Adalberth 2000) visar att även Välludden har en miljöprofil där energianvändningen och miljöpåverkan i huvudsak uppstår under driftsfasen. De för Välluddens typiska konstruktionsdetaljerna och tekniska lösningar som påverkar energibehovet visas i Tabell 2 nedan:

Tabell 2. Konstruktionsdetaljer och tekniska system som påverkar uppvärmningsbehovet

System	Beskrivning		
Uppvärmning	Vattenburna radiatorer. Källan är fjärrvärme från Växjö Energi AB		
Ventilation	Mekanisk frånluft utan värmeåtervinning, sk F-system. Tilluften tas in via fasaden bakom radiatorerna. Förvärmning av tilluften genom radiatorerna då dessa är igång.		
Konstruktion	Beskrivning	U-värde* (W/m ² K)	Area
Grund	Platta på mark med 70 mm cellplast under betongen samt 50 mm tjälisolering.	0,234	15%
Ytterväggar	En bärande träregelstomme med en isolertjocklek mellan 190 och 240 mm.	0,196 – 0,222	45%
Vindsbjälklag	Har en isolertjocklek på 400 mm lösull.	0,130	17%
Fönster	Fönstret är ett tre glas (1+2) utan lågemissionsskikt och gas	1,90	11%

*U-värdet beskriver värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar i W/m²K

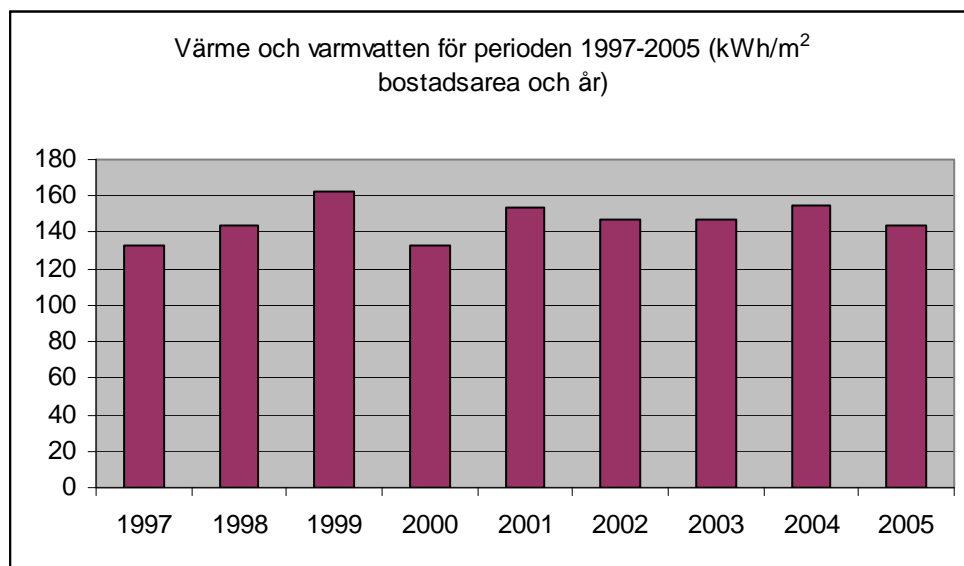
4.2.1 Värmebehov

Teoretiskt värde

Enligt tidigare genomförd studie av Adalberth (K. Adalberth 2000) har det teoretiska värmebehovet inklusive varmvatten beräknats för hus nr 2 i Välludden till 94 kWh/m² bruksarea och år. Bruksarean i detta fall har varit 1192 m² vilket inkluderar biytor. I denna studie har lägenhetsarea använts som beräkningsgrund och denna har varit 975 m², därför har Adalberths teoretiska värde räknats om för att motsvara samma area, vilket då blir 115 kWh/m² lägenhetsarea och år. De teoretiska energiberäkningarna används vid projekteringen för att redovisa byggnadens energiprestanda och för att visa att de valda lösningarna svarar upp till de normer som Boverket har satt upp. Viktigt är att även de teoretiska värdena följs upp och redovisas i form av faktiska värden för driften. Syftet då är att säkerställa att den avsedda kvaliteten har uppnåtts när det gäller byggnadens klimatskal och dess installationer. I det nya EU-direktivet om byggnaders energiprestanda (Directive 2002/91/EC) ställs det krav på fastighetsägaren att följa upp den verkliga energianvändningen.

Faktiska värden från 10 års drift

Energianvändning för uppvärmning och varmvatten för åren 1997 – 2005 har följts upp för de tre husen Vålludden 1, 2 och 3 enligt figur 3 nedan. I medeltal är energianvändningen för uppvärmning och varmvatten 146 kWh/m² bostadsarea (d.v.s. lägenhetsytor minus t.ex. trapphus) utslaget för hela perioden på 9 år.



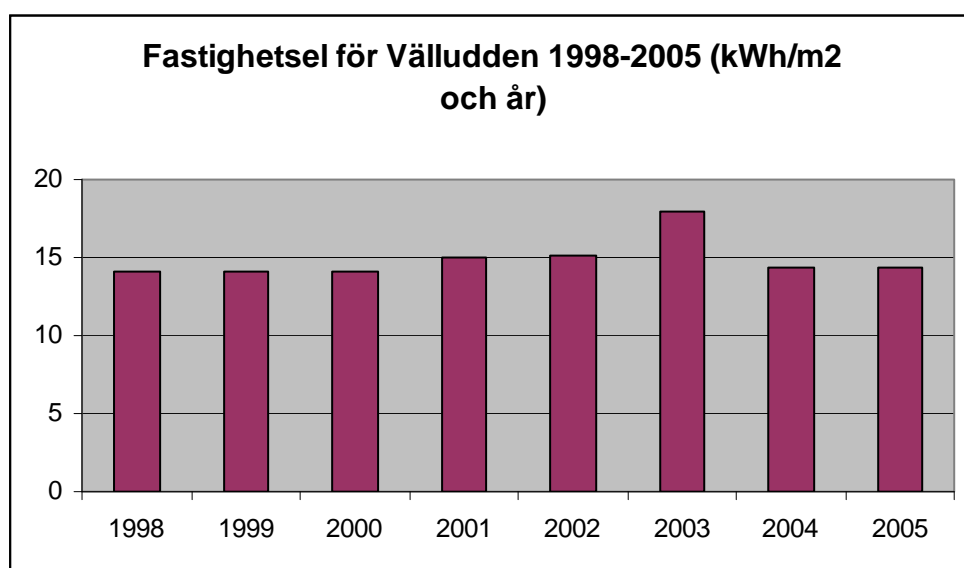
Figur 3. Energistatistik redovisas i diagrammet för åren 1997-2005 för Vålludden. Värdena är normalårskorrigerade samt korrigerade för en del brister i statistiken.

