



# SEGLET

- att bygga ett energisnålt höghus

## Innehåll

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Bakgrund.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Sammanfattning .....</b>                                   | <b>4</b>  |
| Ett tankesprång som landat .....                              | 4         |
| <b>Byggprocess med förvaltningsfokus.....</b>                 | <b>5</b>  |
| Partnering som arbetssätt .....                               | 5         |
| De första stegen .....  | 5         |
| Utredningar.....  | 6         |
| Kvalitetsuppföljning på bygget .....                          | 7         |
| Övertagandet till förvaltningen .....                         | 9         |
| Utbildning på arbetsplatsen.....                              | 9         |
| <b>Byggtekniska lösningar.....</b>                            | <b>10</b> |
| Klimatskal .....  | 10        |
| <b>Konstruktionen bygger på några enkla grundtankar:.....</b> | <b>10</b> |
| Ventilationslösning .....                                     | 12        |
| Värmesystem .....   | 12        |
| Vattensäkert byggande .....                                   | 13        |
| <b>Utvärdering .....</b>                                      | <b>14</b> |
| Livscykelanalyser .....                                       | 14        |
| Energi användningen .....                                     | 14        |
| Förbättringar i byggprocessen .....                           | 14        |
| Byggfilm.....   | 14        |
| Kundupplevelsen.....  | 15        |
| <b>Fastighetsfakta .....</b>                                  | <b>16</b> |
| Lägenheterna .....  | 16        |
| Ytor.....   | 16        |
| Hyror.....  | 16        |
| Ekonomi .....   | 16        |
| Bidrag från Boverket .....                                    | 17        |

## Bakgrund

Karlstads Bostads AB vill göra ett tankesprång avseende såväl byggprocess som byggtekniska lösningar för en hållbar framtid. Vi hoppas att denna rapport kan visa att det är ganska lätt att göra rätt om förutsättningarna finns för alla att hjälpas åt med stort engagemang.

Gunnar Persson, KBAB  
Karlstad 2008-01-18

## Sammanfattning

Ett tankesprång som landat

Det går att bygga hus för framtiden. Tack vare entreprenadformen partnering där alla inblandade med stort engagemang har projektet i fokus har vi kunnat skapa ett mycket väl fungerande bostadshus med många nya lösningar på gamla problem såväl inom byggteknik som inom ventilation och värme. Ekonomiskt har projektet också varit lyckat utan fördyringar vilket gjort att KBAB kommer att fortsätta med konceptet i framtida nybyggnationer och av studiebesöken 2007 att döma så kan projektet sprida ringar på vattnet på många fler ställen, inte bara i Sverige.

## Byggprocess med förvaltningsfokus

När man som bostadsbolag har för avsikt att långsiktigt äga sina fastigheter finns incitamentet till att bygga nya bostäder som är lönsamma att förvalta under husets hela livscykel och där har entreprenadformen partnering varit nyckeln för att nå en önskad produkt.

### Partnering som arbetssätt

Partnering skapar förutsättningar att samarbeta med projektet i fokus. Alla parter sitter på samma sida bordet för att förbättra arbetssätt och medverka i val av produkter och detaljlösningar under byggprocessen. Beslut tas löpande för att skapa den mest prisvärda lösningen i ett längre perspektiv.

KBAB gjorde hösten 2004 en upphandling kallad "Fler projekt i ett" där vi med ett partneringupplägg ville knyta en totalentreprenör till i fler än ett projekt. SKANSKA fick detta uppdrag.

### Dialogen

En lyckad byggprocess kräver en engagerad dialog under hela resan där projektörer, entreprenörer, hantverkare, byggledning och förvaltare känner sig värdefulla och vill bidra. På Seglet har vi haft ett väldigt fint samarbetsklimat där det varit roligt att lösa problem tillsammans. Arbetssättet har också ökat möjligheten till ständiga förbättringar då vi tar med oss erfarenheterna in i nästa projekt med samma personer.

### De första stegen

Tack vare att samarbetsparterna upphandlats då bara projekten finns som tankar ger det möjlighet till att fler bidrar med kompetens redan i idéskedet.

