

CHALMERS



Valdes rätt betongstomme?

Miljö och ekonomi för byggnadsstomme i betong

Examensarbete, Väg och vattenbyggnad

HENRIK BERGSTRÖM

CARL MAECHEL

Department of Energy and Environment
Division of Environmental Systems Analysis
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden, 2008
ESA Report No. 2008:18
ISSN No. 1404-8167

Valdes rätt betongstomme?

Miljö och ekonomi för byggnadsstomme i betong

Examensarbete, Väg och vattenbyggnad

Henrik Bergström & Carl Maechel

Environmental Systems Analysis

ESA Report No. 2008:18, ISSN 1404-8167

Department of Energy and Environment
Division of Environmental Systems Analysis
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
Göteborg, Sweden, 2008

Valdes rätt betongstomme?

Miljö och ekonomi för byggnadsstomme i betong

HENRIK BERGSTRÖM & CARL MAECHEL

©HENRIK BERGSTRÖM & CARL MAECHEL, 2008

ESA Report No. 2008:18

Department of Energy and Environment
Division of Environmental Systems Analysis
CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY
412 96 Göteborg

Chalmers reproservice
Göteborg, Sweden, 2008

Abstract

Economy is and has always been the basis for any investments to get the most value for your money. Today, when environmental debate gets a lots of room in media, the environmental impact has to be considered in the decision of which alternative to choose.

The report describes the result of a capital budgeting and a simplified Life Cycle Assessment (LCA) with a focus on carbon dioxide, nitrogen oxides and sulphur dioxide and for the concrete structure of CHABO, a block of student flats at Chalmers university campus. We have compared two different ways to build, on site with in-situ concrete and a facade of bricks and one alternative with precast concrete elements which would serve as a facade. In order to link the economy to the environmental impact the concept of eco-efficiency is used.

The results show that the prefabricated option is clearly better with respect to carbon dioxide and sulphur dioxide emissions, while emissions of nitrogen oxides and dust are broadly similar. Emissions of carbon dioxide can be largely attributed to the cement and gypsum production while the shipping by boat is responsible for the emissions of acidifying substances.

Sammanfattning

Ekonomi är och har alltid varit grunden för alla investeringar, för att på bästa sätt veta vad man ska satsa sina pengar på. I dagens läge, när miljödebatten får mycket medieutrymme, ökar även behovet av att känna till miljöbelastningen för investeringen. Medierapporteringen har stort fokus på den globala uppvärmningen där koldioxidutsläppen tillskrivs störst påverkan.

Rapporten beskriver resultatet av en investeringskalkyl och en förenklad livscykelanalys med fokus på koldioxid, kväveoxider och svaveldioxid för betongstommen i studentboendet CHABO på Chalmers campus Gibraltar. Vi har jämfört två stycken utarbetade alternativ, ett där stommen byggs på plats och fasaden är av tegel samt ett alternativ där stommen består av prefabricerade betongelement som även fungerar som fasad. För att koppla samman ekonomi och miljö har verktyget eko-effektivitet använts.

Resultatet visar att det prefabricerade alternativet är klart bättre vad avser koldioxid- och svaveldioxid utsläpp medan utsläppen av kväveoxider och stoft är i stort sett lika. Utsläppen av koldioxid kan till största delen härledas till cement- och gipsproduktionen medan sjötransporter står för merparten av utsläppen av försurande ämnen.

Förord

Denna rapport är ett resultat av ett examensarbete inom inriktningen Miljö och samhällsbyggnad på Väg- och vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg och är utfört vid institutionen för energi och miljö på Chalmers Tekniska Högskola.

Handledare på institutionen har varit professor Anne-Marie Tillman som även har varit examinator och vår kontakt på Chalmersfastigheter AB har varit Mathilda Silva.

Vi vill rikta ett stort tack till alla inblandade som har hjälpt oss med vid insamlingen och bearbetningen av data samt till dem som har haft tålamod med oss under arbetets gång.

Göteborg november 2008

Henrik Bergström & Carl Maechel

Innehållsförteckning

Abstract.....	i
Sammanfattning	ii
Förord	iii
Innehållsförteckning	iv
1. Introduktion.....	1
2. Frågeställning	2
2.1 Avgränsning	2
2.2 Mål	2
2.3 Metodbeskrivningar	2
3. Verktyg	3
3.1 Introduktion till livscykelanalys	3
3.2 Arbetsgång för en livscykelanalys.....	3
3.3 Introduktion av livscykelkostnad.....	7
3.4 Miljöskadekostnad.....	9
3.5 Ekoeffektivitet	10
4. CHABO-projektet.....	11
4.1 Bakgrund	12
4.2 Projektering	12
4.3 Inblandade parter	13
5. Studerade objekt	14
5.1 Vertikalstomme	15
5.2 Horisontalstomme	15
5.3 Våtrum	16
6. Livscykelanalys för byggnadsstomme.....	17
6.1 Ingående emissioner.....	17
6.2 Funktionell enhet	17
6.3 Prefabricerad typlägenhet.....	18
6.4 Platsbyggd typlägenhet	20
6.5 Transporter	21
6.6 Byggnadens livscykel	21
7. Livscykelkostnad för byggnadsstomme	23
8. Resultat	25
8.1 Resultat livscykelanalys	25
8.2 Resultat livscykelkostnad.....	29
8.3 Resultat livscykelanalys - livscykelkostnad.....	30