Uppgifterna har sammanställts och beräknats utifrån den energistatistik som Växjö Energi AB har uppmätt för de olika åren. Värdena varierar givetvis från år till år beroende på att klimatet växlar med varmare och kallare perioder. Därför har värdena korrigerats med graddagsmetoden så att siffrorna är jämförbara från år till år. Normalårskorrigeringen medger att jämförelser mellan olika år kan göras och att även liknande byggnader kan användas som referensvärden (L. Schulz 2003).

Energistatistiken visade inledningsvis en relativt stor variation, trots normalårskorrigeringen, och därför har en noggrann analys gjorts av statistiken för de enskilda månaderna. För år 1997 saknas statistik för januari och därför har 1998 års värde använts i stället. För år 2002 avviker två månadsvärden en hel del från tidigare månader med bl.a. negativa tal, därför har dessa månader antagits med värden från 2001 års statistik för motsvarande månader. Ytterligare korrigerings har gjorts genom att fördela värdena för december mellan de åren 2003 och 2004 eftersom mätningarna gick över årsskiftet. Däremot återstår vissa skillnader mellan 1999 och 2000 där orsaken troligtvis är den utbyggnad som skedde i Vålludden i och med att hus 3 togs i drift i november 1999. En annan källa till variationer är om brukarna ändrar sina vanor genom att använda mer varmvatten.

4.2.2 Fastighetsel

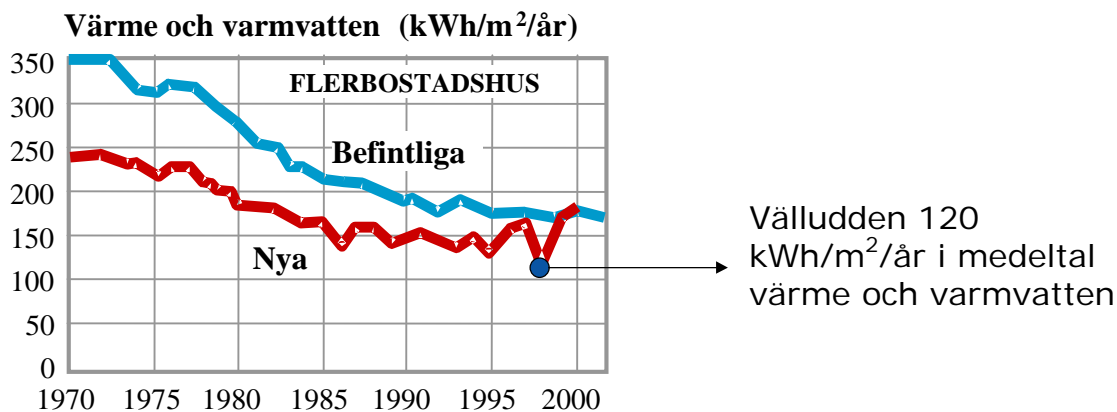
Den totala elförbrukningen för en byggnad är betydligt svårare att följa upp och det är därför svårt att få fram specifika värden för enskilda byggnader. Orsaken är att hushållselen är någonting som de boende själva handlar upp, olika leverantörer av el kan därför förekomma i ett och samma hus. Fastighetsägaren har inte heller en juridisk rätt att upprätta statistik över de boendes elvanor. Uppföljning har därmed endast kunnat göras för fastighetselen som består främst av el till fläktar för den mekaniska frånluften, belysning av gemensamhetsutrymmen samt eventuella tvättutrymmen, se figur 4. El rörande garage och undercentraler har inte medtagits. Det samlade årsmedelvärdet för fastighetsel är 15 kWh/m² bostadsarea och år. Det är framförallt årsvärdet för 2003 som drar upp siffran, orsaken är oklar.



Figur 4. I figuren visas fastighetselen som medelvärden för varje år i kWh/m² bostadsarea och år

4.2.3 Jämförelse med andra byggnader

Energianvändningen för flerbostadshus i Sverige har undersökts och sammanställts, se diagrammet nedan (Formas 2006). Den visar på en energianvändning motsvarande all uppvärmd yta i flerbostadshus inklusive åtgång för varmvatten. Välludden som har ett värme och varmvattenbehov på 146 kWh/m² lägenhetsyta och år kan jämföras med dessa siffror genom att räkna om den jämförbara ytan så att även alla uppvärmda ytor är medräknade (t.ex. trapphus). Den jämförbara siffran för Välludden är 120 kWh/m² uppvärmd yta och år.



Källa: Formas 2006

Figur 5. I diagrammet visas utvecklingen för det svenska fastighetsbeståndet gällande flerbostadshus, enligt Formas (Formas 2006). I diagrammet har det faktiska värmebehovet (inklusive varmvatten) för Välludden lagts in.

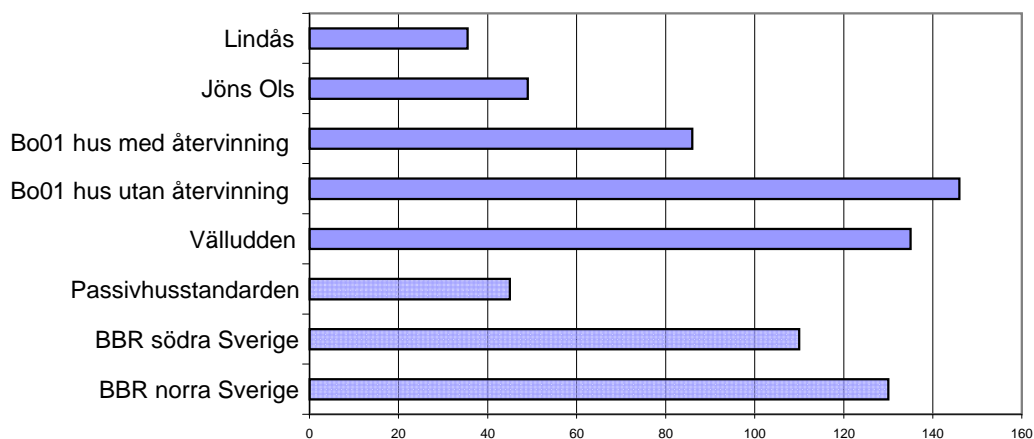
I figur 5 ovan visas utvecklingen från 1970 talet fram till 2002 (Formas 2006). Sedan energikrisen på 70-talet har utvecklingen visat på ett stadigt minskat uppvärmningsbehov för både befintliga flerbostadshus liksom nyproduktion. Notera att under senare år har trenden vänts och kurvan planat ut. Särskilt oroväckande är att nybyggda hus under senare år till och med är sämre ur energisynpunkt än det gamla bostadsbeståndet. Husen i Välludden, som byggdes i syfte att motsvara den tidens standardhus, vad gäller teknik och prestanda, visar att värme och varmvattenbehovet motsvarar väl den tidens hus.