### Inspiration

När Seglet började planeras hade vi just byggt klart ett flerbostadshus med ett partneringupplägg i kv Järpen. Vi var nöjda med arbetssättet, men lite frustrerade över att byggtekniken inte kommit längre avseende köldbryggor och tätning. Vi började skissa på optimala klimatskal och sneglade på passivhusen i Lindås. Under en jubileumsdag på Ekobyn Tuggelite träffade KBAB-personal Hans Ek, arkitekt för passivhusen i Lindås. I december 2004 hade vi en inspirationsdag där Hans Ek, berättade om sina erfarenheter för KBAB, arkitekter, konstruktörer och SKANSKA. Resultatet blev en samsyn om att det måste vara rätt att bygga mer energisnålt. KBAB:s energijägare Anders Björbole uppmanade sina kollegor att skapa den optimala väggen. Flera förslag kom in, "väggen Gunnar" blev det som realiserades

### Byggjobb

De nya konstruktionsidéerna ville vi prova i skala ett till ett. Vi anordnade ett byggjobb i den gamla butikslokalen som skulle rivas för det nya höghuset. En klurig snickare började bygga väggblock, fönster och bjälklag. Ventilatorer monterade ventilationssystem och tillsammans med rörmokaren testades alla schakttyper.

Detaljdiskussionerna på plats var väldigt givande. När vi testade lösningarna tvingades vi tänka igenom alla moment på ett helt annat sätt än vad en ritning kan klara. Detta arbete skapade samtidigt en trygghet att våra idéer höll och alla medverkande kunde få en bild av vad vi ville uppnå.

### **Vägval**

Frågan om vi skulle satsa på ett superisolerat höghus eller ett konventionellare bygge var en styrelsefråga. KBAB:s Styrelsepresidie bjöds i mars 2005 in till bygglabbet och vi gjorde ett försök till en LCA-jämförelse. Över 50 års sikt beräknades det saknas en miljon kronor för det superisolerade alternativet. Kontakter togs samtidigt med Boverket om bidragsmöjligheter.

Styrelsen kände att det var rätt att satsa på det superisolerade alternativet för att lyfta vår kompetens och göra en miljöinsats som kan få efterföljare på flera plan.

### **Projektering**

I stället för att som brukligt är börja med de stora volymerna och avsluta med detaljerna har vi i denna projektering gjort tvärtom. Vi har klarat ut detaljerna först så att alla blir trygga att det går att bygga. Vi införde frivilliga lunchträffar för alla i projektet där det var fritt att ta upp sina tankar och problem utan protokoll. Detta blev oerhört uppskattat. Man kunde förankra sina skisser och hålla varandra uppdaterade på läget utan att det kostade mötestid. När sedan CAD-ritandet vidtog hade man rätt förutsättningar.

På installationssidan lät vi entreprenörerna ta förstudieansvaret vilket gav ett bra engagemang. Tar man in installationskonsulter för tidigt är vår erfarenhet att entreprenören sitter och väntar på material från konsulten.

Avseende konstruktioner och litterering av väggblock hade Skanska en detaljsäkringsansvarig, Jan Andersson, som med stort engagemang säkerställde att allt skulle fungera. Det gäller att toleranser läggs på rätt ställen och att rätt material och mängder beställdes.

### **Utredningar**

I samband med projekteringen genomfördes utredningar om fönsterval och energibehovsberäkningar eftersom det superisolerade konceptet ger speciella förutsättningar.

### **Energibehov**

Lotti Lindström, WSP Byggprojektering ansvarade för att ta fram energibehovsberäkningar som kunde ligga till grund för hur mycket värme vintertid och kyla sommartid vi behövde räkna med att tillföra med hänsyn till boende, klimatskal, elektrisk utrustning (kyl/frys) och ventilationslösning. Framför allt är sommarfallet ett problem som måste lösas med fönsterval och vädringsmöjligheter. Vad som hände med uppvärmningsbehovet då vi släppte ner friskluften i hallen värderades också. Beräkningarna sammanfattades i en rapport "Energibehovsberäkningar" 2005-11-16.

### **Fönster**

Diana Avasoo, WPS Environmental, gjorde fönsterberäkningar och tog fram förslag på vilka fönster, glassystem och fönsterhängningar som skulle väljas i olika väderstreck. Rekommendationerna sammanfattades i tre kompletterande rapporter daterade 2005-08-24, 2005-10-04 och 2005-10-21. I ett lågenergihus vill man få in solenergin, men samtidigt är riskerna med övertemperaturer stora då värmen inte kommer ut. Eftersom det inte med enkelhet går att få utvändigt solavskärmning blir

reflekterande glas viktigt. Vår största oro på Seglet var just att få för varma hus sommartid och därför var det viktigt att fönstren var vädringsbara. H-fönster med beslag på mitten fanns inte med U-värden under  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$  och står de öppna dygnet runt med stora vindpåkänningar är beslagen hårt belastade. I de rum som vetter mot söder valde vi därför drehkip-fönster som dels kan ställas i ett vädringsläge där överkanten tippas inåt rummet och dels kan öppnas inåt som ett vanligt fönster. Energimässigt föll valet på 2+1-glas då de finns med bra U-värden hos fler fabrikanter. Då kunde vi även ha persienner mellan glasen. Även mot balkongerna valdes inåtgående 2+1-fönster istället för fasta 3-glas isolerrutor.

