

Utvärdering av koncepthus

– förbättringspotential för produkt och byggmetod



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Examensarbete:
Michel Ali Tabrizi
Mathias Adamsson

© Copyright Michel Ali Tabrizi, Mathias Adamsson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering at Campus Helsingborg
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds Universitet
Lund 2004

Sammanfattning

Utvärdering av koncepthus

– förbättringspotential för produkt och byggmetod.

Denna examensrapport är en utvärdering som är baserad på en fallstudie utförd på ett nybyggnadsprojekt i Brunnshög, Lund. Utvärderingen behandlar stomsystem, installationssystem, integreringen dem emellan samt energihushållningen. Syftet med arbetet är att effektivisera byggandet med hänsyn till en effektiv industriell byggprocess samt därtill erhålla en god energihushållning. Rapporten ger exempel på mer prefabricerade alternativ jämfört med vad som används idag. Dessutom analyseras klimatskärmen.

Stommen i projektet är uppbyggd av halvprefab med ingjutna horisontella ledningar och punktvis placerade schakt. Utfackningsväggarna är förtillverkade i fabrik. Badrummen liksom till stor del även köken är platsbyggda.

Halvprefab innebär en hög flexibilitet och medger justering av eventuella brister i projekteringen. Med helprefab däremot fås en kortare byggtid men ställer stora krav på en noggrann projektering då utrymme för ändringar på arbetsplats knappt existerar.

Slutsatsen blir att industrialiseringsgraden kan ökas för att få en bättre produktivitet men till utvecklingskostnader som betalar av sig i ett längre perspektiv. Energifrågan kommer att bli en allt viktigare del av byggandet. I rapporten ges därför förslag på energieffektiviserande åtgärder.

Rapporten avslutas med förslag till fortsatt arbete.

Nyckelord: Industriellt byggande, koncepthus, stomsystem, tekniska försörjningssystem, energihushållning.

Abstract

Evaluation of concept house

– potential for improving product and building method.

This thesis is an evaluation based on a case study performed on a new construction project in Brunnshög, Lund. The evaluation includes the frame system, the installations system, the integration between them and also energy economizing. The goal with the job is to make the building more effective as regards an efficient industrial building process and also derive a good deal of energy economizing. The report gives suggestions to more prefabricated alternatives as comparing with what is used today. Moreover the climate within the walls is analyzed.

The frame in the project is made of semi precast building components with infused horizon pipes and dot seat shafts. Non- load bearing walls are prefabricated in a factory. The lavatories as the kitchens are to a largely part site made. Semi precast imply a high flexibility and permit modifications of eventual deficits in planning. Full precast gives a shorter building duration but demand a careful planning when the possibility to modify on site barely exists.

The conclusion is that the grade of industrialisation can increase to get a better productivity but at development costs, which are paid back in a longer term. The energy-economizing question will become a more important part of the construction. The report therefore gives suggestions as how to reduce the energy consumption.

The report ends with proposals for continued work.

Keywords: Prefabricated construction, concept house, frame system, installation system, energy economizing.

Förord

Föreliggande examensarbete har kommit till som ett resultat av vårt eget intresse för industriellt byggande samt utbildningens krav på utfört examensarbete omfattande 10 högskolepoäng. Arbetet har gjorts på uppdrag av Peab Sverige AB, Region Bostad. Rapporten utförs som grupparbete om två studenter.

För kunna beskriva koncepthuset krävs att de olika ingående komponenterna i stom- och installationssystem studeras noggrant genom ritningar och besök på byggarbetsplats. Den efterföljande analysen grundas till stor del på våra egna kunskaper i industriellt byggande samt litteraturstudier inom området.

Vår förhoppning med detta arbete är att det ska gynna den industriella utvecklingen av bostadsbyggandet, främst hos Peab men även branschen i övrigt.

Vidare vill vi tacka följande personer som bistått oss med sin tid och kunskap; Lars Sentler, Professor Byggnadskonstruktion, LTH, som varit vår handledare på LTH; Per Borheim, Projektledare, Peab Sverige AB, Region Bostad, som har varit vår handledare på företaget; Bertil Fredlund, Professor Byggnadskonstruktion, LTH, som hjälpt till med energiavsnittet. Vi vill även tacka Anders Hylén, Peab Sverige AB, Regionchef Bostad, som gjort det möjligt för oss att genomföra examensarbetet hos Peab.

Innehållsförteckning:

1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 FÖRETAGSBESKRIVNING	3
3 DET INDUSTRIELLA BYGGANDETS UTVECKLING	4
4 UTFORMNINGEN AV STUDIEOBJEKTET I BRUNNSHÖG	6
5 BESKRIVNING AV KONCEPTUS	7
5.1 Allmän beskrivning	7
5.2 Stomme	8
5.3 Stomkomplettering	8
5.4 Tekniska försörjningssystem	9
6 UTVÄRDERING AV KONCEPTUS	11
6.1 Analys av stomme	11
6.2 Analys av stomkomplettering	12
6.3 Analys av de tekniska försörjningssystemen	13
7 ALTERNATIVA LÖSNINGAR MED PREFABRICERADE KOMPONENTER ...	14
7.1 Alternativ stomme	14
7.2 Alternativ stomkomplettering	15
7.3 Alternativa tekniska försörjningssystem	18
8 ENERGI	21
8.1 Klimatskärm	21
8.2 Analys av klimatskärm	22
8.3 Förslag till energiminskande åtgärder	23
9 SLUTSATS	24
10 AVSLUTNING	26
11 REFERENSLISTA	27
BILAGA 1	29
BILAGA 2	31
BILAGA 3	33

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Ett modernt byggande bör kännetecknas av en hög kvalitet, ett rationellt utförande och rimliga produktionskostnader. Under senare tid har man sett vissa exempel på projekt där det har byggts till höga produktionskostnader och med pressade byggtider som har lett till sämre kvalitet och mindre lönsamhet för alla inblandade aktörer. Dessa höga totalkostnader har resulterat i att slutkunden får betala mer för sitt boende. En anledning till detta kan vara den moderna arkitekturen med öppna planlösningar och mycket glas i fasaden, vilket ställer krav på nya tekniska fungerande lösningar.

Genom att producera bostäder industriellt med förtillverkning av element i fabrik, fås en snabbare och billigare byggproduktion samtidigt som det ges möjligheter till en bättre övervakning av kvalitén då man har tillgång till bra belysning dygnet och året runt samtidigt som lokalen är uppvärmd och skapar bättre arbetsmiljö.

För att sänka produktionskostnaderna avser Peab att utveckla en effektiv industriell process och öka användningen av förtillverkade byggelement. Inom företaget vill man dessutom reducera antalet byggmetoder för att på så sätt uppnå ett rationellt byggande med standardiserade systemlösningar. Genom att nyttja ett koncepthus i så stor utsträckning som möjligt erhålls en god upprepningsgrad, vilket är en viktig del i det industriella byggandet. Koncepthuset är i ett skede av utveckling och det finns troligtvis faktorer som kan förbättras med avseende på den industriella processen.

I framtiden kommer krav på energihushållning att bli en alltmer viktig fråga pga. att elpriset per kilowattimme kan förväntas öka. Att elpriset stiger beror främst på fri rörlighet av el inom Europa.

1.2 Syfte

Syftet med rapporten är att utvärdera det befintliga koncepthuset och undersöka förbättringspotentialen samt ge förslag till alternativa lösningar med hänsyn till en effektiv industriell byggprocess. Som studieobjekt används ett byggprojekt bestående av 8 stycken flerbostadshus, med ca 32 lägenheter per hus, vilka är belägna i Brunnshög, Lund. All teknisk information avseende koncepthuset hämtas från studieobjektet. Rapporten kommer att behandla:

- Stomsystem med tillhörande komplettering
- Tekniska försörjningssystem
- Integrering av stomme och installationer
- Energihushållning

1.3 Avgränsningar

Denna tekniska rapport avgränsas till att behandla stomsystem, installationssystem och ett avslutande kapitel med energihushållning. Rapporten inleds med en beskrivning av det valda stom- och tekniska försörjningssystemet. I efterföljande kapitel utvärderas de valda systemen. Därefter ges exempel på alternativa, mer prefabricerade system för att slutligen studera klimatskärmen i projektet.

1.4 Metod

Metoder som används för att komma till en slutsats är intervjuer med sakkunniga på Peab och LTH. För att kunna beskriva de valda systemen kommer fältstudier ute på byggarbetsplats att genomföras. Därefter analyseras den införskaffade informationen. Dessutom avser vi att studera befintlig litteratur inom området för att tillsammans med vår egen kunskap kunna ge förslag på alternativa system. Studien kommer att genomföras som en analys av aktivitetshanteringen d.v.s. undersöka de aktiviteter som ligger inom ramen för arbetet.

2 Företagsbeskrivning

Peab är ett bygg- och anläggningsföretag. Företaget har under de senaste åren avyttrat all den verksamhet som normalt inte ingår i ett bygg- och anläggningsföretag. En viktig utgångspunkt i Peabs affärsidé är att erbjuda total kvalitet i byggprocessens alla led då det är ett viktigt medel i den konkurrens där företaget verkar. Utvecklingen av byggmetoder och byggmaterial går mycket snabbt och Peab anser att det är viktigt att ha en genomtänkt balans mellan nytänkande och det gamla och trygga. Grundtanken i Peabs entreprenader är att genomföra uppdragen i nära samarbete med kunden. Då är kunden delaktig i hela planerings- och produktionsprocessen och det ömsesidiga förtroendet skapar ofta långvariga kundrelationer.

Peab har inom hela koncernen drygt 10 000 anställda och omsätter ca 20 miljarder kronor årligen.

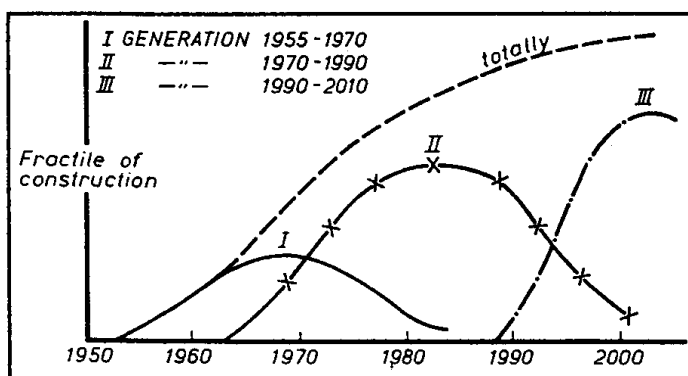
Peabs geografiska marknad är Norden där Sverige är huvudmarknad med 90 % av verksamheten. Resterande del bedrivs i Norge och Finland med vardera ca 5 % av verksamheten.

3 Det industriella byggandets utveckling

I efterkrigstidens Europa fanns det ett stort behov av bostäder. De ekonomiska förutsättningarna samt bristen på arbetskraft och material krävde effektivare och snabbare byggteknik. Att gynna det industriella byggandet ansågs vara en möjlig lösning på bostadsproblematiken. Det var under den här perioden, i början på 50-talet, som man eftersökte industrialiserade byggmetoder i omfattande mening.

Även i Sverige som inte drabbats direkt av kriget var bostadsbristen stor. Det ledde till att riksdagen antog det s.k. miljonprogrammet i mitten av 60-talet. Målet med programmet var att bygga en miljon bostäder på 10 år. Programmet avsåg att rationalisera det konventionella byggandet och gynna industrialiseringen av produktionsmetoder. Den ursprungliga innebörden av byggandets industrialisering var att flytta tillverkningen av byggnadsdelar från byggarbetsplatsen till fabrik och verkstäder, där dessa framställdes med olika metoder för masstillverkning. En av förutsättningarna för detta var standardisering av förtillverkade byggnadsdelar. Masstillverkningen satte tyvärr sin prägel på utformningen av husen och de flesta flerbostadshus såg likadana ut till höjd, storlek och färg.