Byggnadens specifika energianvändning definieras i reglerna som levererad energi till byggnaden för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten samt drift av byggnadens installationer (pumpar, fläktar etc.) och övrig fastighetsel. $A(\text{temp})$ har införts för att definiera den area som byggnadens specifika energianvändning ska beräknas efter. $A(\text{temp})$ definieras som golvarean i temperaturreglerade utrymmen avsedda att värmas till mer än 10 °C begränsade av klimatskärmens insida. $A(\text{temp})$ får man alltså fram genom att summera varje våningsplans invändiga area, i normalfallet invändig bredd gånger längd. Eventuella areor för mellanväggar, pelare, schakt, öppningar, trapphus, m.m. som finns innanför klimatskärmen räknas med i golvarean $A(\text{temp})$.

Om vi jämför energianvändningen för olika senare utvecklingsprojekt i Sverige med de nya byggreglerna och standarden för passivhus kan vi se att det kan vara svårt att nå riktigt låga energivärden. Bo01 hade som målsättning att nå 105 kWh/m² och år (vilket inkluderar värme, varmvatten, fastighetsel och hushållsel) men resultaten från den första mätningen blev ett medelvärde på 186 kWh/m² utan värmeåtervinning och 127 kWh/m² för byggnader med värmeåtervinning (A. Nilsson 2003). Uppmätta värden för kvarteret Jöns Ols på 84 kWh/m² (inkluderat värme, varmvatten och hushållsel) visar dock att låga värden går att uppnå även för flerbostadshus (C. Warfinge 2005) med konventionell byggnadsteknik. Lindåshusens uppmätta energiprestanda ligger på 69 kWh/m², inkluderat värme, varmvatten och hushållsel (S. Ruud, L. Lundin 2004). En standard för passivhus i Sverige har föreslagits av forum för energieffektiv bebyggelse FEBY där maximalt 45 kWh/m² exklusive hushållsel har ställts som krav (FEBY 2007). De nya byggreglerna föreskriver att den specifika energianvändningen ska vara 110 kWh/m² för södra Sverige och 130 kWh/m² för norra Sverige (exklusive hushållsel). För Välludden är den specifika energianvändningen 120 +15, dvs. totalt 135 kWh/m² (värme, varmvatten och

fastighetsel). I figur 6 kan de olika husens specifika energibehov jämföras med vad normen kräver. Värdena har räknats om så att det motsvarar den specifika energin enligt byggnormen och ett antaget värde på 40 kWh/m² har antagits som hushållsel och dragits ifrån värdena för Jöns Ols samt Bo-01 husen.

Jämförelse av specifik energianvändning för olika byggnader i relation till byggnormen kWh/m²

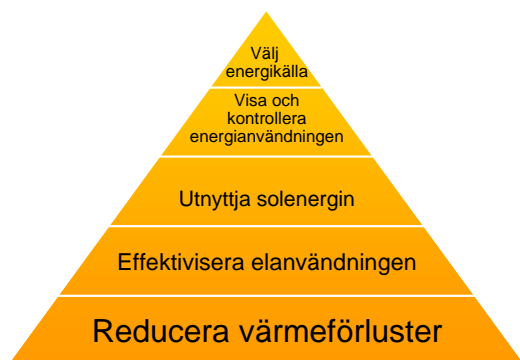


Figur 6. Diagrammet visar en jämförelse av den specifika energianvändningen, dvs. värme, varmvatten samt fastighetsel, med riktlinjer för vad dagens byggnorm samt passivhusstandarden kräver. I fallen för Jöns Ols, Bo01 har hushållsel på 40 kWh/m² antagits och dragits ifrån de uppmätta värdena.

4.2.4 Marknadsrelevanta miljöförbättringar för flervåningshus i trä

Potentialen för energieffektivisering av flervåningshusen i Välludden jämfört med de byggnader som idag har den bästa energiprestandan är ca 90 kWh/m² och år. Med ett pris på 45 öre/kWh (utan skatter och moms) leder detta till en kostnadsbesparing för driften på ca 40 kr/m² och år. Används kostnadsbesparingen till att investera i mer energibesparande teknik så motsvarar besparingen en ökad investeringsmöjlighet på ca 1000 kr/m² förutsatt en kalkylränta på 4%. Enligt goda exempel från Byggekostnadsforum, kan en produktionskostnad på mellan 9000-13000 kr/m² uppnås (Byggekostnadsforum 2002). En ökad investering på 1000 kr motsvarar för dessa produktionskostnader en kostnadsökning på mellan 7-8 %, skulle produktionskostnaden vara 20000 kr/m² skulle 1000 kr innebära en kostnadsökning på 5%.

Olika lösningars kostnader beror på det aktuella fallet och har därför inte kalkylerats här, men kostnadsbesparingskalkylen kan användas som riktvärden för framtida bostadsprojekt då olika energieffektiviseringsåtgärder undersöks. Ett systematiskt sätt att angripa energieffektiviseringspotentialen för bostadshus är att följa den modell som har tagits fram av Byggforsk i Norge, se figur 7. Det innebär att först reducera alla värmeförluster, därefter effektivisera elanvändningen, utnyttja solenergin och visa och kontrollera energianvändningen för att som sista steg välja energikälla för det återstående energibehovet. I texten nedan beskrivs kort de olika stegen och vilka åtgärder som kan vara relevanta att genomföra för flervåningshus i trä.