### Materialval

I bygglobbet hade vi gjort väggblocken i trä, men efter kontakter med Statens Provningsanstalt i Borås (SP) vågade vi inte ha trä långt ut i den välisolerade väggen. Vi bytte därför till ett stålregelsystem. När vi ändå var inne på materialrisker kom frågan om infästningarna upp och vi beställde en utredning om detta av SP som visade att galvaniserade skruvar bara var rostskyddade innan de skruvades fast. Rostskyddet slets av vid inskrivningen. Därför valdes rostfria skruvar överallt.

### Kvalitetsuppföljning på bygget

I vårt partneringupplägg blir kvalitetsuppföljningen en slags egenkontroll där vi hjälper varandra att göra rätt utan tanke på vem som är ansvarig för felet. Ingen samarbetspart förlorar ekonomiskt på förbättringar.

### Arbetsberedning

I detta projekt har vi försökt att engagera hantverkarna extra mycket och att det är de som gör jobbet som blir ansvariga, inte platschefen. Även här tog vi hit provbitar. Exempelvis skaffade vi en bit plattbärlag eftersom bjälklaget är oerhört installationsintensivt. Alla berörda fick stoppa in sina saker i för att se om det kunde fungera innan det blev skarpt läge och det blev mycket givande samtal mellan de ledande montörerna för att få ner bygghöjden där allt el, rör och ventilation skulle samsas.

När hantverkarna var klara med sitt arbetsberedningsmoment presenterade de sitt upplägg för KBAB:s kvalitetssäkringsrepresentant.

När vi kom till täthetsarbetet och ytterväggarna testade vi några varianter i de första lägenheterna, särskilt av plastfolietätningen. Sedan gjorde snickarna en egen checklista för att komma ihåg alla kvalitetskritiska moment och den sattes upp i varje lägenhet.

### Täthetsprovning

Täthetsprovning gjorde KBAB med egen personal under byggskedet eftersom vi hade byggt ihop en egen mäturustning för att kunna mäta läckflödet vid  $\pm 50 \text{ Pa}$  för varje enskild lägenhet. Målet var att nå  $0,25 \text{ l/s, m}^2$  lägenhetsyta =  $0,375 \text{ oms/h}$  vid  $2,40 \text{ m}$  takhöjd.

Om inga större enskilda läckor hittas accepterade vi  $0,35 \text{ l/s, m}^2 = 0,525 \text{ oms/h}$  vid  $2,40 \text{ m}$  takhöjd. Medelvärde för alla 44 lägenheter blev till slut  $0,30 \text{ l/s, m}^2$  då vi åtgärdat otätheter i de lägenheter som hade höga värden.

Tack vare att vi var med tidigt, så fort ytterväggarna var klara på första våningen kunde vi upptäcka brister som blev lätta att åtgärda. Exempelvis märkte vi att många lägenhetsskiljande betongväggar hade placerats på för torrt bruk vilket gav otätheter mellan lägenheterna. En sådan upptäckt i sent skede hade blivit dyrt att åtgärda. Genom täthetsprovningen fick snickarna snabb feedback på var de måste vara mer noggranna och snart hade vi uppnått en täthet som överträffade normkraven med råge. Studier från flera projekt påvisar också att täthet är den kanske enskilt viktigaste punkten för att uppnå bra energihushållning. På Seglet var tätheten också nödvändigt då vi enbart har frånluftsfläktar i ventilationens värmeåtervinningssystem. Skulle väggarna vara otäta skulle inte tilluften komma vi värmeväxlaren.

#### Historia (Per Levin, Projektengagemang)

Redan på 70-talet fanns lufttäthetskrav för byggnader och kraven har alltid gällt för provning vid +/-50Pa.