Byggandets Industrialisering har fram till idag genomgått tre olika systemgenerationer, I-, II- och III-generationen. Första generationen varade mellan 1955-1970, andra generationen 1970-1990 samt tredje 1990- (2010).



Figur 1.1. Det industriella byggandets olika systemgenerationer. [1]

Utmärkande för de flesta av den I-generationen av byggsystem var förtillverkningen av systemspecifika slakarmerade betongelement. I Sverige dominerade slutna system framför öppna. De slutna systemen som helhet och deras enstaka beståndsdelar ansågs vara tillverkningshemligheter och var undanhållna för allmän användning. De öppna systemen var däremot tillgängliga för allmän användning och var inte knutna till ett specifikt system.

Den II-generationen handlade om att förändra den första generationen och övergå från slutna till öppna system. Syftet var att lägga grunden för en varierbar och effektiv tillämpning av förtillverkade komponenter i bostadsbyggandet. Med de öppna byggsystemen har byggandets genomförande och organisation genomgått en omställning till mer följsamma och effektiva arbetsmetoder.

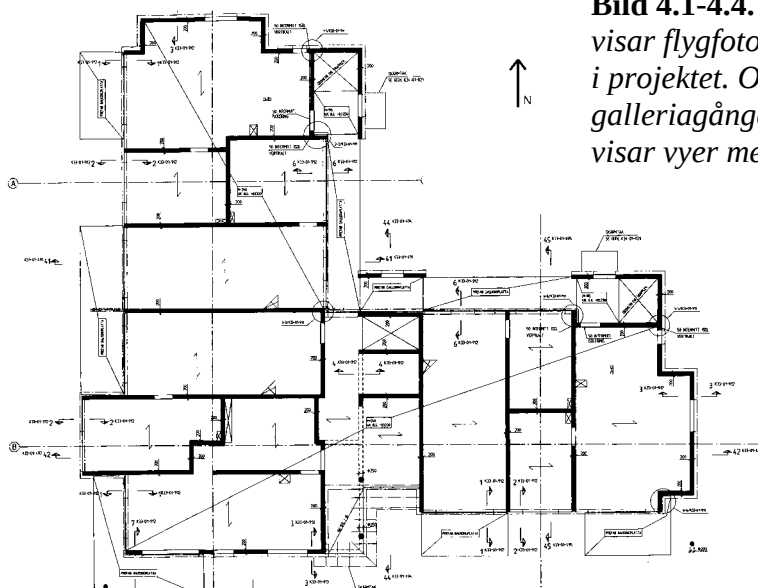
III– generationens system går mot en total öppenhet mellan systemen. De tekniska lösningarna utgörs av industriellt och/eller hantverksmässigt förtillverkade kompatibla komponenter och byggnadsdelar d.v.s. dessa är sinsemellan förenliga och utbytbara. Centralt för informationshanteringen inom det öppna och industrialiserade byggandet blir att med hjälp av IT förmedla informationen mellan byggandets parter.

4 Utformningen av studieobjektet i Brunnshög

I projektet Brunnshög har husen utformats inom koncepthusets ramar. Husen har en L-form och är utformade med en ”mörk” och en ”ljus” sida med den mörka sidan mot nordost och den ljusa mot sydväst. Den ”mörka” sidan, som har sämre utsikt och mindre solinstrålning, har kompenserats med en gemensam galleria för de boende. ”Ljusa” sidan får mycket sol och är utrustad med stora balkonger. Dessutom är den ”ljusa” sidan vänd mot den bästa utsikten då husen ligger belägna på Lunds högsta punkt.



Bild 4.1-4.4. Bilden ovan till vänster visar flygfoto över de 8 flerbostadshusen i projektet. Ovan till höger visas galleriagången. De två nedre bilderna visar vyer mellan husen.



Figur 4.1. Planritning över stommen.

5 Beskrivning av koncepthus

5.1 Allmän beskrivning

2003 invigdes Peabs fabrik i Katrineholm. I fabriken, som är Europas modernaste elementfabrik, har hittills investerats 170 miljoner kronor. Av den stora investeringen har 100 miljoner kronor lagts på robotiserad maskinell utrustning. Med Katrineholmsfabriken förbättras arbetsmiljön genom att väggar och bjälklag, som tidigare producerats ute på byggarbetsplats, nu tillverkas i en väderoberoende och väl kontrollerad miljö. Av Peabs totala byggvolym kommer Katrineholmsfabriken att kunna producera 85 % av stomelementen. Med fabriken förlagd i Katrineholm erhålls logistiska fördelar tack vare den geografiska placeringen. [9]

Elementfabriken är en viktig del i Peabs satsning på ett systemkoncept för bostadsbyggande. Målet är att 2006 ska 50 % av de bostäder som Peab har för avsikt att producera byggas enligt konceptet [13]. Konceptets grundtanke är att använda sig av samma typ av stomme men dock med varierande utformning av husen. Med ett standardiserat stomsystem fås en effektivare produktion vilket resulterar i lägre kostnader. Dessutom kan inköpen göras enhetliga vilket ytterligare pressar kostnaderna.

För att få ett attraktivt boende och en variation i husens utformning har arkitekten en viss frihet. Det är här viktigt att betona att Peab avser att hitta ett enhetligt system för byggnationen, inte för utformningen av de individuella byggnaderna.

Koncepthusets uppförande görs genom totalentreprenad och samtliga aktörer inom entreprenaden är väl inkörda i byggprocessen. Detta medför att Peabs policy med ledord som kvalitet och kamratskap blir en naturlig del i projekten då alla ingående aktörer känner varandra bra.

5.2 Stomme

Stommen är uppbyggd av bärande skalväggar och plattbärlager. Skalväggar är en färdigarmerad kvarsittande form som förankras med armering i bottenplattan eller underliggande bjälklag. Därefter fylls formen uppifrån med betong och gjuts samman med plattbärlagret. För att undvika för stort formtryck fylls halva skalväggarna med betong dagen innan gjutning av bjälklaget. Plattbärlagret är en armerad betongplatta med tjocklek 40mm. Denna typ av bjälklag med pågjutning klarar de aktuella spännvidderna som varierar från 4-6m. Bärlagren är armerade med uppstickande armeringsstegar för nätarmering och på plattbärlagret görs sedan en övergjutning på 200mm som sammanfogar stommen. På grund av den färdigarmerade formen och gjutningen som görs i efterhand kan skalväggar och plattbärlager kallas för halvprefab.

Skalväggar har även använts i källargrunden där elementskarvarna tätats med bitumen för att vattnet inte ska tränga in.

I trapp- och hisschakt har man likaså använt sig av skalväggar.



Bild 5.1. Bilden visar hur elementskarvarna tätas.

5.3 Stomkomplettering

I projektet som studeras används två olika utfackningsväggar. Det som skiljer dessa åt är storleken på reglarna och väggens ytskikt, som i den ena väggen bärs upp av en stenullsskiva och i den andra av en spikläkt. Väggarna är uppbyggda av en syll i tunnplåt samt reglar och bärlina av trä. Utfackningsväggarna levereras med cementbunden skiva för utomhusbruk och kompletteras sedan upp med isolering och ytskikt på arbetsplats.

Trappor och balkongplattor är förtillverkade. Balkongerna är utkragade och bärs därmed av stommen (se figur 7.6).

Badrummen är platsbyggda på traditionellt vis. Det innebär att varje hantverkare gör "sin del" för att sedan lämna över arbetet till nästa yrkesgrupp. Det här gör att det krävs stor samordning av alla olika aktörer på plats. Exempel på aktörer för ett platsbyggt badrum är: betongarbetare, golvläggare, kakelsättare, VVS-installatörer, snickare och elektriker.

Köket är till viss del prefabricerat och med det menas att inredning som t.ex. skåp är delvis hopskruvade till enheter och levereras alltså ej som platta "Ikea-paket".

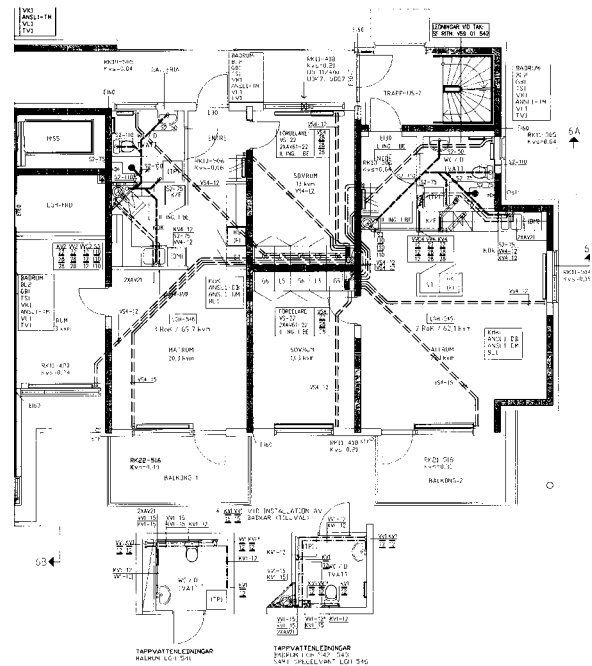
5.4 Tekniska försörjningssystem

Schakten med de vertikala stammarna är punktvis placerade d.v.s. ett schakt till varje lägenhet. Dessa schakt är strategiskt placerade i förhållande till kök och badrum, vilket gör att man i så stor utsträckning som möjligt undviker långa horisontella ledningsdragningar.



Bild 5.2. På bilden ses ett av de punktvis placerade schakten.

Ventilationssystemet som används är ett fläktstyrt frånluftssystem, utan värmeåtervinning, ett s.k. F-system. När frånluftsuttaget ligger långt ifrån schaktet, gjuts ventilationskanalen in i bjälklaget vilket dock ej behövs då kök och badrum ligger i direkt anslutning till det vertikala schaktet. För hälften av schakten behövs inga ingjutna horisontella kanaler då dessa ligger i direkt anslutning till kök och badrum. Resterande, tre av totalt sex stycken, schakt kräver ingjutning av ventilationskanalerna.



Figur 5.1. Visar hur installationsledningar och ventilationskanaler är förlagda i bjälklaget.

De vertikala **spillvattenledningarna** förläggs utan undantag i samma schakt som ventilationen. Den strategiska placeringen av schaktet i förhållande till kök och badrum gör att även spillvattenledningarna blir korta (se figur 5.1).

Kall- och varmvattnet har förlagts till samma schakt som ovanstående installationer där så är möjligt med hänsyn till planlösningen. Då man inte använder sig av undertak har även dessa ledningar, precis som övriga installationsledningar placerats i bjälklaget.

Radiatorer värmer den luft som tas in vid fönsterna. Dessa radiatorer är vattenburna och värms med fjärrvärme. **Värmeledningarna** är generellt sett förlagda i separata schakt skilt från övriga installationer.

Elledningarna är lokaliserade till ett och samma schakt i trapphuset. Elen dras upp i skalväggarna från bjälklaget på byggarbetsplats d.v.s. de förtillverkade skalväggarna och plattbärlagren innehåller inte några elektriska installationer.



Bild 5.3. Bilden visar hur installationerna placeras uppe på plattbärlagret innan gjutning.

6 Utvärdering av koncepthus

6.1 Analys av stomme

Det nuvarande systemet med skalväggar och plattbärlager medger en hög flexibilitet när det gäller integreringen mellan stomme och installationer på byggarbetsplats. Med en hög flexibilitet menas att trots den relativt höga prefabriceringsgraden kan man på arbetsplats placera installationerna på det sätt som erfordras för att få fungerande tekniska försörjningssystem. Detta gör att eventuella fel i projekteringen kan korrigeras på byggarbetsplatsen.

Med plattbärlager och skalväggar som kvarsittande form undviks det omfattande och tidskrävande formarbetet som behövs vid platsbyggt. Det gör att gjutningen av väggar och bjälklag kan ske snabbt men dock i minst två etapper för att undvika för stort formtryck på väggarna. Gjutningen innebär att en arbetare kan styra pumpen, en vibrera och 1-2 ytväjäma betongen vilket gör att det på normalt vis krävs totalt 3-4 arbetare för att genomföra gjutningen. Plattbärlagren i projektet tillåter inte någon större last förrän övergjutningen har härdat, därför behöver bjälklaget stämpas, vilket dels kräver resurser dels gör anspråk på den underliggande våningens yta.