Kålla: Den Norske Stats Husbank i samarbeide med SINTEF och Byggeforsk

Figur 7. Strategi vid projektering av energieffektiva boståder enligt förlaga från SINTEF och Byggeforsk i Norge.

Reduktion av vrmevrlusterna ger en bas för vilket värmebehov byggnaden i slutåndan fr. Det innebär att alla flöden av energi ut från huset ska minimeras. De viktigaste åtgärderna är förbättrat klimatskal, tillräcklig lufttäthet samt återvinning av ventilationsluftens värmeinhåll. I vissa specialfall kan även avloppsvattnets energiinhåll återvinnas.

Förbättrat klimatskal handlar främst om att välja bättre fönster, lagom stor fönsterarea, förbättra väggar, yttertak och grundens isolerförmåga samt att bygga tätt och minimera köldbryggor. I tabell 3 nedan jämförs Vålluddenhusens U-värden med Lindåshusen, kvarteret Jöns Ols och de riktvärden som har satts upp inom ramen för EU-projektet SESAC som bedrivs inom ramen för Vlle Broar området.

Tabell 3. Jämförelse av U-värden för olika projekt

U-värden	Vålludden U values W/m2K	Lindås W/m2K	Kv Jöns Ols figures W/m2K	SESAC specification W/m2K
Golv	0,234	0,09	0,15	0,12
Yttertak	0,130	0,08	0,11	0,12
Yttervägg	0,196 – 0,222	0,10	0,15	0,15
Fönster	1,90	0,85	1,15	1,1

Att skapa ett klimatskal som r **tillrckligt lufttätt** r en viktig del i de funktioner som ska skapas för byggnaden. De viktigaste negativa konsekvenserna av otätt utförande av klimatskalet r enligt (P.I. Sandberg et al 2007):

- kad energianvåndning genom transmissions- och ventilationsförluster
- Försämra komfort med kalla golv och ökat drag
- kad risk för fuktskador genom fuktkonvektion och regnvatten som kan läcka in
- Försämrad luftkvalitet genom störningar i ventilationssystemets funktion, spridning av lukter, partiklar och gaser (ven radonlckage från grund)
- Försämrad ljudisolering

Inför ett projekt bör ambitionsnivån när det gäller tätheten för byggnaden bestämmas. Som riktvärden ges tre olika tthetsutfranden i tabellen nedan. Tätheten måste säkerställas vid projekterings, bygg och driftsskede. I tabell 4 nedan visas jämförelser mellan olika objekts täthet.

Tabell 4. Jämförelse av olika täthetsutföranden i liter per sekund och kvadratmeter omslutningsyta vid ett tryck på 50 Pa.

Täthet vid 50 Pa	l/sm ²
Lindås	0,3
Bo01 - mätning av 8 lägenheter	0,7-2,0
Tidigare krav enligt BBR	0,8

Byggnadens omslutningsyta definieras som den sammanlagda arean för byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft. Detta innebär ytterväggar, tak och golv men inte lägenhetsskiljande väggar.

Att välja ett system som **återvinner frånluftens värmeinnehåll** kan tyckas vara självklart men under en längre tid i Sverige har det funnits en möjlighet att inte installera frånluftsåtervinning om den tillförda energin är fjärrvärme. Nu har reglerna ändrats och det innebär att installation av mekanisk frånluft utan värmeåtervinning får svårt att uppnå samhällets minimikrav på energieffektivitet av byggnader. Passivhuset förutsätter ett FTX-system (mekaniskt från- och tilluftssystem med värmeåtervinning) men har genom sin goda isoleringsgrad och täta klimatskal möjliggjort att det traditionella radiatorsystemet inte behövs, vilket till viss del uppväger kostnaderna för FTX-systemet. I Lindåshuset sägs det att merkostnaden för FTX-systemet motsvarade den kostnad som sparas in på ett traditionellt uppvärmningssystem. I dagsläget pågår ett flertal passivhusprojekt där kostnadseffektiviteten kommer att kunna följas upp.

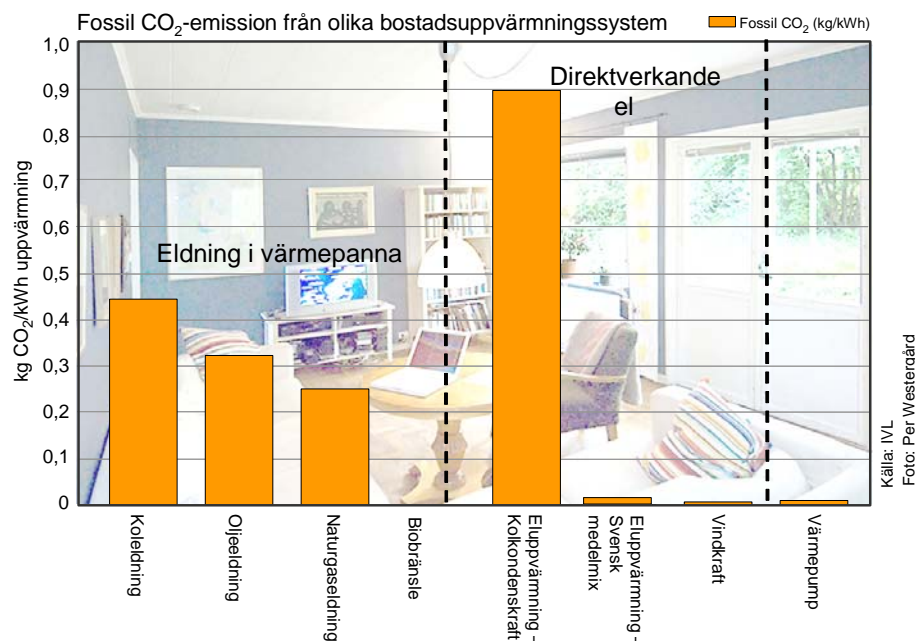
Att **effektivisera elenergin** inbegriper två delar. Dels ska alla installationer utföras effektivt, dels ska all elutrustning som väljs vara så energisnål som möjligt. Idag finns det ett särskilt EU-direktiv som ställer krav på att energiförbrukande utrustnings energieffektivitet under driften, det så kallade EUP-direktivet (Energy Using Products Directive).