I SBN 75 som började gälla 1978 och efterföljaren SBN 80 angavs kravet som 3.0 luftomsättningar / tim för villor och 1.0 luftomsättningar / timme för flerbostadshus. I de BBR-krav som dök upp senare skulle man dela läckflödet med alla m<sup>2</sup> ytor ”mot det fria eller ouppvärmde utrymme” även golvytan i de nedre lägenheterna fick räknas trots t ex platta på mark. Detta utnyttjade byggbranchen genom att alltid genomföra sina stickprov i de lägenheter som hade gott om sådana ytor d v s översta eller understa gavellägenheten. I senaste BBR har sifferkravets ersatts av texten ”skall utföras så tätt som möjligt för att undvika fuktproblem” vilket ju är mycket olyckligt när vi nu vet att en byggnads täthet har större inverkan än dess isolering på dess energieffektivitet.

#### Hur täta är täta hus? (Willy Ociansson KBAB)

När det blåser på en byggnad uppstår en tryckskillnad mellan den sida av huset som ligger i lovart och den som ligger i lä. Tryckskillnaden kan mätas med en genomskinlig plastslang som böjts till ett ”U” och en skvätt färgat vatten.

Om vindhastigheten är 9m/s blir tryckskillnaden 5mm vattenpelare vilket är samma tryck som används när man genom provtryckning kontrollerar om huset är tätt. Det myndighetskrav som finns säger att en byggnad som utsätts för detta tryck får läcka 3 m<sup>3</sup> luft i timmen för varje kvadratmeter yttervägg / takyta.

Tänk dig en genomgående gavellägenhet på översta våningen. Huset är 12m brett och lägenheten 6m lång. Denna lägenhet har då 132 m<sup>2</sup> vägg och takyta som utsätts för vindens tryck vilket omräknat till läckflöde blir 400 m<sup>3</sup> per timme vilket betyder att all luft i denna ”Täta” lägenheten byts två ggr varje timme pga. blåsten. Husets ventilationssystem behöver 4 timmar för att uträtta samma sak. För att klara detta täthetskrav i en villa får inte den sammanlagda ytan av alla hål vara större än en handflata.

Om vi skall kunna bygga ett hus med superlåg energiåtgång måste alla yrkesgrupper hjälpas åt att bygga supertätt.

#### Värmekamera

KBAB har en egen värmekamera som vi använder i förvaltningen då vi stöter på värmeproblem hos kunder. I nyproduktion blir det oerhört praktiskt att prova

klimatskalet innan det är för sent. Fotograferingen skapade den trygghet vi var ute efter. Klimatskalet var helt utan köldbryggor sånär som på en liten fläck vid en fönsterdörr alldeles vid det nordöstra ytterhörnet. Efter någon månads fundering kom vi fram till att det berodde på att vi omlottlagt yttreväggsblocken åt fel håll för att det var så litet.

### **Fortlöpande besiktningar**

I detta projekt försökte vi rita igenom alla detaljer som behövdes så att bygghandlingarna skulle upplevas trovärdiga att bygga efter. Trots detta och trots att vi har byggmöten varje månad kommer det ständigt upp problem som man måste ta ställning till om bygget ska löpa smidigt. Vi valde att KBAB:S kvalitetssäkringsansvarige, Gunnar Persson, varje fredag besökte bygget och tillsammans med Skanskas platsledning, Patrik Matthed, och detaljsäkringsansvarige, Jan Andersson, tog man upp frågor som krävde beslut i samråd med de som utförde momenten.. På detta sätt kunde vi styra projektet till en hög kvalitet med stor delaktighet och engagemang. Hantverkarna blev viktiga personer som kände stolthet och förstod att resultatet hängde på dem.

KBAB sammanställde en uppföljningslista i excell där problem och beslut kunde filtreras och fördelas av platschefen samtidigt som inget glömdes bort.

### **Övertagandet till förvaltningen**

Det är viktigt att få stafettpippen att fungera mellan byggnation och förvaltning. På KBAB har vi organiserat oss så att vi har flödesansvariga för olika områden inom förvaltningen. Dessa är beställaren av byggena och ansvariga för att ta emot bygget när det ska överlämnas till KBAB. Med anledning av detta har vi valt att genomföra den samordnade provningen i egen regi där vi är med och testar anläggningen och entreprenörerna bistår bara. Ansvarig för hela provningen var KBAB:s installationsansvarige Willy Ociansson.