Bild 6.1. Gjutning av bjälklag.

Med en hög prefabriceringsgrad krävs en noggrannare och längre projektering som resulterar i ett snabbare och effektivare byggskede. Det innebär att denna halvprefab stomme byggs under kortare tid än en platsbyggd men långsammare än en helprefabricerad stomme.

Halvprefab har en mindre vikt än helprefab vilket gör att det blir mer känsligt för vind vid montage. Denna lägre vikt ställer mindre krav på kranens kapacitet jämfört med helprefab men det är inte säkert att dessa element är dimensionerande för kranen pga. andra tyngre byggdelar exempelvis balkongplattor.

6.2 Analys av stomkomplettering

Utfackningsväggarna är prefabricerade vilket gör att det inte behövs någon fältfabrik på byggarbetsplats för att kapa regler. Det här betyder att tid sparas då väggen inte behöver byggas på plats i huset eller i fältfabrik. En fältfabrik gör även anspråk på arbetsplatsens yta.



Bild 6.2. *Utfackningsvägg med isolering sedd inifrån.*

Syllen i utfackningsväggen är av tunnplåt vilket är bra då betongen inte kan förväntas vara fullständigt uttorkad och kan avge fukt. Det kan innebära att en syll av trä skulle leda till problem i form röta och mögel. Det gäller även träreglarna då dessa kan utsättas för fukt vid lagring av utfackningsväggen på byggarbetsplats. Det bör här påpekas att reglarnas fuktkvot endast behöver överstiga 16 % för att rötsvampar och mögelsporer ska trivas och leda

till bekymmer efter ett antal år.

När Just-In-Time leveranser inte alltid tillämpas och väggen ibland ställs upp för tillfällig lagring ute på byggarbetsplats så har isoleringen i utfacken valts att utföras på plats.

Balkongernas utförande ger upphov till betydande köldbryggor vilka resulterar i dyrare driftskostnader. Däremot ger utförandet ett tilltalande estetiskt utseende då inga pelare eller stag används.

Utförandet av ett platsbyggt badrum kan leda till samordningsproblem mellan det stora antalet aktörer. Med ett platsbyggt badrum uppnås däremot en hög flexibilitet när det gäller tidplanerna mellan stomme och badrum d.v.s. badrummen kan påbörjas direkt när bjälklagen och väggarna är på plats eller byggas klart i ett senare skede.

Trots att köket består av delvis hopskruvade skåpsmoduler tillkommer ett visst tidkrävande arbete på plats t.ex. montering av skåpsluckor, bänkskivor, skåps- och lådhandtag.



Bild 6.3. *Här ses de utkragade balkongerna. Se även figur 7.6*



Bild 6.4. *Köksinredning utan förborrade hål för skåps- och lådhandtag.*

6.3 Analys av de tekniska försörjningssystemen

De punktvis placerade schakten (se figur 5.1) medger en kort horisontell ledningsdragning men leder till att schakten gör anspråk på boendeytan och därmed ökar boendekostnaden. Kortare horisontell ledningsdragning är fördelaktigt med hänsyn till bjälklagstjockleken pga. att längre ledningar kräver större ledningsfall.

Genom att gjuta in installationer i bjälklaget minskar flexibiliteten i stommen för eventuella framtida förändringar av planlösningen. Dessutom försämrar utbytbarheten av installationerna då dessa är ingjutna i betong. Då de tekniska försörjningssystemen gjuts in skapas emellertid ett bjälklag med mindre tjocklek vilket även det resulterar i en lägre total byggnadshöjd.

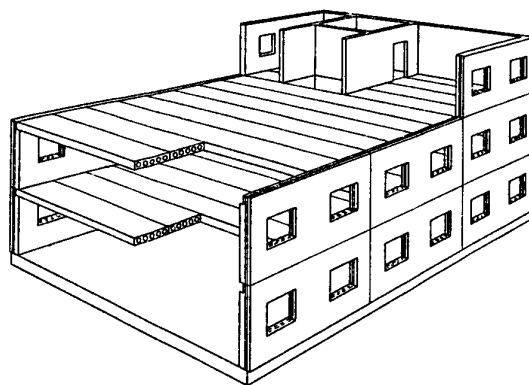
Vertikala värmeledningar är oftast separerade från de övriga varmvattenledningarna vilket är ofördelaktigt. Dels erhålls fler schakt dels försvåras möjligheterna till mätning av varmvattenförbrukning per hushåll när ledningarna ej är samlade på samma plats.

7 Alternativa lösningar med prefabricerade komponenter

7.1 Alternativ stomme

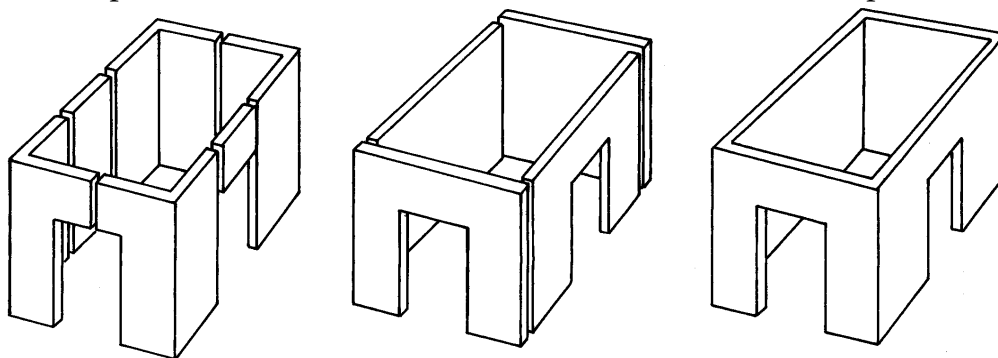
Förutom stomuppbyggnaden med skalväggar och plattbärlager finns ett antal andra mer helprefabricerade alternativ såsom massiv prefab, håldäcksplattor, pelarbalksystem och pelardäck, där pelarna och balkarna kan vara av stål eller betong.

Massiv prefab kan utföras som helgjutna bjälklag och väggar samt sandwichväggar. En sandwichvägg består av ett inre betongskikt på 80-200mm, därefter isolering där tjockleken är beroende av klimatet, sedan ett yttre betongskikt på 50-80mm. Väggens totala tjocklek blir då 230-350 mm. Jämfört med skalväggar och plattbärlager erhålls en kortare byggtid tack vare minskade efterarbeten. En begränsning hos prefabricerade massiva bjälklag är korta spännvidder och de lämpar sig därför främst för bostadshus med mindre lägenheter. Massiv prefab väger mer än halvprefab och ställer därmed högre krav på krankapaciteten. Den större vikten gör den däremot mindre känslig för vind vid montage. För massiv prefab minskar möjligheten att integrera stomme och installationer på byggarbetsplatsen. Eftersom massiv prefab kräver en del ingjutna installationer ställer det stora krav på projekteringen.



Figur 7.1. Håldäcksbjälklag upplagt på massiva prefabväggar. [1]

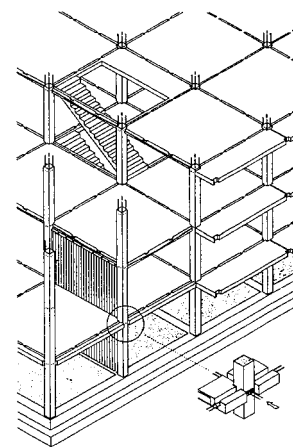
Även trapp- och hisschakt kan tillverkas i massiv prefab och utföras antingen som våningshöga volymelement eller uppdelat i mindre element. Utförs dessa element i massiv prefab fås tyngre element. Behovet av flexibilitet med avseende på integrering mellan installationer och trapp- och hissväggarna på byggarbetsplats finns troligtvis inte. Det är därför ingen nackdel i det avseendet att använda massiv prefab i schaktet, där fåtalet installationer är utförda på fabrik.



Figur 7.2. Exempel på förtillverkade trappschakt med olika elementindelning. [5]

Bjälklagen skulle kunna utföras med förspända håldäckselement, vilka tillåter stora spännvidder och på så sätt ger goda förutsättningar för en flexibel planlösning. Flexibilitet i stommen är viktigt vid eventuella förändringar av bostäderna. Dessutom ger metoden ett snabbt och stämpfritt montage. Vid användning av håldäckselement behövs endast en eventuell ytajämnning till skillnad från den tjocka övergjutningen som krävs på plattbärlager. Vid användandet av håldäck och andra mer helprefabricerade alternativ behövs det inte gjutas mycket på arbetsplats, vilket minskar risken för att bygga in fukt. Vissa gjutarbeten tillkommer på arbetsplatsen då elementen måste förankras i varandra och i övriga stomkomponenter för att uppnå kontinuitet. Minskad mängd betong i bjälklaget ger dock sämre isolation mot ljud.

Pelarbalksystem samt pelardäck kan vara av antingen stål eller betong. I ett pelarbalksystem överförs lasten från bjälklaget via balkarna till pelarna vidare till grunden. I ett pelardäck däremot överförs lasten från bjälklaget direkt till pelarna. Då stommen utförs med pelare ges bra möjligheter till en flexibel planlösning. Genom att nyttja element med stora spännvidder behövs det färre pelare vilket gör mindre anspråk på boendeytan. Dessa stomtyper behöver dock stomstabiliseras med hjälp av trapp- och hisschakt och/eller bärande väggar. Erfarenheten visar att den extra flexibilitet som ges med pelarbalksystem kostar mer per kvadratmeter bruttoyta. [18]



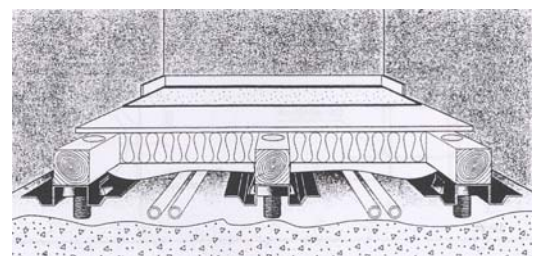
Figur 7.3. I figuren ses Pelardäck. [1]

För att uppnå ett effektivt industriellt byggande måste elementintensiteten och elementvariationen beaktas [17]. Elementintensiteten anger antalet element per m^2 . Ju lägre elementintensitet desto bättre ur lönsamhetssynpunkt då detta innebär färre lyft p.g.a. större element vilket i sin tur leder till snabbare montering. Dessutom blir det färre skarvar vilket ger både en "snyggare" konstruktion samt ett mindre antal skarvar att täta. Med en låg elementvariation erhålls ett snabbare montage då likadana element monteras. Dessutom blir tillverkningskostnaden lägre då variationen elementen emellan är låg.

7.2 Alternativ stomkomplettering

Vid användning av massiva bjälklag och håldäcksbjälklag placeras installationerna i undertak och/eller i någon form av golvkonstruktion. Denna golvkonstruktion kan utformas som flytande golv eller uppreglat golv av olika utföranden vilka placeras upp på bjälklaget.

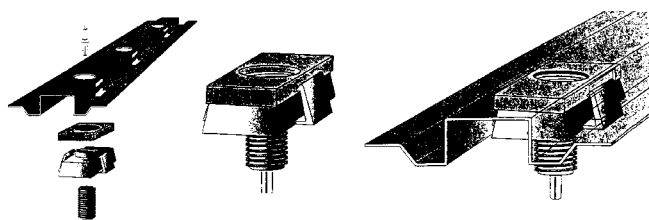
Flytande golv är en konstruktion där



Figur 7.4. Uppreglat golv ovanpå bjälklag. [1]

golvbeläggningen inte har direkt kontakt med övriga stomkomponenter. Golvkonstruktionen består av stegljudsisolerande undergolv, som vid behov kan förses med ångspärr, underlag för golvbeläggning samt golvbeläggning. Ett

stegljudsisolerande undergolvet kan exempelvis vara av sand. Uppreglat golv består av nivåjusteringsskruv med betongankare där regler av trä eller tunnplåt bär upp golvkonstruktionen (se figur 7.4 och 7.5). Beroende på bjälklagstyp och ljudkrav kan isoleringen utformas på olika sätt, en lösning är att på nivåjusteringsskruven montera en dämpkudde. En annan lösning är att lägga isolering mellan reglarna, vid behov kan dessa metoder även kombineras.