Solvärme och solceller har använts i många olika byggprojekt, framförallt för att visualisera att området ska vara hållbart och försörjt med förnybar energi. Dock visar en genomgång av 23 olika utvecklingsprojekt inom EU (I.Kildsgaard et. al. 2007) att solceller har flera tekniska och ekonomiska problem. Solfångare däremot verkar i det stora flertalet av fallen fungera bra. Slutsatsen från genomgången vad gäller solceller visar bland annat att:

- låg energieffektiviteten för solceller, mellan 7 och 14%, beroende på typ av teknik
- höga investeringskostnader som leder till hög kostnad per kWh jämfört med att köpa el på nätet,
- svårt att installera där hinder finns, t.ex. genom att inte kunna ansluta dem direkt till det befintliga elnätet,
- Låg flexibilitet som gör att det är svårt att integrera solceller i byggnader på ett arkitektoniskt tillfredställande sätt.

Att visa och kontrollera energianvändningen är av största vikt eftersom brukarnas beteende i många fall påverkar mer än val av tekniska lösningar. I dagsläget kan energianvändningen mellan två likvärdiga bostäder skilja sig åt en hel del. I Lindåshuset uppmättes en faktor 2-3 mellan det hushåll med lägst energianvändning jämfört med det med högst. Att installera utrustning som visar vilken energi som åtgår för uppvärmning är viktigt, liksom att brukaren får betala själv för energianvändningen. Inom ramen för SESAC-projektet (SESAC 2008) i Växjö genomförs ett projekt som ska visa vilka resultat som individuell mätning och debitering ger. Delresultaten visar på att elanvändningen har minskat med mer än 10% jämfört med byggnader som saknar mätutrustning och displayer som visar förbrukningen. Varm- och kallvattenförbrukningen visar dock inte lika stora skillnader.

Att välja energikälla är förstås också viktigt men där användningen av resurser i första hand alltid ska minimeras. Val av uppvärmningssätt kan påverka t.ex. utsläppen av klimatpåverkande gaser en hel del. I figur 8 nedan visas utsläpp av koldioxid för olika typer av uppvärmningssätt. Val av uppvärmningssätt beror från fall till fall och där de lokala förutsättningarna alltid måste beaktas för att ge det bästa miljömässiga alternativet.



Figur 8. Beräkningar av utsläpp av koldioxid från olika typer av uppvärmning.

4.3 Underhåll

I studien har flera olika aspekter av drift och underhåll utvärderats för de 10 år som har gått sedan Välludden byggdes. Energiaspekten samt inomhusmiljöfrågor har beskrivits i tidigare avsnitt medan detta avsnitt ägnas åt underhållsfrågor kopplat till framförallt materialval i trä för ytskikt ut- och invändigt samt konstruktionsdetaljer utvändigt, därmed har inte övrigt underhåll ingått i studien.

Välludden som är byggt med en bärande stomme i trä har en putsad fasad med inslag av träpanel framförallt runt fönsterpartier och trapphus. Fönstren består av träfönster med fönsterfoder i trä. Franska balkonger har fönsterdörrar i trä samt med ett målat träräcke. Balkongerna är utförda med en bärande limträkonstruktion samt med ett golv bestående av lärktrall med en undersida av korrugerad plåt som leder ut regnvattnet. Därtill finns det entrétak utförda i limträ och trä med ett plåttak som regnskydd. Invändigt har trapphuset undersökts vilket främst gällt ektrappa med tillhörande avsatser.

Utvändigt är de delar som undersökts fasadpartier, fönster med omfattningar, balkonger och entrétak. Undersökningen genomfördes genom platsbesök där samtliga 3 hus inspekterades genom okulär besiktning. Undersökningen genomfördes av SP, Sveriges Provnings och Forskningsinstitut som också sammanställt en mer omfattande uppdragsrapport (F. Englund 2006). Här redovisas ett sammandrag av de resultat som framkommit. Undersökningen baseras enbart på platsbesök eftersom konstruktionsritningar inte varit möjliga att erhålla. Livslängden ingick inte att bedöma för

de olika byggnadsdelarna eftersom tillförlitliga metoder för detta saknas. Däremot har jämförelser gjorts med beprövad erfarenhet från referensobjekt. Fuktkvotsmätningar genomfördes inte heller eftersom vädret under en längre period hade varit torrt och varmt.

De tre husens träfasader har besiktigats. Två av husen byggdes vid samma tidpunkt med inflyttning under 1996, medan det tredje uppfördes 1999. För hus ett och två har först en grundolja använts därefter har ett lager med grundfärg, Visir eller uttunnad Drygolin från Jotun, samt slutligen ett lager toppfärg, Drygolin från Jotun. Systemet som har använts är en alkydoljefärg. För det tredje huset är det mer oklart vilket färgsystem som har använts, men det kan konstateras att det är en alkydoljefärg även i detta fall men det är oklart om en grundolja har använts.

En särskild plan för underhåll saknas. Genomförda underhållsinsatser har främst genomförts när behovet har tydligt påvisats t.ex. ommålning av balkongerna 2002. Däremot finns det ett löpande underhåll för trapphusets trappa samt trappavsatser i ek.

4.3.1 Fasader, entrétak, balkonger och fönstersnickerier

Alla **träfasader** bedöms vara i gott skick. Inget underhåll har hittills genomförts för fasadpartierna i trä. Granpanel har använts och vissa kådlåpor uppträder på fasaden, vilket är naturligt. Ingen påtaglig sprickbildning har observerats invid spikar, däremot finns det en del bräder som har spruckit i de nedre ändarna och framförallt då i plan 2. Sprickorna kan medföra en ökad fuktupptagning och därmed en försämrad livslängd. Utformningen av fasadbrädernas nedre ändrar har medfört att inspektionen har försvärats, dels är de snedkapade och dels slutar de mycket nära blecket som avdelar varje våning. Det var svårt att se hur mycket av grundfärgen som finns kvar på ändträet.



Figur 9. Hus 1 bild på fasaden från våren 2006. Detaljbild på övergången mellan olika våningsplan.
Foto Finn Englund SP-Träteck.

Putsfasaderna för hus 1 och 2 besiktigades tidigare under våren och det kunde då konstateras att det fanns en hel del sprickbildningar vertikalt, diagonalt och horisontellt, se figur 10.



Figur 10. Sprickbildning i den putsade fasaden. Foto Ingemar Nilsson SP.