### **Utbildning på arbetsplatsen**

Det är väldigt sällsynt att hantverkare ges utrymme till utbildning inom den byggtkniska biten och ändå är det där kvaliteten avgörs, hur god kompetensen hos utförarna är. Som utbildningsstöd hade vi Bygga-bo-dialogens utbildningspaket som en KBAB-anställd byggnadsingenjör, Stefan Linder ansvarade för. På Seglet lade vi in 1-timmasutbildningar i samband med frukosten. Totalt blev det 8 tillfällen. Genom att vi genomförde utbildningarna på arbetsplatsen blev uppslutningen bra och när träffarna är korta hindrar de inte tidsplaneringen i bygget.

## Byggtekniska lösningar

Detta hus innehåller många uppfinningar som inte provats tidigare och tack vare arbetssättet med engagerade personer har resultatet blivit mycket lyckat. Inga av de bärande idéerna har behövt omprövas.

Klimatskal

### Ytterväggen

Ytterväggarna består av inhängda lättregelväggar med skivmaterial ytterst och av lättregelvägg med vinklade fönsternischer innerst. Däremellan är det enbart isolering om 230 mm samt de bärande ståpelarna. Totalt uppgår isoleringen till 450 mm.

Material:

- Fasadskivor, Steni Colour med bärprofiler i rostfritt stål
  - 8 minerit vindskiva
  - Trä- eller stålregelstomme, 145 mm med stenull
  - 240 stenullsskiva i 230 mm mellanrum
  - 70 stålregel + isolering, träreglar kring fönster
  - Plastfolie
  - 13 gips
- Skruvar är av rostfritt

Konstruktionen bygger på några enkla grundtankar:

I en fälthabrik prefabricerades väggblock (minerit+145-reglar) med fönster och tätningar. Detta ger bättre kvalitet och kortare stommontagetid på bygget än vad vanliga lösningar med utfackningsväggar ger.

Väggblocken hängdes in i betongbjälklaget med L-järn i våningen ovanför monterad vägg. Blockskarven ligger 30 cm ovanför bjälklaget vilket gjorde det lätt att montera arbetsmiljömässigt. Mellan väggblocken och betongkanten är det ca 3 cm fritt mått för lodningstolerans. Genom att placera dessa väggblock som har 145 mm isolering utanför bjälklagskanter och mellanväggar åstadkoms en 175 cm isolering innan betongen kommer. Innerst mot rummen finns nästa regelvägg på 70 mm. Däremellan finns bara isolerskivor och bärande ståpelare.

Öppningarna för fönsterdörrarna fungerar som vertikala byggtoleransstråk som kompletteras på plats med en väggdel mellan överkant fönsterdörr till underkant på våningen över.

Innerst mot betongen i golv, tak och lägenhetsskiljande vägg monterades en plåtregel, 70 mm, med två st EPDM-gummilister limmade under. Detta ger en följsamhet i tätheten mot betongens ojämnheter och plastfolien innanför gipsen behöver inte klara kantavslutningarna mot betongen utan kan lätt tejpas mot plåtreglarna. Som extra tätning har en mjukfog lagts mellan regel och betong innan gipsskivorna monteras

I fönsternischerna läggs särskild omsorg om plastfolietätning har enbart godkända tejper används (TESA 4668, 50 mm), något som konstigt nog ofta inte används på byggena. Tätningen mellan fönsterkarm och regelverk gjordes enligt skolboken med 30 mm svällband ytterst, drev, bottningslist och mjukfog innerst. Svällbanden monterades redan i fältfabriken.

Inga elgenomföringar gjordes i ytterväggarna. Eldosor placeras utanpåliggande på sockel och rören kommer upp från betonggolvet. I takvinkeln monterades tavelkrokslister för att minimera behoven av hål från de boende.

### **Tak**

Ytterväggsblocken drogs upp för motfyllning till 800 mm lösull. Efter en utredning har vi ändrat lösullen från mineralull till en cellulosaisolering för att få en hög densitet med liten risk för luftvandringar. Plastfolie finns på betongbjälklaget innan lösull och trästolpar kom dit. Inga fläktar finns på vare sig vind eller tak. Ventilationen av vinden är sparsam. Endast 5 mm luftspringor finns runt takfoten på det valmade taket Yttertak är av papp på råspont. Det var tänkt att få till en isolerande board under pappen, men material gick inte att uppbringa i hela Europa så vi fick köra utan.

### **Balkonganslutning**

Balkonganslutningarna är en mycket kritisk detalj med avseende på fukt- och köldbryggor. Balkongerna är utanpåliggande från Balco. Stålstolpar monteras mot vindskivan av minerit med infästningsjärn innanför till bjälklagen. Höjden på balkongplattorna kan anpassas exakt till dörrtröskel och handikappkrav. I bakkant är en stålkant ingjuten för att vatten inte ska kunna rinna in mot väggen.