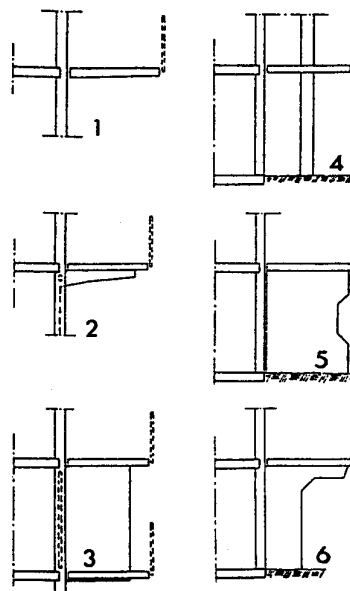


Figur 7.5. Visar regelsystem med stödkloss och dämpkudde, nivåjusteringsskruv och betongankare. [1]

Isoleringen i utfackningsväggen skulle kunna utföras på fabrik men ställer då krav på en Just-In-Time leverans för att säkerställa att väggen inte utsätts för fukt. Ifall detta arbete skulle flyttas till fabrik slipper entreprenören momentet ute på byggarbetsplats vilket leder till en snabbare byggtid. Precis som syllan kan reglarna av trä utföras i tunnplåt för att undvika risken för fuktskador (se bild 6.2). Risken för kondens på regler av tunnplåt kan i projektet anses som obefintlig då temperaturen på dessa regler inte blir så låg därför att stommen är vid monteringstillfället tät och tillräckligt varm.

Balkongerna kan utföras på flera olika sätt. De vanligaste moderna metoderna är balkonger som är utkragade direkt från bjälklaget, balkonger som är fästa med stag antingen i fasaden eller i ovanförliggande balkong och balkonger med pelare. Energiförluster p.g.a. köldbryggor har beräknats av Professor Gudni Jóhannesson, KTH med förutsättningarna 50 st. lägenheter, livslängd 100 år och med balkongplattor som har en längd på 3 m utefter fasad. De balkonger som utkragas får störst köldbrygga, 1 200 000 kWh, p.g.a. infästningen av den frihängda

balkongplattan. Stagade balkonger kräver mindre infästning i bjälklaget vilket gör att köldbryggan minskar till 75 000 kWh. Platta upplagd på pelare kan göras helt fristående från bjälklaget och ger då teoretiskt inte upphov till några köldbryggor, 0 kWh.



Figur 7.6. Olika typer av balkongutformning. [1]

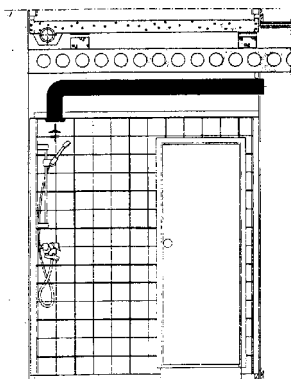
Ett prefabricerat badrum ställer höga krav på planering av monteringen då badrumsmodulerna ska lyftas in vid rätt tidpunkt i stomuppgbyggnaden. Vid användningen av prefab badrum slipper man det samordningsproblem som kan uppkomma vid ett platsbyggt badrum. Ett prefabricerat badrum är på snarlikt sätt uppbyggt som ett platsbyggt men levereras från fabrik i modulform. Modulen kan exempelvis vara uppbyggd av betongplatta i botten med erforderligt fall mot golvbrunn, tätskikt, ett ytskikt av klinker och med ingjuten elektrisk golvvärmekabel [20]. Väggarna uppförs med regler av tunnplåt, dessa kan vara invändigt beklädda med kakel. Taket kan vara av plåtkassetter och vitfolierad plåt. Hela badrumsmodulen kan även utföras i betong vilket gör att ytskikt såsom kakel blir mindre sprickbenägen. Om modulen utförs i betong fås en stabilare men dock tyngre volym. När badrummen levereras från fabrik är de kompletta med sanitetsporslin och inredning.



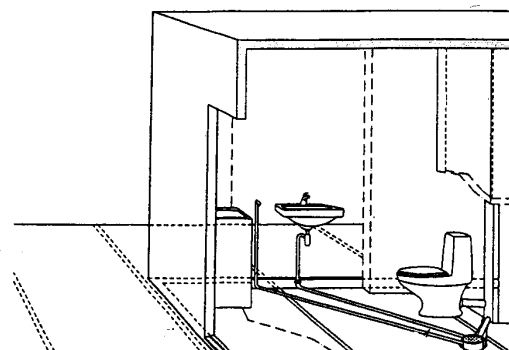
Bild 7.1. Visar hur ett prefabricerat badrum lyftes med hjälp av lyftok. [20]



Bild 7.2. Prefabricerat badrum sett inifrån. [20]

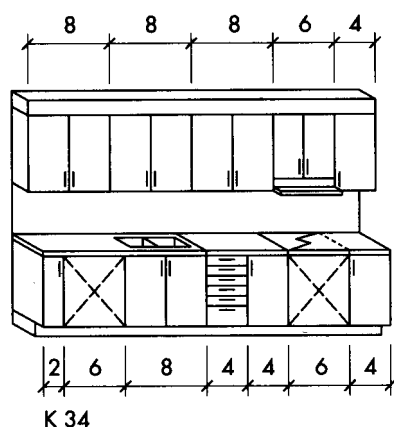


Figur 7.7. Badrum med prefabricerad golvplatta upplagd på håldäcksbjälklag. [1]

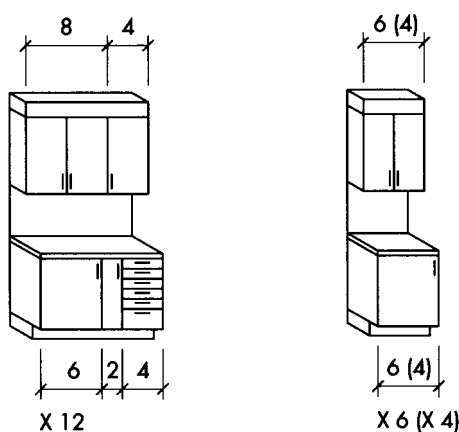


Figur 7.8. Badrum nedsänkt i installationszon med anpassade håldäckstjocklekar. [1]

Kökets prefabriceringsgrad kan ökas genom att skapa större och mer kompletta skåpsmoduler men även förborring av hål för skåps- och lådhandtag kan utföras på fabrik (se bild 6.3). Dessa skåpsmoduler skulle kunna bygga upp en mer fullständig "standardiserad" köksmodul vilken bör användas i samtliga bostäder. Beroende på lägenheternas storlek kan mindre skåpsmoduler komplettera upp standardmodulen. Detta skulle rationalisera arbetet på byggarbetsplats och minska färdigställandetiden för köket vilket bidrar till att minska den totala byggtiden.



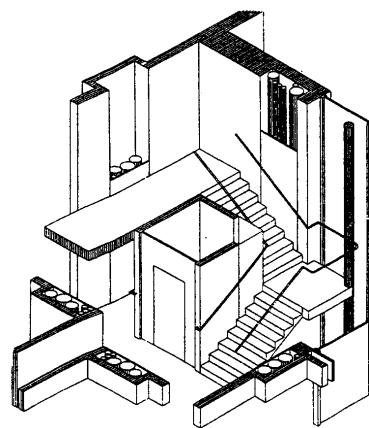
Figur 7.9. Standardmodul för kök.



Figur 7.10. Kompletterande skåpsmoduler.

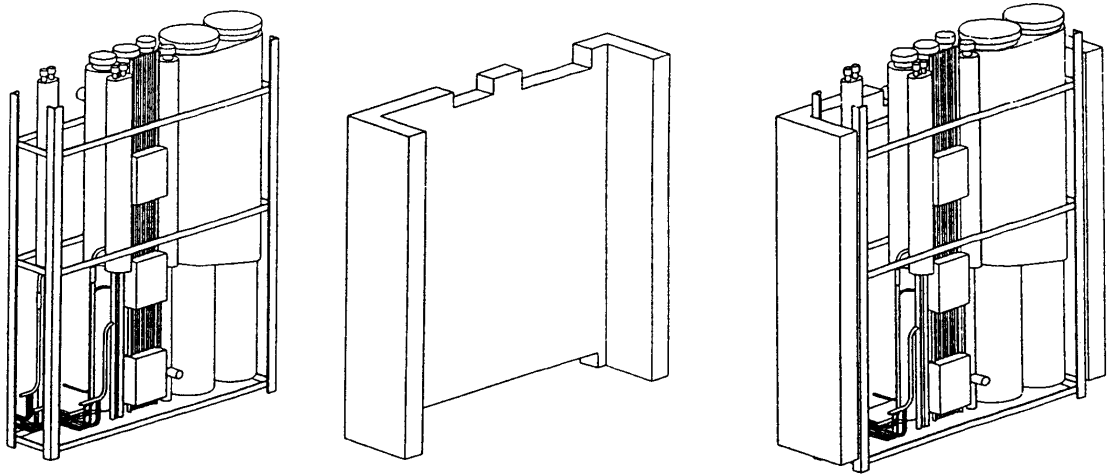
7.3 Alternativa tekniska försörjningssystem

De vertikala installationsschakten kan placeras i anslutning till trapp- och hisschakten. Det skulle innebära färre schakt som tar upp boendeyta men en något längre horisontell ledningsdraging för de installationer som ej kan läggas i närheten av schaktet. Med förläggning av vertikala schakt till trapphus underlättas montering, komplettering, tillsyn samt utbyte av rör och ledningar då samtliga vertikala installationer ligger bakom en gipsvägg. Detta främst tack vare det arbetsutrymme och åtkomlighet till schaktet som ges i trapphuset. Dessutom förbättras flexibiliteten för framtida förändringar av bostäderna då det inte finns några schakt inne i lägenheterna. En nackdel är att, för att inte få en alltför lång horisontell ledningsdraging, måste kök och badrum placeras intill trappschaktet. Lång horisontell ledningsdraging är ofördelaktig då kravet på fall resulterar i tjocka bjälklag. Tjocka bjälklag ger totalt en högre byggnadshöjd.



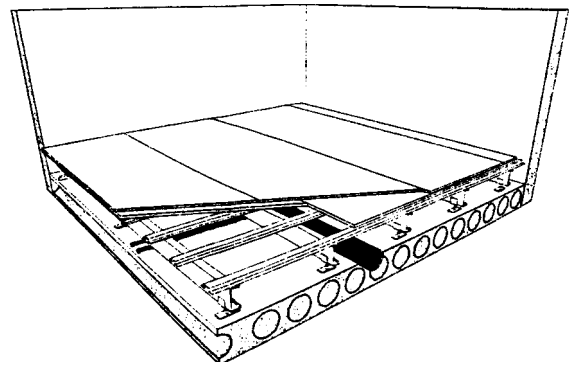
Figur 7.11. Förläggning av installationsschakt till trapphus. [1]

De vertikala installationerna kan placeras i ett förtillverkat installationsbatteri, som innefattar alla de installationer som behövs för den tekniska försörjningen. Batterierna är våningshöga och staplas på varandra tills de bildar det vertikala installationsschaktet.