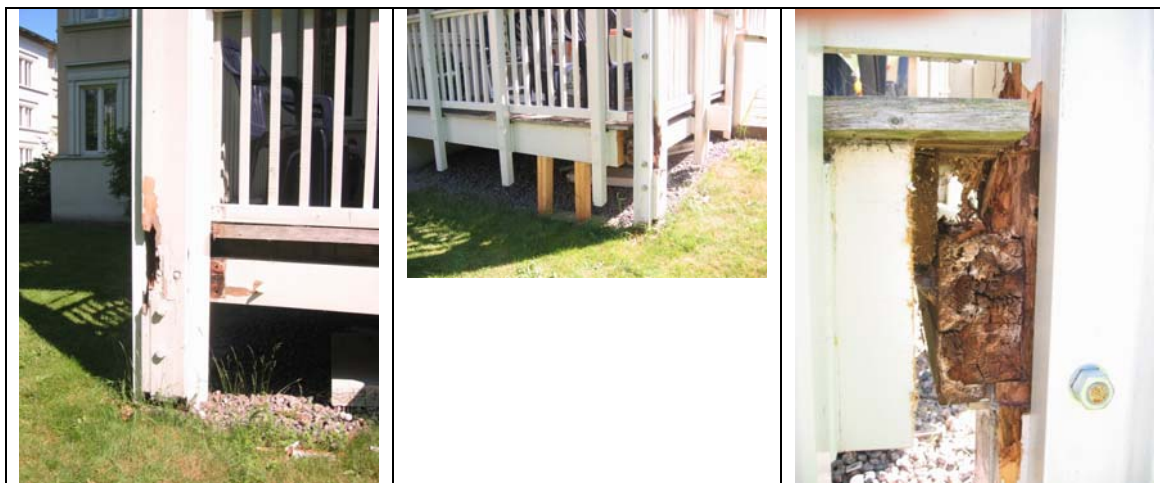
Entrétakets undersida har en del smuts vid en första okulär besiktning. Smutsen består av insekter, spindlar samt ytligt mögel och allmän smuts. Den del av limträbalk som bär upp taket och som inte är regnskyddad har påtagligt mer påväxt av grön-grå alger än den regnskyddade delen av balken. Kanterna är också betydligt mörkare vilket kan vara ett tecken på borteroderad färg. Det finns även sprickbildning längs med en av stolparna vilket är en varningssignal för framtida risker för fuktinträning, se figur 11.



Figur 11. Entrétak hus 1. Foto Finn Englund SP-Träteck.

Balkongernas skick åt sydväst är i mycket dåligt skick, se figur 12. Hörnstolpen i limträ är starkt rötangripen vid infästningarna av de yttre kantbalkarna, läget är värst nere i markplan. Tydlig växt av mycel av vitrötesvamp är synlig i de blottade områdena. Konstruktionen har tillfälligtvis stöttats upp genom två stöttor i balkongens underkant ner mot markplan. Stolpens nedre del har också stöttats upp med en vertikal stålprofil.

Orsakerna är att vatten har kunnat tränga in i hörnförbanden, och då det oimpregnerade limträet har en begränsad motståndskraft mot svampväxt har rötan fått fäste. De yttre kantbalkarna är inskurna i stolpen och förbandet är ihopdraget med bultar. Det är oklart om man har försökt att skydda inskärningarna särskilt, men om så var fallet har det varit otillräckligt. Efter granskning av tagna bilder av materialmöten mellan trä och betong så ger detta upphov till en del frågetecken kring t.ex. luftning av trämaterialiet om fukt tränger in i konstruktionen. Dessa frågor kan inte basvaras utan vidare undersökning.



Figur 12 Okulär besiktning av balkonger. Bilden visar tydligt angrepp av röta. Foto Finn Englund SP-Trätek.

Balkongens golv består av en trall med lärkträ som är platsbyggt i ett enda stycke, vilken är omöjlig att lyfta för att komma åt att rensa undertill från ansamlad skräp. Erfarenheter visar också att det har förekommit en hel del problem med oåtkomliga getingbon och växtlighet som gror och spirar i de växande organiska lagren ovanpå den korrugerade plåt som ska leda ut regnvatten. Det har inte gått att konstatera om det är något fall på plåten, eller om vattnet kan bli stående under trallen. Om det saknas fall blir det givetvis en mycket viktigt följdfråga hur anslutningen av plåten mot väggen är utförd, dvs. om det finns en adekvat tätning. Från plåten leds vattnet utanför kantbalken genom att det släpps på ett bleck som går ut över kanten. I sidled finns det dock inget stopp. Lärktrallens underhåll har överlåtits till hyresgästerna

Efter granskning av tagna bilder av materialmöten mellan trä och betong, se figur 13, kvarstår en del frågetecken kring t.ex. luftning av trämaterialiet om fukt tränger in i konstruktionen. Dessa frågor kan inte basvaras utan vidare undersökning.

Trä som ansluter direkt till puts och där anslutningen är otillräcklig kan vara en källa för fuktansamling. Om fukten kommer in i konstruktionen och den inte ges möjlighet att torka ut medför det en förhöjd fukthalt i träet med påföljd att känsligheten för röta ökar. Det finns också en risk för etablering av mögelsvampar som, om påväxten blir utbredd med riklig frekvens, kan påverka innemiljön negativt.



Figur 13. Materialmötet trä – puts. Där pilen sitter visas otätheter där vatten kan tränga in i stora mängder och skapa fuktproblem i den bakomliggande väggkonstruktionen. Foto Ingemar Nilsson SP..

Fönstersnickerierna var en detalj som under projekteringsfasen utreddes relativt noggrant. Särskilda krav ställdes på kärnvedsandel samt att ytbehandlingen skulle vara utförd på ett riktigt sätt. Kraven var mycket väl specificerade på vilket trä som fick användas i fönstren, en ”vanlig” fönsterköpare skulle nog inte kunna specificera kraven så tydligt vad gäller träråvaran, troligen skulle det också bli mycket dyrt.

Vid den besiktning som nu utfördes på plats så studerades endast fönstren som fanns i visningslägenheten. Fönstren som är fabriksstillverkade synes vara i gott skick och av god kvalitet. Vissa tecken på förhöjd fukthalt under vissa årstider kunde dock konstateras genom att det på fönsterblecket och på karmens yttre delar växte lavar. Fönsterfodren var utförda i ohyvlad gran, dessa gav ett betydligt sämre intryck än fasaden, med påväxt av mögel och alger, se figur 14.