### **Fönsterval**

Fönstren är av trä med utsida av aluminium. Fönstren kommer är sidohängda som 2+1-glas isolerruta. De fönster som ska kunna stå öppna för vädring sommartid oberoende om det regnar är även försedda med drehkip-beslag som kan öppnas i överkant. Övriga är innåtgående. Fönstren är av fabrikat Snidex och har U-värde på ca 1,0W/m<sup>2</sup>C. Glastyper varierar i olika väderstreck. Om en ruta skadas är det viktigt att den ersätts med rätt glastyp avseende solskyddsglas, gasfyllnadstyp (Argon och Krypton) mm.

Mot söder och väster används:

Ytterst, Pilkington K-glas 4 mm  
Mitten, Suncool HP Clear 65/41 Härdat, 4 mm  
Luftspalt, 12 mm Argon  
Innerst, Klarglas, 4 mm

Mot norr och öster används:

Ytterst, Pilkington K-glas 4 mm  
Mitten, Klarglas 4 mm  
Luftspalt, 12 mm Krypton  
Innerst, Pilkington K-glas, 4 mm

Sovrumsfönstren är utrustade med borstlist i stället för tätningslist i överkant karm för att komplettera friskluftsintaget i trapphallen.

#### Ventilationslösning

Varje lägenhet ventileras med ett unikt lägenhetseget återvinningssystem utan luftfilter och där endast frånluften har fläkt. Principen är hämtat från Sven Sjöstedt som stått för nytänkande på ventilationssidan i Borås. Vi har tillsammans med Sven genomfört flera lyckade ventiationssystem.

På Seglet samsas till- och frånluftskanalerna samt växlare och ljuddämpare i trapphuset där 4+4 kanaler går ut i fasad på varje våningsplan. Lägenheterna har gjorts så täta att man med hjälp av undertrycket på ett kontrollerat sätt kan ersätta den borttransporterade luften med ny frisk luft dels genom en plattvärmväxlare och dels via borstlist över sovrumsens fönster. Plattvärmväxlaren har en något lägre verkningsgrad än vad som går att uppnå, men då slipper vi värmebatterier och igensättningen minskar med lågt tryckfall. Vi utnyttjar tyngdlagen som filterare av tilluften. Genom att låta luften gå uppåt med lågt tryckfall innan den kommer in i kanalsystemet slipper vi många luftpartiklar.

Systemet blir som helhet lätt att förvalta.

Eftersom huset är så välisolerat med risk för övertemperaturer från solinstrålningen har valet av fönster och solskydd varit extra viktigt. Vid hög innetemperatur under sommarhalvåret används fönstervädning. Då upphör genast undertrycket i lägenheten och därmed avbryts värmeåtervinningen utan att krångliga plåtinsatser eller dyrbar automatik behöver installeras. Tack vare att varje rum i lägenheten förses med frånluftsdon kommer också varje rum att få rätt luftomsättning vilket inte är fallet med normala lägenheter idag som har frånluft bara i kök och bad. Öppnas en balkongdörr där så får sovrummen ingen luftomsättning alls.

Över varje spis finns en vanlig köksfläkt med fläkten monterad i kåpan. Via en lägenhetsseparat imkanal trycker den ut matlukten över hustaket. Verkningsgraden hos värmväxlaren i trapphuset försämras alltså inte av matfetter. Köksfläkten går på timer och är helt tät utan grundflöde då den är avslagen. Inga fläktrum har byggs och inga fläktar behöver servas på taket eller vinden.

Genom att varje lägenhet ventileras helt separat från andra lägenheter så kommer brandspridningsrisken att vara minimal till skillnad mot normala flerbostadshus där kanaler sammankopplas.

#### Värmesystem

Systemen för husets värme- och varmvattenproduktion utnyttjar restvärmen, ca 25-35 grader, i fjärrvärmereturen från det område med 60-talsbebyggelse som ligger intill. Detta resulterar i en sänkning av temperaturen i fjärrvärmens returledning, vilket i sin tur ökar återvinningsgraden och förbättrar rökgasreningen hos Karlstad Energi. Genom att använda fjärrvärmereturen har också ett ekonomiskt fördelaktigt energiprisavtal kunnat slutas.

För varmvattenproduktionen används en värmepump som får väldigt bra verkningsgrad. Möjligheten att koppla in primär fjärrvärme finns, men det har inte bedömts ekonomiskt försvarbart än så länge.