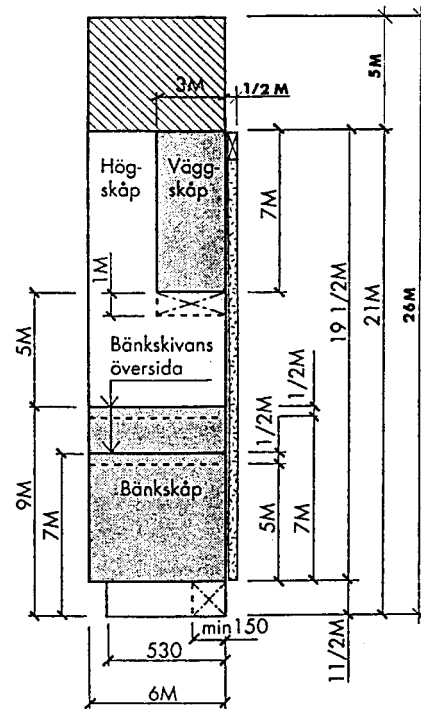
Figur 7.12. Installationsbatteri monterat i element. [1]

De horisontella installationsledningarna kan förläggas i undertaket och i golvkonstruktionen. Vid flytande golv läggs installationerna lämpligtvis i sanden. Om golvet reglas upp kan de grövre installationskanalerna förläggas parallellt och mellan reglarna medan de mindre kanalerna kan placeras mera fritt under reglarna. Horisontella ventilationskanaler sätts i undertaket till utrymmen såsom kapprum, hygienrum, klädkammare och förråd. Rumshöjden i dessa utrymmen kan minskas med undertaket dock inte under 2,4 m förutsatt att våningshöjden är tillräcklig för erforderligt installationsutrymme. När installationerna inte är ingjutna i bjälklaget underlättas utbytbarheten, kompletteringsarbeten samt tillsyn.



Figur 7.13. Installationer placerade i uppreglat golv på håldäcksbjälklag. [1]

När köksinredningen är uppställd med rygg mot lägenhetsskiljande vägg i betong, kan en isoleringsskiva på 5cm monteras bakom köksinredningen. Detta görs för att undvika ingjutning av elledningar och el-uttag i förtillverkade betongkomponenter vilka istället pressas in i en isoleringsskiva på fabrik som sedan placeras mellan kök och vägg. Därmed behövs det inte göras några ingrepp i den bakomliggande betongväggen för att sätta fast el-uttag och ledningar.



Figur 7.14. Figuren visar isoleringsskiva med elledningar mellan köksrygg och betongvägg. [1]

8 Energi

8.1 Klimatskärm

Skalväggarnas utsida kläs med en putsbärande cellplastskiva av expanderad polystyren, med en tjocklek på 150mm. Där ytterväggen består av utfackningselement kompletteras den 145mm tjocka isoleringen i utfacken med en putsbärande stenullsskiva som är 50mm. Det är en bra lösning då stenullsskivan inte tar upp lika mycket fukt som exempelvis expanderad cellplast vilket gör att risken för att fukt leds in i utfackningsväggen minskar. Under plattan på mark ligger en cellplastskiva av extruderad polystyren som är 70mm. Vindsbjälklaget isoleras med 400mm kretsull och är därmed en kall och oinredd vind. Fönsterna i den nuvarande klimatskärmen har ett U-värde som är $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Med Boverkets nya byggregler ska köldbryggor beaktas vid beräkning av värmeförlusterna. Det finns olika typer av köldbryggor. Linjära köldbryggor förekommer vid anslutningar mellan väggar, bjälklag, tak, balkongplattor mm. pga. tvådimensionella värmeflöden. Punktformiga köldbryggor kan uppkomma i exempelvis hörn yttervägg/yttervägg/takbjälklag beroende på tredimensionell värmeströmning. ψ , χ = Värmeförlustkoefficienter för köldbryggor. ψ används för linjära och χ för punktformiga köldbryggor. De senare kan ofta försummas medan de linjära kan ha betydande inverkan på värmeförlusterna. ψ anges i enheten $\text{W/m}^\circ\text{C}$ och χ i enheten $\text{W}/^\circ\text{C}$. Koefficienterna används vid beräkning av en byggnads totala transmissionsförluster i $\text{kWh}/\text{år}$ eller en byggnads transmissionsförlustfaktor i $\text{W}/^\circ\text{C}$. [2]

Energiberäkningarna har utförts med Isover Energi, David-32 och genom beräkningar enligt Isolerguiden 04. Värmeförlusten med hänsyn till köldbryggorna har beaktats i Isover Energi. De ψ (Psi)- värden för köldbryggorna som är beräknade med David-32 samt Isolerguiden 04 är inlagda i Isover Energi. Det fullständiga resultatet från Isover Energi och resultaten beräknade enligt Isolerguiden 04 samt resultat från David-32 är bifogade som bilagor. Även beräkningar av värmemotståndet för gallerian bifogas.

Enligt beräkningar med Isover Energi erhålls ett genomsnittligt värmeenergibehov för bostad och lokal till $46,9 \text{ kWh/m}^2$, år (se bilaga 3). Dessutom tillkommer elförbrukning för uppvärmning av tappvarmvatten och hushållsel. Behov för tappvarmvattnet anses vara 1800 kWh per lägenhet och år med ett tillägg på 18 kWh per m^2 uppvärmd golvarea och år [4]. 32 lägenheter och 2711 m^2 (BOA) ger då ett tillskott på $39,2 \text{ kWh/m}^2$, år för tappvarmvattnet. Elförbrukning av hushållsel per lägenhet antas vara 3000 kWh per lägenhet och år [16] vilket ger ett tillskott på $35,4 \text{ kWh/m}^2$, år. Totalt tillskott blir då

$39,2+35,4=74,6 \text{ kWh/m}^2$, år och total energiförbrukning blir med dessa förutsättningar $46,9+74,6 = 121,5 \text{ kWh/m}^2$, år.

8.2 Analys av klimatskärm

Energifrågan ska i framtiden in i byggfokus [10]. Ett nytt EU-direktiv om byggnaders energiprestanda antogs av Europaparlamentet och Europeiska unionens råd den 16 december 2002 och trädde i kraft 4 jan 2003.

Medlemsstaterna har därefter tre år på sig att sätta i kraft de bestämmelser i lagar och andra författningar som är nödvändiga för att kunna följa direktivet.

Direktivet är ett ramdirektiv och innehåller fem punkter:

1. Metodiker för beräkning av byggnaders energiprestanda (artikel 3).
2. Minimikrav på energiprestanda för nya byggnader (artikel 5).
3. Minimikrav på energiprestanda för stora byggnader som genomgår omfattande renovering (artikel 6).
4. Energicertifiering av byggnader (artikel 7).
5. Regelbundna kontroller av värmepanna och luftkonditioneringssystem i byggnader samt en bedömning av värmeanläggningen om värmepannorna är äldre än 15 år (artikel 8 och 9). [7]

Direktivet är i hög utsträckning redan uppfyllt i Sverige framförallt när det gäller minimikrav på energiprestanda. Lagarna och författningarna måste emellertid revideras så att de fem punkterna implementeras i dessa. [7]

Köldbryggorna i studieobjektet utgör en betydande del av värmeförlusterna genom klimatskärmen. Värmeförlusterna genom köldbryggorna uppgår till 20 % av de totala förlusterna genom klimatskärmen enligt beräkningarna. Bortser man från köldbryggorna klarar byggnaden energikravet enligt nuvarande BBR. Tar man däremot hänsyn till köldbryggorna klarar byggnaden ej F_s krav och överstiger kravet med 7,7 % för bostadsdelen. För lokaldelen uppfylls däremot kravet. (Se bilaga 3)

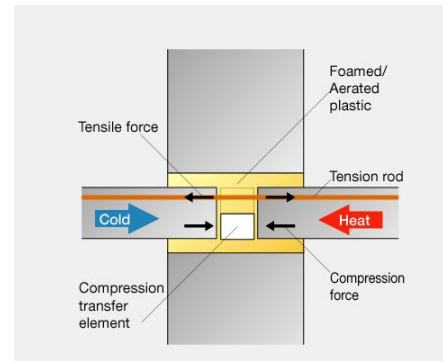
Balkongplattorna är de element som bidrar till störst köldbryggor i projektet (se bilaga 1). Där balkongplattan fästes in i bjälklaget finns det ej tillräckligt med köldbrytande material vilket ger upphov till köldbryggorna. Detta gäller även där bjälklag/innervägg infästes i utfackningsväggen.

Beräkningarna visar att vid anslutningarna av olika material blir köldbryggorna större (se bilaga 1) då detta kräver att materialen förankras i varandra och medför att väggen inte blir homogen i anslutningspunkten. Varma väggdelar av trä och betong får då mindre del isolering i förankringspunkterna.

När betonginnervägg/betongbjälklag ansluts till betongyttervägg elimineras köldbryggan därför att det isolerande materialet ligger utanför betongen och den anslutande betongkonstruktionen bryter inte isoleringen i fråga.

8.3 Förslag till energiminskande åtgärder

För att minska köldbryggan på de utkragade balkongerna finns möjligheten att utöver det befintliga köldbrytande materialet använda en fiberkompositskiva som läggs mellan bjälklaget och balkongplattan. Med skivan minskas värmeförlusten med upp till 50 %. Fiberkomposit har 50-70 gånger lägre värmekonduktivitet jämfört med stål, 0,2-0,3 W/m K [14]. För att ytterligare minska köldbryggan kan materialen i armering och dragband bytas från stål till fiberkomposit.



Figur 8.1. Fiberkompositskiva mellan bjälklag och balkongplatta. Copyright: Fiberline Composites.

Dimensionen på den cellplast (38mm) som bryter köldbryggan mellan betonginnerväggar/betongbjälklag och utfackningsvägg kan ökas för att ytterligare minska köldbryggorna.

Fönsterna bidrar till en del av värmeförlusterna då dessa har U-värde $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. På marknaden finns idag moderna fönster som har ett U-värde under $1,3 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$. Problemet med alltför isolerade fönster är att inomhustemperaturen kan bli hög sommartid då värme som strålat in inte ”släpps” ut genom de välisolerade fönstren. För att undvika detta sätts utvändigt solskydd upp på fasaden vilket dock kan vara en försämrade estetisk åtgärd. Ett annat alternativ är att använda sig av solskyddsfilm vilket medför en något försämrad utsikt.

Användelsen av värmepump och ett ventilationssystem med värmeväxling skulle ytterligare minska energiåtgången. Visserligen handlar det om en betydande ekonomisk investering men samtidigt erhålls en lägre driftskostnad och erfarenheten visar att återbetalningstiden för exempelvis en värmepump är 5-10 år. [18]

Om fiberkompositskivan används tillsammans med värmeväxling 50 % skulle värmeenergiebehovet för bostad och lokal minska från $46,1 \text{ kWh/m}^2$ till $34,0 \text{ kWh/m}^2$ år och total energiförbrukning skulle då bli $34,0 + 74,6 = 108,6 \text{ kWh/m}^2$ år. F_s för bostadsdelen blir $0,310 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ med reducerade köldbryggor mellan balkong och bjälklag, värdet överstiger då kravet med 5,3 %. (Se bilaga 3)

9 Slutsats

Som tidigare nämnts kräver en högre prefabriceringsgrad generellt en längre och noggrannare projektering. Den högre prefabriceringsgraden resulterar i att arbetet på plats övergår till en mer monteringslik industri. Genom att arbetet förändras från traditionellt platsbyggande till montering av förtillverkade element erhålls som sagt ett kortare och effektivare byggskede. Den längre projekteringen med ett kortare byggskede kräver dock en upprepning för att nå lönsamhet.

Att bygga med halvprefab i form av plattbärlager och skalväggar medger hög flexibilitet i produktionen med minskade formsättningsarbeten.

Halvprefabricerade element är dock mer känsliga för vind vid montage jämfört med helprefabricerade då dessa väger mer. Detta gäller under förutsättning att elementen har samma vindfång d.v.s. lika stora ytor som upptar vind.