Figur 14. Fönsterbleck samt utsida av yttre karmar och fönsterfoder som visar en viss påväxt av mögel och alger. Foto Finn Englund SP-Trätek.

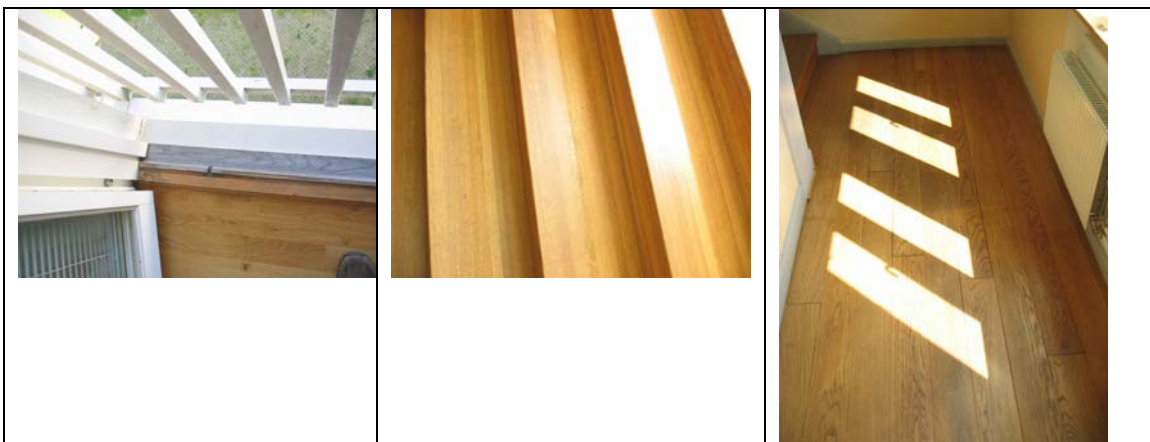
Den **franska balkongdörren** har utåt en låg tröskel av ek, som visar normal vädergrånad. Den är dock relativt väderutsatt, därför hade det varit lämpligt att montera ett droppbleck på dörrbladet. Nu har den fått slipas ner flera gånger för att dörrarna har kärvat.

Takutsprång såg ut att vara i gott skick förutom att det finns mögelpåväxt här och var, se figur 15.



Figur 15. Foto på takutsprången som synes vara i gott skick, förutom att det finns en del mögelpåväxt här och var. Foto Finn Englund SP-Träteck och Ingemar Nilsson SP.

Ektrapporna i trapphuset är i mycket gott skick, se figur 16. Underhåll sker varje år genom inoljning med Junkers träolja. Även trappavsatserna bedöms vara i gott skick, vissa torksprickor kan dock noteras men bedöms inte. **Fönsterfoder** i lamellimad fura har vissa vattenskador (från blomkrukor). **Ektrösklarna** har svällt och är normalt vädergrånade. Vissa har hyvlats för att dörrarna ska vara enklare att stänga.



Figur 16. Ektrösklar, franska balkongerna samt ektrappa och trappavsatser i ek. Foto Finn Englund SP-Träteck.

4.3.2 Rekommendationer för underhållet av trä

Fasaderna

- Ändträytor bör hållas under uppsikt.
- En behandling genom renborstning, förnyad oljebehandling och bättring med grundfärg rekommenderas. Olja bör vara av typen impregnerande grundolja innehållande fungicider.
- Övrigt behövs inget underhåll utan det kan avvaktas tills ytskikten har försämrats ytterligare.

Entrétak

- Entrétaken bör rengöras med fasadtvätt eller dylikt.
- Sprickor i stolpar bör åtgärdas.

Balkonger

- Byt ut hörnstolpe och samtliga yttre kantbalkar.
- NTR-klassat virke typ A ska användas.
- Exponerade ytor bör vara finsågade för bättre vidhäftning
- Täta inskärningarna om utförandet ska vara lika. Det gäller även borrhålen för infästning.
- Infästning stolpe till mark bör ökas till ett avstånd på 20 cm.
- Kontrollera avrinningsplåtarnas funktion i detalj.
- Dela trallarna i sektioner så att rengöring är möjlig.
- Rengör balkongernas underliggande tak.

5 Referenser

- A. Nilsson, (2003), Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö, Rapport TVBH-3045 Lund 2003, Lunds Tekniska Högskola, Avdelningen för Byggnadsfysik F.
- Byggkostnadsforum (2002). Bygg- och boendekostnader i ett antal goda exempel mars 2002. www.byggkostnadsforum.se
- Boverket (2006). Regelsamling för byggande. Boverket 2006.
- C. Warfvinge (2005), Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik, Rapport från WSP Environmental Byggnadsfysik, Pnr 12809-1 Statens energimyndighet
- Englund (2006). Bedömning av tillståndet för exteriört trä i Vålludden. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, bygg och mekanik, uppdragsrapport P601835 Stockholm 2006.
- FEBY (2007). Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder. Energimyndighetens program för passiv- och lågenergihus Version 2007:1
- Formas (2006). Energy and the built environment. Formas ISBN 91-540-5960-7. Stockholm 2006.
- I. Kildsgaard et al 2008. SECURE - Best practice on Energy Performance of New and Existing Buildings. 12 May 2008 Working period June 2006 – August 2007
- I. Nilsson (2006). Vålludden – Mätningar av fukt, termiskt klimat mm. SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, energiteknik, P600876 Borås 2006.
- K. Andersson et al. (1991). Inomhusklimatet i 3000 svenska bostadshus. Rapport TN:26, statens institut för byggnadsforskning, Gävle.
- K. Adalberth (2000). Energy use and Environmental Impact of New Residential Buildings. Report TVBH-1012 Lund 2000.
- K. Adalberth (1999). Energy Use in Multi-Family Dwellings during their Life Cycle. LTH avdelningen för byggnadsfysik. ISBN 91-88722-17-1. Lund 1999.
- Kretsloppsrådet (2001) Byggsektorns betydande miljöaspekter. Huvudrapport Kretsloppsrådet 2001.
- L. Hägerhed Engman (2006). Indoor Environmental Factors and its Associations with Asthma and Allergy Among Swedish Pre-School Children. Report TVBH-1015 Lund 2006 Building Physics LTH
- L. Schulz. (2003). Normalårskorrigerad av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder. Forskningsprogrammet Effektiv ISBN 91-7848-932-6. Göteborg 2003.
- Naturvårdsverket (2007). Swedens National Inventory Report. Submitted under the United Nations ramework Convention on Climate Change 2007
- Näringsdepartementet (2004). Ds 2004:1. Mer trä i byggandet – Underlag för en nationell strategi att främja användning av trä i byggandet. Fritzes Offentliga Publikationer. ISBN 91-38-22072-5. Stockholm
- OJ (2002). Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.