Ett enkelt golvvärmesystem ersätter energiförluster via ventilation och transmission som komplement till apparater och människor. Plastslangen förlades direkt i plattbärlagets överbetong. Systemet har i motsats till vanliga golvvärmesystem endast en central pump och denna sitter i värmecentralen. För varje lägenhet finns magnetventiler som är åtkomliga från trapphuset. Golvvärmens start-stoppgivare sitter i respektive lägenhets frånlufts kanal. Vattentemperaturen i slingorna kan styras av utetemperatur. Maximal yttemperatur för parketten är 27 grader. Det finns även referensgivare på vägg inne i lägenheterna. Hyresgästerna i sina lägenheter kan påverka sin lägenhetstemperatur genom slå av och på golvvärmefunktionen. Vi valde att inte lägga golvvärme i badrummen då detta rum har den högsta lufttemperaturen. Vi ville inte att hyresgäster skulle känna sig lurade på att golvvärmen inte fungerade. Golvvärmen behövs inte stora delar av året i ett superisolerat hus. I stället har vi en liten 40W elhanddukstork i badrummen som kan styras med en vanlig belysningstimer för att värma handdukarna på mornarna.

#### Vattensäkert byggande

För att kunna starta invändigt arbete med isolering och ytskikt är det viktigt att ha ett bra regnskydd under byggtiden. För ett höghus är problematiken särskilt svår eftersom det tar lång tid innan taket kommer på. Vi har valt att använda presenningar som fästs in i stålvarer på det högsta bjälklagets undersida och hängs ut som en kjol utanför väggblocket under. Sedan kan varer och presenning flyttas med för varje nygjutna våning.

I trapphusen har vi gjutit in presenningstrattar i hisschakten på våning 5 och 9 med avrinning utanför fasaden. På så sätt har vi kunnat börja med slutmålning i trapphus tidigt.

## Utvärdering

Detta höghus som har ett ganska anspråkslöst yttre för att smälta in i 60-talsbebyggelsen har möjlighet att få många efterföljare. Dels är arbetssättet intressant, men nyfikenhet finns även inom byggt teknik och drifterfarenheter. Därför har det känts det värdefullt att få till en ordentlig uppföljning och huset har försetts med mer mätutrustning än vanligt för att få fram fakta, främst på energisidan.

Karlstads Universitet har ett uppdrag som sträcker sig till och med mars år 2009. Universitetets avdelning för energi, miljö och byggt teknik har i december 2007 gjort en delrapport "Lågenergihus med 44 lägenheter" (Jens Beiron, Stefan Frodeson, Fredrik Wikström) som tar ett övergripande grepp om drifterfarenheterna. Summeringen visar på att vi byggt ett mycket resurssnålt och tätt hus med gott inomhusklimat.

### Livscykelanalyser

Camilla Thormark, Lunds Tekniska Högskola, har skrivit en rapport "Resursanvändning i ett 12-våningars lågenergihus utan värmesystem", okt 2006 som visar hur resursanvändningen över tid förändras för ett nybygge när energianvändningen blir minimal. I lågenergihus utgör materialproduktionen för att bygga huset 70% av byggnadens totala resursanvändning för energiproduktion under 50 år. Det är därför viktigt med demonterbara konstruktioner och återvinningsbara material.

### Energianvändningen

Bedömning av energianvändningen har inte ett helt års drift att bygga på. I oktober 2007 gjordes följande årsuppskattning av KBAB) 47-57 kWh/m<sup>2</sup>, år (8-12 värme, 21-25 varmvatten varav 7 VP-el, 18-20 fastighetsel). Utöver detta står de boende för 32 kWh/m<sup>2</sup>. Allt sammantaget blir detta 79-89 kWh/m<sup>2</sup>, år som fastigheten och de boende drar.

### Förbättringar i byggprocessen

Partneringsamarbetet har som en viktig del ett mål att bli bättre från projekt till projekt. Arbetarna på bygget och projektledarna från alla entreprenad delar intervjuades. Inblandade parter träffades därför under maj och summerade vilka förbättringar vi vill ta med oss till nästa projekt.

### Byggfilm

Under sommaren 2006 kom vi på att vi kunde dokumentera byggets alla detaljlösningar på film innan de byggs in. Tanken var att med film kan man nå såväl professorer som lagbasar och på så sätt locka till efterföljare. Dessutom skulle det bli en väldigt bra relationshandling.