Helprefabricerade alternativ kan vara massiv prefab, håldäckselement, pelar-balksystem och pelardäck. Massiv prefab ger ett snabbt byggskede med relativt liten del kompletterande arbeten. Vid användandet av helprefabricerade komponenter undviks omfattande gjutningsarbeten på arbetsplats vilket resulterar i en torr byggmetod. Håldäckselement tillåter en större spännvidd jämfört med massiv prefab och plattbärlager. Liksom håldäckselement ger pelar- balksystem och pelardäck goda möjligheter till en flexibel planlösning men behöver dock stomstabiliseras.

De prefabricerade utfackningsväggarna medför att väggarna ej behöver byggas i fältfabrik vilket leder till att tid och utrymme på arbetsplats sparas. Samtliga regler inklusive bärlina och syll i utfackningsväggen kan med fördel utföras i tunnplåt. Golvkonstruktionen kan vid användandet av håldäckselement eller massiva bjälklag utföras som flytande golv eller uppreglat golv. En fördel med dessa konstruktioner är att installationerna separeras från stommen då de inte gjuts in i bjälklaget. För att klara ljudkraven när bjälklagen ej är massiva så regleras golvet upp och isolering placeras mellan reglarna. Nivåjusteringsskruven kan även försees med en dämpkudde vilket ytterligare minskar ljudöverföringen genom bjälklaget.

Genom att förtillverka badrummen undviks problemen med samordning av de olika yrkesgrupperna. Användningen ger emellertid mindre flexibilitet vid montering av stommen då dessa moduler måste lyftas in vid rätt tillfälle. Ett prefabricerat badrum har förutsättning att hålla lika hög eller förmodligen högre standard än ett platsbyggt.

Köksinredningens prefabriceringsgrad borde ökas genom att tillverka större, mer kompletta standardmoduler för att åstadkomma en bättre produktivitet.

Standardmodulerna bör, tillsammans med ett visst antal mindre kompletterande skåpsmoduler, kunna användas i alla bostäder. Ett annat sätt att öka

industrialiseringen är att pressa in elledningarna i en isoleringsskiva på fabrik som sedan placeras bakom standardmodulen för att undvika håltagningar i den bakomliggande bärande betongväggen.

Punktvís placerade schakt medför en kortare horisontell ledningsdragning vilket i sin tur resulterar i mindre bjälklagstjocklek men leder till ett mer omfattande schaktarbete än om schakten skulle ha placerats i anslutning till trapphusen. Placeras schakten i anslutning till trapphusen underlättas montering, komplettering, tillsyn samt utbyte av rör och ledningar. Det vertikala installationsschaktet kan byggas upp med våningshöga installationsbatterier. Badrum och kök placeras i närhet eller i direkt anslutning till schakten i trapphusen för att undvika lång ledningsdragning då detta leder till alltför tjocka bjälklag.

Framtida krav på energihushållning gör att byggnaders energiförbrukning bör beaktas. De utkragade balkongerna ger upphov till stora köldbryggor. Köldbryggorna kan brytas med hjälp av en fiberkompositiskiva som placeras mellan balkongplatta och bjälklag. Ett annat sätt att undvika eller minska betydande köldbryggor är att välja en annan typ av balkongutformning exempelvis stagade balkonger eller balkonger upplagda på pelare. För att gå framtiden till mötes kan en värmepump och ett ventilationssystem med värmeväxling nyttjas för att på så sätt sänka antalet kilowattimmar per kvadratmeter.

10 Avslutning

Målet med examensarbetet menar vi vara uppfyllt då slutsatserna är i överensstämmelse med syftet för rapporten. Slutsatserna anser vi inte vara endast direkt knutna till Peabs konceptus utan bör vara användbara för samtliga branschens aktörer, särskilt då många bygger med s k. halvprefab. Även beställare kan dra nytta av rapporten och få upp ögonen för industriellt byggande.

Byggbranschen har möjlighet att med hjälp av mer industrialiserade metoder skapa ett kostnadseffektivare byggande. Estetik och kvalitet måste hamna i centrum för att industrialiseringen av byggandet ska lyckas då det finns många motståndare p.g.a. dåliga erfarenheter från miljonprogrammet.

Som en fortsättning på rapporten kan en ekonomisk utvärdering utföras för att se vilka systemkombinationer som blir mest ekonomiskt lönsamma totalt sett. Det innebär att hela processen ska granskas, fr.o.m. fabrik till färdig produkt. På fabriken bör elementintensitet och elementvariation studeras. Vidare måste logistiken optimeras och monteringen göras rationell och effektiv för att få en lönsam byggmetod.

Ytterligare ett förslag till vidare studier är att utföra en riskanalys på det befintliga konceptet för att sedan jämföra den med en riskanalys på en alternativ utformning, och på så sätt åskådliggöra skillnader i riskfördelning mellan systemen. Genom att eliminera eller minska riskerna ökas möjligheterna att få en god ekonomi i projekten.

11 Referenslista

Litteratur:

- [1] Adler, Peter (2001) *Monteringsbyggda flerbostadshus*. Universitetsservice AB. Stockholm. ISBN 91-7283-064-6.
- [2] Anderlind, Gunnar & Stadler, Claes-Göran (2004) *ISOLERGUIDEN 04*. SWEDISOL- föreningen för tillverkare högeffektiv mineralullsisolering. Åbergs Tryckeri AB. Tomelilla. ISBN 91-973761-6-7.
- [3] Boverket (2002) *Boverkets Byggregler, BBR*. Boverket. Elanders Gotab. Vällingby. ISBN 91-71-47-718-7.
- [4] Boverket (2003) *Termiska beräkningar – Rumsklimat, värmeisolering, transmissionsförluster och omfördelningsberäkning*. Danagårds grafiska AB. ISBN 91-7147-770-5.
- [5] FIP- Fédération Internationale de la Précontrainte(Commission on Prefabrication) (1998) *Planning and design handbook on precast building structures*. SETO Ltd. London. ISBN 1-874266-11-5.
- [6] Isover (2004) *IsoverBoken- Guide för arkitekter, konstruktörer och entreprenörer*.
- [7] Schulz, Linda (2003) *Energicertifiering– EU- direktiv om byggnaders energiprestanda*. illustration & information. Borås. ISBN 91-7848-937-7.
- [8] Thiberg, Alice (2000) *KÖK PLANERING OCH UTFORMNING HANDBOK FÖR PROJEKTÖRER OCH TILLVERKARE*. SIS Förlag AB. Stockholm. ISBN 91-7162457-9.

Artiklar:

- [9] Andersson, Roger (2004) "Europas modernaste element fabrik invigd i Katrineholm". *Betong*. 1/2004. Sidan 28-29.
- [10] Bengtson, Ulla (2004) "Energin ska in i byggfokus". *byggIndustrin*. 38/2004. Sidan 12.
- [11] Bergquist, Johan (2002) "Billigare bostäder genom nytt koncept". *Peab Journalen*. 1/2002. Sidan 8-10.
- [12] Bergquist, Johan (2002) "På väg mot billigare bostäder". *Peab Journalen*. 4/2002. Sidan 4-5.
- [13] Hellsvik, Karin (2003) "Prisvärt när Peab bygger bo". *Peab Journalen*. 1/2003. Sidan 10-11.

Muntliga källor:

- [14] Andersson, Anders. Platschef. Peab Sverige AB.
- [15] Borheim, Per. Projektledare. Peab Sverige AB.
- [16] Fredlund, Bertil. Professor Byggnadskonstruktion. LTH.
- [17] Kämpe, Per. Adjungerad professor Industriellt Byggande. LTH. HT 03.
Magisterutbildning Industriellt Byggande med Design. Industriell
Byggprocess.
- [18] Sentler, Lars. Professor Byggnadskonstruktion. LTH.

Elektroniska källor:

- [23] www.effektiv.org
- [19] www.fiberline.dk
- [20] www.partab.nu
- [21] www.peab.se
- [22] www.strangbetong.se

Bilaga 1

Köldbryggor

Hörn, Skalvägg– Skalvägg enligt David-32 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,0857 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Hörn, Skalvägg– Utfackningsvägg enligt David-32 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,103 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Innervägg i betong ansluten till Utfackningsvägg. Beräkningar enligt ISOLERGUIDEN 04, bilaga B, avsnitt B2.1 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,082 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Bjälklag i betong anslutet till Utfackningsvägg. Beräkningar enligt ISOLERGUIDEN 04, bilaga B, avsnitt B2.1 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,095 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Takbjälklag i betong anslutet till Skalvägg enligt David-32 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,083 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Takbjälklag i betong anslutet till Utfackningsvägg enligt David-32 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,125 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Grunden, kantbalk vid platta på mark. Beräkningar enligt ISOLERGUIDEN 04, bilaga B, avsnitt B4.1 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,090 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. I beräkningarna har det antagits att kantbalkens höjd är lika med plattans tjocklek.

Fönster i Utfackningsvägg. Beräkningar enligt ISOLERGUIDEN 04, bilaga B, avsnitt B5.2 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,017 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Fönster i Skalvägg. Beräkningar enligt ISOLERGUIDEN 04, bilaga B, avsnitt B5.5 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. I beräkningarna har det antagits att fönstrets placering är i en betongvägg med tegelfasad då beräkningsformler för den exakta utformningen saknas i ISOLERGUIDEN 04.

Balkong i betongvägg ansluten till Betongbjälklag i enligt David-32 ges värmeförlustkoefficienten för köldbryggan $\psi(\Psi)=0,178 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Med fiberkompositskivan fås $0,112 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Balkong i utfackningsvägg ansluten till Betongbjälklag i enligt David-32 ges $\psi(\Psi)=0,164 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Med fiberkompositskivan fås $0,108 \text{ W/m}^\circ\text{C}$.

Bilaga 2

Värmemotstånd för gallerian

Yttre fasadskikt för gallerian består av 76 % glas och 24 % betong. Enkelglas antas ha ett U-värde på $5,0 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ och betongväggen med cellplastisolering ett U-värde på $0,195 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$. Då fås ett genomsnittligt U-värde för galleriafasaden till $3,847 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ ($0,24 \cdot 0,195 + 0,76 \cdot 5$). U-värde för utfackningsväggen med träpanel i gallerian är $0,198 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Värmemotståndet ($R=1/U$) för gallerian blir då $R_{\text{gallerifasad}} + R_{\text{utfackningsvägg i gallerian}} = R_{\text{tot galleria}}$
 $= 1/3,847 + 1/0,198 = 5,310 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. Jämför man $R_{\text{tot galleria}}$ med R för utfackningsväggen i fasaden mot uteluft, erhålls vilket värmemotståndstillägg som ges för gallerian.

U-värde för utfackningsväggen mot uteluft är $0,190 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ vilket ger $R = 1/0,190 = 5,263 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. Värmemotståndstillägget för gallerian blir då $5,310 - 5,263 = 0,047 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$. Detta värde avrundas till 0,05 och läggs in i Isover Energi i alla ytor som vetter mot det ouppvärmade utrymmet som gallerian är.