- P.I. Sandberg et. al. (2007). Lufttåthetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler. SP-rapport 2007:23.
- S. Ruud, L. Lundin (2004). Bostadshus utan traditionellt uppvårmningssystem – Resultat från två års mätningar. SP Rapport 2004:31 Borås 2004.
- S. Persson (1998). Vålludden trähus i fem våningar, Erfarenheter och lärdomar. Lund Institute of Technology, Department of Structural Engineering, Lund 1998.
- SESAC (2008). Sustainable Energy Systems in Advanced Cities –Description of the metering system and test results from the first metering step. No.TREN/05/FP6EN/S07.43335/006183. Sesac D18a,
- Statens Energimyndighet (2006). Energilåget 2006. ET 2006:43
- Våxjö Kommun (2006). Planprogram Vålle Broar, Våxjö stad, Planeringsenheten 2006, Antaget KS 2006

Bilaga 1 Enkät om innemiljön

Olika faktorer skall undersökas, bland annat skall information hämtas från de boende. Personal från SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut kommer att genomföra vissa mätningar och kontroller. Som komplement i detta arbete behövs era synpunkter.

Har du de senaste tre månaderna känt dig besvärad av någon eller några av följande faktorer i din bostad? Svara med ett av alternativen.

	Ja, ofta	Ja, ibland	Nej, aldrig
drag	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
för hög rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
för stora variationer i rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
för låg rumstemperatur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
instängd "dålig" luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
torr luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
fuktig luft	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
obehaglig lukt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
dålig belysning i allmänna utrymmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
buller från ventilation och vitvaror	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
buller från andra lägenheter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
buller utifrån	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
damm och smuts	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
svårstädade golv	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
annat.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kommentarer till ovanstående eller andra synpunkter på innemiljön (fortsätt på baksidan):

Namn (textat) _____ Lägenhet _____

Kontaktpersoner på SP: Ingemar Samuelson tel 033/16 51 59 och Ingemar Nilsson 033/16 51 72

Bilaga 2 Termiskt klimat

RAPPORT

Datum 2006-03-16 Beteckning P600876 Sida 1 (1)

Bilaga 2

Termisk klimat

I tabellen nedan redovisas uppmätta lufthastigheter och temperaturer. Samtliga mätpunkter har varit 0,6 m från fönster och mätpunkternas placering framgår av planritning i bilaga 1. För varje mätserie redovisas först resultaten från 0,1 m över golvet, därefter 0,6 m över golvet och sist 1,1 m över golvet.

Lägenhet	Mätpunkt	Uppmätt lufthastighet m/s	Uppmätt temperatur °C
1101	A	0,07 ± 0,05	20,5
		0,01 ± 0,02	20,8
		0,01 ± 0,01	21,1
"	B	0,03 ± 0,04	19,9
		0,05 ± 0,05	20,6
		0,07 ± 0,05	20,9
1102	C	0,07 ± 0,03	18,8
		0,00 ± 0,00	20,2
		0,01 ± 0,01	21,0
1403	D	0,05 ± 0,04	20,2
		0,02 ± 0,03	22,1
		0,00 ± 0,00	22,7
1503	E	0,14 ± 0,04	20,9
		0,01 ± 0,01	21,6
		0,04 ± 0,04	21,8
1504	F	0,02 ± 0,04	17,2
		0,06 ± 0,05	17,8
		0,08 ± 0,04	18,0
"	G	0,11 ± 0,03	16,2
		0,02 ± 0,03	17,1
		0,03 ± 0,04	17,4
1401	H	0,02 ± 0,02	21,6
		0,03 ± 0,03	22,9
		0,10 ± 0,04	23,7
"	I	0,15 ± 0,08	18,7
		0,00 ± 0,00	22,9
		0,01 ± 0,00	23,1
2104	J	0,04 ± 0,05	18,4
		0,01 ± 0,02	20,1
		0,11 ± 0,05	20,9
"	K	0,07 ± 0,05	19,5
		0,04 ± 0,04	20,4
		0,06 ± 0,04	20,8
2301	L	0,07 ± 0,04	20,1
		0,02 ± 0,03	20,2
		0,09 ± 0,04	20,6
"	M	0,07 ± 0,05	17,6
		0,00 ± 0,00	20,0
		0,00 ± 0,00	20,5
2401	N	0,05 ± 0,04	22,3
		0,03 ± 0,03	22,6
		0,01 ± 0,01	23,0

Bilaga 3 Frånluftsflöden

RAPPORT

Datum 2006-03-16 Beteckning P600876 Sida 1 (1)

Bilaga 3

Frånluftsflöde

I tabellen nedan redovisas uppmätta frånluftsflöden vid normal ventilation (N) och forcerad ventilation (F), det sistnämnda endast vid köksfläkt. En beräkning har också gjorts på vilket luftomsättning de uppmätta luftflödena ger vid normal ventilation (takhöjden har uppmätts till 2,57 m).

Lägenhet	Kök l/s	Bad l/s	Klädkammare l/s	Totalt l/s	Lägenhetens yta m ²	Luftomsättning oms/h
1101	7,5 (N) 20,5 (F)	16,0	-	23,5	60,5	0,55
1102	8,5 (N) 36 (F)	15,0	-	23,5	42	0,78
1403	2,8 (N) 3,0 (F)	16,0	-	18,8	42	0,63
1503	12,0 (N) 30 (F)	17,0	-	29,0	42	0,97
1504	8,0 (N) 30 (F)	6,0	13,0	27,0	77,5	0,49
1401	8,5 (N) 28 (F)	10,0	20,5	39,0	77,5	0,71
2104	7,5 (N) 22,0 (F)	13,0	-	19,5	61,5	0,44
2301	8,0 (N) 25 (F)	12,0	3,0	23,0	77,5	0,42
2401	6,5 (N) 23,5 (F)	11,5	Ej åtkomlig	18,0	77,5	0,33