Med hjälp av en frilansfilmare, Stefan Barkman, Karlstad, och KBAB:s detaljsäkringsansvarige, Gunnar Persson, skapades så en 30 minuter lång film "Seglet, ett superisolerat höghus" som sedan har visats på seminarier och vid studiebesök hos både KBAB och Skanska. Filmen trycktes upp på DVD i 300

exemplar och den har spridits brett till intresserade inom branschen. Nytryck kommer att ske under januari 2008.

#### Kundupplevelsen

Under våren 2007 gjordes en kundenkät om hur man som boende upplever inomhusklimatet. Enkätmodellen från Universitetssjukhuset i Örebro valdes då det fanns mycket referensdata. Glädjande för oss blev resultatet mycket bra. Vår strävan att uppnå den bästa inomhuskomfort vi någonsin gjort kan ha lyckats.

## Fastighetsfakta

### Lägenheterna

Höghuset har 44 lägenheter i 11 lägenhetsvåningar ovanpå en förrådsvåning som i sin tur ligger ovanpå ett parkeringsdäck. En del lägenhetsförråd finns i fristående byggnader. Första inflyttningen skedde i slutet av februari 2007.

Lägenhetsfördelningen är till hälften tvåor och till hälften treor. Badrummen har kaklade väggar och klinker på golv samt plats för tvättmaskin. Lägenheterna i övrigt har ekparkett med klinker i hallen.

Utsikten över Vänerdeltat finns på tre sidor och mot norr ligger Karlstads stadskärna 1 km bort.

Adressen för höghuset är Babordsgatan 1 i Stadsdelen Orrholmen som när den byggdes i slutet av 60-talet omtalades som den "vita staden". Höghuset är en förtätning i KBAB:s bostadsområde och där huset nu står fanns en gång Karlstads första supermarket. Bostadsområdet har av riksantikvarieämbetet bedömts som viktigt att bevara utifrån ett riksintresse.

### Ytor

Bruttoarean (BTA) är 3 976 m<sup>2</sup>. Den totala bostadsarean (BOA) är 2 643 m<sup>2</sup>.  
Tvåorna är 51,2-51,4 m<sup>2</sup> stora och treorna 68,1-68,8 m<sup>2</sup>.

### Hyror

Kunderna betalar en bashyra med ett tillägg för vattenanvändningen som de boende själva kan påverka. Den totala hyresnivån 2007 är 1 196 kr/m<sup>2</sup>,år inklusive ett schablon tillägg (137-183 kr/lgh) för vattenanvändningen. Tvåornas bashyra ligger mellan 4 658 – 5 045 kr/månad och treornas bashyra ligger mellan 6 566 – 7 569 kr/månad. Skillnaderna beror på var i huset man bor. Våning tolv är dyrast.

### Ekonomi

Byggstarten skedde i december 2005 och bygget stod klart under mars 2007. Totalkostnaden för KBAB blev 53 070 000 kr inklusive moms och av detta står underhållskostnaderna på befintlig fastighet för 1 200 000 kr. Den rena produktionskostnaden blev 58 840 000 kr inklusive moms inklusive underhållskostnaderna. Konsultdelen stod för 1 900 000 kr. Produktionskostnaden. Investeringsstimulans och investeringsbidrag uppgick tillsammans till 7 440 000 kr. SKANSKA centralt, regionalt och lokalt stod för ett kontantbidrag med 1 125 000 kr för teknikutvecklingen.

Byggherrekostnaderna utan bidrag blev 2 800 000 kr. Markkostnad finns inte med i kalkylerna då Seglet är en komplettering i KBAB:s befintliga bostadsområde. Denna upplåts med tomträtt som nu ökat något i årsavgift.

Om vi tar bort underhållsdelen i projektet så blev den totala projektkostnaden 51 840 000 kr. Detta ger 19 614 kr/m<sup>2</sup>BOA.

Om vi rensar bort kostnader som kan kopplas till den komplicerade tomtens förutsättningar så var konceptkostnaden med enkel grundläggning för detta superisolerade flerbostadshus ca 46 400 000 kr. Detta ger 17 556 kr/m<sup>2</sup>BOA.. Kvadratmeterpriset på den totala rena produktionskostnaden exklusive moms, 47 670 000 kr, blev 17 800 kr/m<sup>2</sup>BOA.

Bidrag från Boverket

Bidraget från Boverkets Byggekostnadsforum har använts till fullo. Viss omfördelning mellan sökta poster har dock gjorts.