Bilaga 3

Resultat från Fs-beräkning

2004-12-18 13:54

Brunnshög, Lund, Bostad

Sammanfattning

$F_s = (\text{Summa } U_{\text{just}} * A + \text{Summa Längd} * \Psi) / A_{\text{om}} = 0,317 \text{ W/m}^2, \text{K}$

$A_{\text{upp}} = 2711,00 \text{ m}^2$

$A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}} = 362,49 \text{ m}^2$

$A_f = \min (A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}}, 0,18 * A_{\text{upp}}) = 362,49 \text{ m}^2$

$F_s \text{ krav} = 0,16 + 0,81 * A_f / A_{\text{om}} = 0,294 \text{ W/m}^2, \text{K}$

**Byggnaden uppfyller ej kraven på värmeisolering ty F_s överskrider F_s ,krav med 7,7%
Då F_s ,krav ej överskrids med mer än 30% kan värmeisoleringen accepteras om en särskild utredning (omfördelningsberäkning) visar att behovet av tillförd energi för uppvärmning, tappvarmvatten och värmeåtervinning inte överskrider vad som skulle behövas med kraven uppfyllda.**

(se nedanstående redovisning)

Yta	UKorr	Ujust	A	Ujust*A
1. Betongvägg med träpanel mot norr	0,266	0,266	52,70	14,018
2. Betongvägg med träpanel mot öst	0,266	0,266	5,20	1,383
3. Vägg betong mot öster	0,195	0,195	247,80	48,321
4. F11	1,210	0,510	6,24	3,180
5. F7	1,170	0,470	4,02	1,890
6. F6	1,207	0,507	13,20	6,696
7. F3b	1,180	0,480	3,80	1,824
8. Entredörr	1,400	1,400	2,64	3,696
9. Vägg betong mot söder	0,195	0,195	123,60	24,102
10. F3	1,229	0,029	9,32	0,272
11. F2	1,202	0,002	9,80	0,020
12. F14	1,192	0,000	0,97	0,000
13. F1	1,264	0,064	12,35	0,785
14. Balkongdörrar	1,179	1,179	10,25	12,080
15. Vägg betong mot norr	0,195	0,195	265,30	51,734
16. F6	1,207	0,807	11,00	8,880
17. F7	1,170	0,770	3,35	2,580
18. F11	1,210	0,810	7,80	6,315
19. Entredörr	1,400	1,400	5,28	7,392
20. Vägg betong mot väster	0,195	0,195	42,00	8,190

21. Tak	0,100	0,100	505,00	50,500
22. Utfackningsvägg med träpanel mot norr	0,231	0,231	79,20	18,295
23. F10	1,202	0,802	9,72	7,794
24. F9	1,246	0,846	5,70	4,824
25. F8	1,181	0,781	5,28	4,122
26. Lägenhetsdörr	0,900	0,900	15,84	14,256
27. Dörrfönster	1,203	0,803	2,40	1,926
28. Vägg söder utfackning	0,190	0,190	160,00	30,400
29. F5	1,211	0,011	10,56	0,120
30. F1	1,264	0,064	29,64	1,884
31. F4	1,210	0,010	9,84	0,096
32. Balkongdörrar	1,179	1,179	24,60	28,992
33. Entredörr	1,400	1,400	2,64	3,696
34. Vägg väster utfackning	0,190	0,190	267,00	50,730
35. F1	1,264	0,564	37,05	20,880
36. F12	1,218	0,518	27,50	14,250
37. F13	1,218	0,518	13,75	7,125
38. Balkongdörrar	1,179	1,179	30,75	36,240
39. Utfackningsvägg med träpanel mot öst	0,231	0,231	75,20	17,371
40. F10	1,202	0,502	8,10	4,065
41. F9	1,246	0,546	9,50	5,190
42. F8	1,181	0,481	4,40	2,115
43. Lägenhetsdörr	0,900	0,900	13,20	11,880
44. Dörrfönster	1,203	0,503	2,00	1,005
Aom & Summa Ujust*A			2185,49	541,114

Köldbrygga	Längd	Psi	Längd*Psi
Hörn skalvägg-skalvägg	164,560	0,086	14,152
Hörn skalvägg-utfacknin	166,980	0,103	17,199
Betonginnervägg-utfackn	92,000	0,082	7,544
Utfackningsvägg-tak	64,100	0,125	8,013
Skalvägg-tak	65,100	0,083	5,403
Fönsterkarm-utfacknings	773,500	0,017	13,150
Fönsterkarm-skalvägg	313,200	0,035	10,962
Betongbjälklag-utfacknin	339,100	0,095	32,215
Galleriabalkonger	95,400	0,140	13,356
Balkonger i skalvägg	17,900	0,178	3,186
Balkonger i utfackningsv	161,300	0,164	26,453
Summa			151,632

Resultat från Fs-beräkning

2004-12-18 13:55

Brunnshög, Lund, Lokal

Sammanfattning

$F_s = (\text{Summa } U_{\text{just}} * A + \text{Summa Längd} * \Psi) / A_{\text{om}} = 0,155 \text{ W/m}^2, \text{K}$

$A_{\text{upp}} = 505,00 \text{ m}^2$

$A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}} = 8,14 \text{ m}^2$

$A_f = \min (A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}}, 0,18 * A_{\text{upp}}) = 8,14 \text{ m}^2$

$F_s \text{ krav} = 0,22 + 0,81 * A_f / A_{\text{om}} = 0,228 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering ty $F_s \leq F_{s,\text{krav}}$.

(se nedanstående redovisning)

Yta	UKorr	Ujust	A	Ujust*A
1. Källarvägg styrolit mot öster	0,367	0,245	18,30	4,477
2. Källarvägg styrolit mot väster	0,367	0,245	19,80	4,844
3. Källarvägg styrolit mot söder	0,367	0,245	19,80	4,844
4. Källarvägg styrolit mot norr	0,367	0,245	19,80	4,844
5. Källarvägg dräneringsskiva mot norr	0,235	0,157	68,00	10,653
6. Källarvägg dräneringsskiva mot söder	0,235	0,157	60,10	9,416
7. Källardörr	1,400	1,244	2,64	3,285
8. Källarvägg dräneringsskiva mot väster	0,235	0,157	68,10	10,669
9. Källarvägg dräneringsskiva mot söder	0,235	0,157	62,60	9,807
10. Utrymningsfönster(F15)	1,218	0,016	5,50	0,089
11. Källargolv	0,170	0,113	505,00	57,233
Aom & Summa Ujust*A			849,64	120,164

Köldbrygga	Längd	Psi	Längd*Psi
Platta på mark	129,200	0,090	11,628
Summa			11,628

Resultat från energiberäkning

2004-12-18 13:56

Brunnshög, Lund

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	13574	12780	26354	1994	2017	3915	22439	8,1
Feb	12626	11888	24514	3573	1822	4906	19608	7,1
Mar	12079	11373	23452	6550	2017	7356	16096	6,1
Apr	9456	8904	18360	12823	1952	10222	8138	3,1
Maj	6052	5698	11750	15491	2017	7727	4023	2,1
Jun	3753	3533	7286	14659	1952	5290	1996	1,1
Jul	2502	2356	4858	16580	2017	3693	1165	0,1
Aug	2821	2656	5477	13207	2017	4001	1476	1,1
Sep	4752	4474	9226	9110	1952	5610	3616	1,1
Okt	7940	7476	15416	5637	2017	5778	9638	4,1
Nov	10248	9649	19897	3616	1952	5122	14775	6,1
Dec	12826	12076	24902	1835	2017	3786	21116	8,1
Totalt	98629	92863	191492	105075	23749	67406	124086	46,1

Energiflöden, lokal

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m ²
Jan	2486	2143	4629	61	376	437	4192	8,1
Feb	2320	1999	4319	111	339	449	3870	8,1
Mar	2182	1881	4063	189	376	563	3500	7,1
Apr	1657	1428	3085	361	364	697	2388	5,1
Maj	963	830	1793	396	376	621	1172	2,1
Jun	523	450	973	352	364	444	529	1,1
Jul	291	250	541	408	376	290	251	1,1
Aug	347	299	646	354	376	343	303	1,1
Sep	710	612	1322	271	364	505	817	2,1
Okt	1341	1156	2497	170	376	522	1975	4,1
Nov	1818	1567	3385	116	364	479	2906	6,1
Dec	2334	2011	4345	58	376	433	3912	8,1
Totalt	16972	14626	31598	2847	4427	5783	25815	51,1

Wtrans Transmissionsförluster

Wvent Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation
 Wtot Wtrans + Wvent
 Wsol Infallande solenergi
 Wint Tillgänglig internvärme (personer, belysning etc)
 Wutn Utnyttjad del av Wsol+Wint
 Wvärme Energitillskott från värmesystemet

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	
Globalstrålning (kWh/m²)	14	26	57	114	152	155	
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Utetemperatur (°C)	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1	7,7
Globalstrålning (kWh/m²)	166	129	78	43	21	10	965

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta (m²): 2711,00
 Rumshöjd (m): 2,4
 Volym (m³): 6506,40

Yta	Area (m²)	Ukorr (W/m²,K)	Orientering (°)
Betongvägg med träpanel mot norr	52,7	0,266	0
Betongvägg med träpanel mot öst	5,2	0,266	90
Vägg betong mot öster	247,8	0,195	90
F11	6,2	1,210	
F7	4,0	1,170	
F6	13,2	1,207	
F3b	3,8	1,180	
Entredörr	2,6	1,400	
Vägg betong mot söder	123,6	0,195	180
F3	9,3	1,229	
F2	9,8	1,202	
F14	1,0	1,192	
F1	12,4	1,264	
Balkongdörrar	10,3	1,179	
Vägg betong mot norr	265,3	0,195	0
F6	11,0	1,207	
F7	3,4	1,170	
F11	7,8	1,210	
Entredörr	5,3	1,400	
Vägg betong mot väster	42,0	0,195	270
Tak	505,0	0,100	
Utfackningsvägg med träpanel mot no	79,2	0,231	0

F10	9,7	1,202	
F9	5,7	1,246	
F8	5,3	1,181	
Lägenhetsdörr	15,8	0,900	
Dörrfönster	2,4	1,203	
Vägg söder utfackning	160,0	0,190	180
F5	10,6	1,211	
F1	29,6	1,264	
F4	9,8	1,210	
Balkongdörrar	24,6	1,179	
Entredörr	2,6	1,400	
Vägg väster utfackning	267,0	0,190	270
F1	37,1	1,264	
F12	27,5	1,218	
F13	13,8	1,218	
Balkongdörrar	30,8	1,179	
Utfackningsvägg med träpanel mot ös	75,2	0,231	90
F10	8,1	1,202	
F9	9,5	1,246	
F8	4,4	1,181	
Lägenhetsdörr	13,2	0,900	
Dörrfönster	2,0	1,203	

Köldbrygga	Längd (m) Psi (W/m,K)	
Hörn skalvägg-skalgvägg	164,560	0,086
Hörn skalvägg-utfacknin	166,980	0,103
Betonginnervägg-utfackn	92,000	0,082
Utfackningsvägg-tak	64,100	0,125
Skalgvägg-tak	65,100	0,083
Fönsterkarm-utfacknings	773,500	0,017
Fönsterkarm-skalgvägg	313,200	0,035
Betongbjälklag-utfacknin	339,100	0,095
Galleriabalkonger	95,400	0,140
Balkonger i skalvägg	17,900	0,178
Balkonger i utfackningsv	161,300	0,164

Byggnadsdata, lokal/utomhus

Golvyta (m²):	2711,00
Rumshöjd (m):	2,4
Volym (m³):	6506,40

Yta	Area (m²)	Ukorr (W/m²,K)	Orientering (°)
Källarvägg styrolit mot ö	18,3	0,367	
Källarvägg styrolit mot v	19,8	0,367	
Källarvägg styrolit mot s	19,8	0,367	
Källarvägg styrolit mot n	19,8	0,367	
Källarvägg dräneringsski	68,0	0,235	
Källarvägg dräneringsski	60,1	0,235	
Källardörr	2,6	1,400	90
Källarvägg dräneringsski	68,1	0,235	
Källarvägg dräneringsski	62,6	0,235	
	5,5	1,218	
Källargolv	505,0	0,170	

Köldbrygga	Längd (m)	Psi (W/m,K)
Platta på mark	129,200	0,090

Resultat från Fs-beräkning

2004-12-18 14:09

Brunnshög, Lund, Bostad

Sammanfattning

$F_s = (\text{Summa } U_{\text{just}} * A + \text{Summa Längd} * \Psi) / A_{\text{om}} = 0,310 \text{ W/m}^2, K$

$A_{\text{upp}} = 2711,00 \text{ m}^2$

$A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}} = 362,49 \text{ m}^2$

$A_f = \min (A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}}, 0,18 * A_{\text{upp}}) = 362,49 \text{ m}^2$

$F_s \text{ krav} = 0,16 + 0,81 * A_f / A_{\text{om}} = 0,294 \text{ W/m}^2, K$

**Byggnaden uppfyller ej kraven på värmeisolering ty F_s överskrider F_s ,krav med 5,3%
Då F_s ,krav ej överskrids med mer än 30% kan värmeisoleringen accepteras om en särskild utredning (omfördelningsberäkning) visar att behovet av tillförd energi för uppvärmning, tappvarmvatten och värmeåtervinning inte överskrider vad som skulle behövas med kraven uppfyllda.**

(se nedanstående redovisning)

Yta	UKorr	Ujust	A	Ujust*A
1. Betongvägg med träpanel mot norr	0,266	0,266	52,70	14,018
2. Betongvägg med träpanel mot öst	0,266	0,266	5,20	1,383
3. Vägg betong mot öster	0,195	0,195	247,80	48,321
4. F11	1,210	0,510	6,24	3,180
5. F7	1,170	0,470	4,02	1,890
6. F6	1,207	0,507	13,20	6,696
7. F3b	1,180	0,480	3,80	1,824
8. Entredörr	1,400	1,400	2,64	3,696
9. Vägg betong mot söder	0,195	0,195	123,60	24,102
10. F3	1,229	0,029	9,32	0,272
11. F2	1,202	0,002	9,80	0,020
12. F14	1,192	0,000	0,97	0,000
13. F1	1,264	0,064	12,35	0,785
14. Balkongdörrar	1,179	1,179	10,25	12,080
15. Vägg betong mot norr	0,195	0,195	265,30	51,734
16. F6	1,207	0,807	11,00	8,880
17. F7	1,170	0,770	3,35	2,580
18. F11	1,210	0,810	7,80	6,315
19. Entredörr	1,400	1,400	5,28	7,392
20. Vägg betong mot väster	0,195	0,195	42,00	8,190

21. Tak	0,100	0,100	505,00	50,500
22. Utfackningsvägg med träpanel mot norr	0,231	0,231	79,20	18,295
23. F10	1,202	0,802	9,72	7,794
24. F9	1,246	0,846	5,70	4,824
25. F8	1,181	0,781	5,28	4,122
26. Lägenhetsdörr	0,900	0,900	15,84	14,256
27. Dörrfönster	1,203	0,803	2,40	1,926
28. Vägg söder utfackning	0,190	0,190	160,00	30,400
29. F5	1,211	0,011	10,56	0,120
30. F1	1,264	0,064	29,64	1,884
31. F4	1,210	0,010	9,84	0,096
32. Balkongdörrar	1,179	1,179	24,60	28,992
33. Entredörr	1,400	1,400	2,64	3,696
34. Vägg väster utfackning	0,190	0,190	267,00	50,730
35. F1	1,264	0,564	37,05	20,880
36. F12	1,218	0,518	27,50	14,250
37. F13	1,218	0,518	13,75	7,125
38. Balkongdörrar	1,179	1,179	30,75	36,240
39. Utfackningsvägg med träpanel mot öst	0,231	0,231	75,20	17,371
40. F10	1,202	0,502	8,10	4,065
41. F9	1,246	0,546	9,50	5,190
42. F8	1,181	0,481	4,40	2,115
43. Lägenhetsdörr	0,900	0,900	13,20	11,880
44. Dörrfönster	1,203	0,503	2,00	1,005
Aom & Summa Ujust*A			2185,49	541,114

Köldbrygga	Längd	Psi	Längd*Psi
Hörn skalvägg-skalvägg	164,560	0,086	14,152
Hörn skalvägg-utfacknin	166,980	0,103	17,199
Betonginnervägg-utfackn	92,000	0,082	7,544
Utfackningsvägg-tak	64,100	0,125	8,013
Skalvägg-tak	65,100	0,083	5,403
Fönsterkarm-utfacknings	773,500	0,017	13,150
Fönsterkarm-skalvägg	313,200	0,035	10,962
Betongbjälklag-utfacknin	339,100	0,095	32,215
Balkonger i utfackningsv	161,300	0,108	17,420
Balkonger i skalvägg	17,900	0,112	2,005
Galleriabalkonger	95,400	0,084	8,014
Summa			136,076

Resultat från Fs-beräkning

2004-12-18 14:10

Brunnshög, Lund, Lokal

Sammanfattning

$F_s = (\text{Summa } U_{\text{just}} * A + \text{Summa Längd} * \Psi) / A_{\text{om}} = 0,155 \text{ W/m}^2, \text{K}$

$A_{\text{upp}} = 505,00 \text{ m}^2$

$A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}} = 8,14 \text{ m}^2$

$A_f = \min (A_{\text{dörrar}} + A_{\text{fönster}}, 0,18 * A_{\text{upp}}) = 8,14 \text{ m}^2$

$F_s \text{ krav} = 0,22 + 0,81 * A_f / A_{\text{om}} = 0,228 \text{ W/m}^2, \text{K}$

Byggnaden uppfyller kraven på värmeisolering ty $F_s \leq F_{s,\text{krav}}$.

(se nedanstående redovisning)

Yta	UKorr	Ujust	A	Ujust*A
1. Källarvägg styrolit mot öster	0,367	0,245	18,30	4,477
2. Källarvägg styrolit mot väster	0,367	0,245	19,80	4,844
3. Källarvägg styrolit mot söder	0,367	0,245	19,80	4,844
4. Källarvägg styrolit mot norr	0,367	0,245	19,80	4,844
5. Källarvägg dräneringsskiva mot norr	0,235	0,157	68,00	10,653
6. Källarvägg dräneringsskiva mot söder	0,235	0,157	60,10	9,416
7. Källardörr	1,400	1,244	2,64	3,285
8. Källarvägg dräneringsskiva mot väster	0,235	0,157	68,10	10,669
9. Källarvägg dräneringsskiva mot söder	0,235	0,157	62,60	9,807
10. Utrymningsfönster(F15)	1,218	0,016	5,50	0,089
11. Källargolv	0,170	0,113	505,00	57,233
Aom & Summa Ujust*A			849,64	120,164

Köldbrygga	Längd	Psi	Längd*Psi
Platta på mark	129,200	0,090	11,628
Summa			11,628

Resultat från energiberäkning

2004-12-18 14:10

Brunnshög, Lund

Ort: Lund

Energiflöden, bostad

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m²
Jan	13342	7189	20531	1994	2017	3841	16690	6,1
Feb	12411	6687	19098	3573	1822	4699	14399	5,1
Mar	11873	6397	18270	6550	2017	6888	11382	4,1
Apr	9295	5008	14303	12823	1952	8868	5435	2,1
Maj	5949	3205	9154	15491	2017	6477	2677	1,1
Jun	3689	1987	5676	14659	1952	4387	1289	1,1
Jul	2459	1325	3784	16580	2017	3002	782	0,1
Aug	2773	1494	4267	13207	2017	3300	967	0,1
Sep	4671	2517	7188	9110	1952	4896	2292	1,1
Okt	7805	4205	12010	5637	2017	5410	6600	2,1
Nov	10073	5428	15501	3616	1952	4893	10608	4,1
Dec	12607	6793	19400	1835	2017	3711	15689	6,1
Totalt	96947	52235	149182	105075	23749	60372	88810	33,1

Energiflöden, lokal

Månad	Wtrans kWh	Wvent kWh	Wtot kWh	Wsol kWh	Wint kWh	Wutn kWh	Wvärme kWh	Wvärme kWh/m²
Jan	2486	1205	3691	61	376	437	3254	6,1
Feb	2320	1125	3445	111	339	448	2997	6,1
Mar	2182	1058	3240	189	376	561	2679	5,1
Apr	1657	803	2460	361	364	684	1776	4,1
Maj	963	467	1430	396	376	598	832	2,1
Jun	523	253	776	352	364	410	366	1,1
Jul	291	141	432	408	376	265	167	0,1
Aug	347	168	515	354	376	316	199	0,1
Sep	710	344	1054	271	364	480	574	1,1
Okt	1341	650	1991	170	376	514	1477	3,1
Nov	1818	881	2699	116	364	479	2220	4,1
Dec	2334	1131	3465	58	376	433	3032	6,1
Totalt	16972	8226	25198	2847	4427	5625	19573	39,1

Wtrans Transmissionsförluster

Wvent Ventilationsförluster pga infiltration och ventilation
 Wtot Wtrans + Wvent
 Wsol Infallande solenergi
 Wint Tillgänglig internvärme (personer, belysning etc)
 Wutn Utnyttjad del av Wsol+Wint
 Wvärme Energitillskott från värmesystemet

Klimatdata

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	
Globalstrålning (kWh/m²)	14	26	57	114	152	155	
	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	År
Utetemperatur (°C)	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1	7,7
Globalstrålning (kWh/m²)	166	129	78	43	21	10	965

Byggnadsdata, bostad/utomhus

Golvyta (m²): 2711,00
 Rumshöjd (m): 2,4
 Volym (m³): 6506,40

Yta	Area (m²)	Ukorr (W/m²,K)	Orientering (°)
Betongvägg med träpanel mot norr	52,7	0,266	0
Betongvägg med träpanel mot öst	5,2	0,266	90
Vägg betong mot öster	247,8	0,195	90
F11	6,2	1,210	
F7	4,0	1,170	
F6	13,2	1,207	
F3b	3,8	1,180	
Entredörr	2,6	1,400	
Vägg betong mot söder	123,6	0,195	180
F3	9,3	1,229	
F2	9,8	1,202	
F14	1,0	1,192	
F1	12,4	1,264	
Balkongdörrar	10,3	1,179	
Vägg betong mot norr	265,3	0,195	0
F6	11,0	1,207	
F7	3,4	1,170	
F11	7,8	1,210	
Entredörr	5,3	1,400	
Vägg betong mot väster	42,0	0,195	270
Tak	505,0	0,100	
Utfackningsvägg med träpanel mot no	79,2	0,231	0

F10	9,7	1,202	
F9	5,7	1,246	
F8	5,3	1,181	
Lägenhetsdörr	15,8	0,900	
Dörrfönster	2,4	1,203	
Vägg söder utfackning	160,0	0,190	180
F5	10,6	1,211	
F1	29,6	1,264	
F4	9,8	1,210	
Balkongdörrar	24,6	1,179	
Entredörr	2,6	1,400	
Vägg väster utfackning	267,0	0,190	270
F1	37,1	1,264	
F12	27,5	1,218	
F13	13,8	1,218	
Balkongdörrar	30,8	1,179	
Utfackningsvägg med träpanel mot ös	75,2	0,231	90
F10	8,1	1,202	
F9	9,5	1,246	
F8	4,4	1,181	
Lägenhetsdörr	13,2	0,900	
Dörrfönster	2,0	1,203	

Köldbrygga	Längd (m)	Psi (W/m,K)
Hörn skalvägg-skalgvägg	164,560	0,086
Hörn skalvägg-utfacknin	166,980	0,103
Betonginnervägg-utfackn	92,000	0,082
Utfackningsvägg-tak	64,100	0,125
Skalgvägg-tak	65,100	0,083
Fönsterkarm-utfacknings	773,500	0,017
Fönsterkarm-skalgvägg	313,200	0,035
Betongbjälklag-utfacknin	339,100	0,095
Balkonger i utfackningsv	161,300	0,108
Balkonger i skalvägg	17,900	0,112
Galleriabalkonger	95,400	0,084

Byggnadsdata, lokal/utomhus

Golvyta (m²):	2711,00
Rumshöjd (m):	2,4
Volym (m³):	6506,40

Yta	Area (m²)	Ukorr (W/m²,K)	Orientering (°)
Källarvägg styrolit mot ö	18,3	0,367	
Källarvägg styrolit mot v	19,8	0,367	
Källarvägg styrolit mot s	19,8	0,367	
Källarvägg styrolit mot n	19,8	0,367	
Källarvägg dräneringsski	68,0	0,235	
Källarvägg dräneringsski	60,1	0,235	
Källardörr	2,6	1,400	90
Källarvägg dräneringsski	68,1	0,235	
Källarvägg dräneringsski	62,6	0,235	
	5,5	1,218	
Källargolv	505,0	0,170	

Köldbrygga	Längd (m)	Psi (W/m,K)
Platta på mark	129,200	0,090