9. Slutsatser	34
10 Diskussioner	35
10.1 Resultat.....	35
10.2 Våtrum.....	36
10.3 Chalmersfastigheters miljöarbete	37
10.4 Övrigt	37
10.5 Styrkor och svagheter på arbetet.....	38
Fotnötter.....	39
Bildförteckning	40
Referenser tryckta och digitala	41
Bilagor:	
Bilaga I	Typlägenhet
Bilaga II.	Datablad och inventeringsdata
Bilaga III.	LCA

1. Introduktion

Examensarbetet har tillkommit genom att Konstruktören Per Hilmeresson ville veta om det var rätt att bygga med prefabricerad betong istället för att bygga på konventionellt sätt med platsgjuten betong. Med rätt menas att hänsyn tas till både miljö och ekonomi. Arbetet gjordes sedan på institutionen för Miljösystemanalys med Anne-Marie Tillman som handledare.

Ekonomi är och har alltid varit grunden för alla investeringar, för att veta vad man ska satsa sina pengar på. I dagens läge, när miljöfrågor av olika slag ständigt är uppe på tapeten är det viktigt för industrin att veta hur de ska förhålla sig i frågan. För att kunna minimera miljöbelastningen med minsta möjliga ekonomiska insats är det viktigt att få en överblick var de största miljövinster kan göras. Detta för att resurserna ska fördelas till de områden där de gör mest nytta.

Att koppla ihop ekonomi och miljö är på intet sätt något självklart, vilket ofta är fallet när två helt skilda vetenskaper ska fogas samman och jämföras. Det krävs att man på något sätt översätter den ena vetenskapen i den andra. Detta har gjorts tidigare med olika utgångspunkt, metod och slutsats.

När Chalmersfastigheter skulle uppföra ett nytt studentbostadskomplex CHABO, stod de inför valet att bygga konventionellt med platsbyggd stomme av betong eller att bygga med prefabricerade betongelement. Vid förprojekteringen av byggnaden togs båda konstruktionerna fram. Det prefabricerade alternativet drog det längsta strået då det var billigare och att inflyttning kunde ske till terminsstarten hösten 2006 genom att byggtiden blir kortare. När valet av stomme var klart och byggnationen påbörjad ville man se om sitt specifika val även var det bästa ur miljösynpunkt. Man vände sig då till Professor Michael Edén på Chalmers och han förmedlade kontakten till oss.

Sedan tidigare finns det en rapport som behandlar en livscykelanalys av byggnadsstommar. Den rapporten är väldigt generellt hållen och är inte tillämpad på något verkligt byggprojekt.

Kunskapsläget bland gemene man är tämligen lågt, både vad det gäller samhällsekonomi och miljö. Att värdera något i pengar, så som människoliv, myllrande våtmarker eller luftkvaliteten i storstäderna är för det stora flertalet väldigt abstrakt.

Ambitionerna för CHABO-projektet var att minimera energianvändningen, låta installationer och maskiner bidra med värme och att hyran för en typlägenhet på 28 m² ej får överstiga SEK 4500.

Andan i dessa ambitioner finns nu även med i Chalmersfastigheters miljöpolicy och används vid nybyggnationer.

2. Frågeställning

Projektets frågeställning är:

- Vad är bäst ur ett livscykelperspektiv, traditionellt byggande med platsgjuten betong med utfackningsvägg eller prefabricerad betongstomme?
- Vad är ekonomisk bäst givet ovanstående alternativ?
- Hur fungerar kopplingen mellan miljöverktygen LifeCycleAssesement (LCA, på svenska LivsCykelAnalys) och LifeCycleCost (LCC, på svenska LivsCykelKostnad)? Begreppen kommer att förklaras i kapitel 3 Verktyg.

2.1 Avgränsning

Examensarbetet avgränsas av:

- Ekonomi: Rapporten tar ingen hänsyn till samhällsekonomiska kostnader, utan berör bara Chalmersfastigheters intressen.
- LCA: Inventeringsdata som ligger till grund för den utförda livscykelanalysen bygger till största delen på tillgängliga byggvarudeklarationer. Leverantörerna av byggvaror är till projektspecifika och få medelvärden har använts.
- Tid: Hela byggnadens livslängd inklusive byggnadsskedet dock exklusive rivningen.

2.2 Mål

Målet med examensarbetet är att belysa, ta fram och beskriva miljövinsten för ett byggnadstekniskt alternativ kontra ett annat. Vidare vill vi belysa det faktum att kunskaperna om ämnen som LCC och LCA är bristfälliga hos entreprenörer och andra inblandade. Begrepp och förkortningar så som LCA, LCC och "miljömässigt" är flytande och ofta saknas det en bra och adekvat förklaring till dessa.

2.3 Metodbeskrivningar

För att nå de uppsatta målen har en litteraturstudie gjorts i ämnena LCA, LCC, och ekoeffektivitet. Rapporten består även av en jämförande LCA och en förenklad konventionell LCC av byggprojektet CHABO.

3. Verktyg

I detta kapitel kommer LCA att beskrivas mer ingående medan LCC och Eko-effektivitet kommer beskrivas mer kortfattat. Grunden för denna indelning har att göra med att LCA har varit huvudverktyget medan de andra två har en mer stödjande funktion för att kunna presentera resultatet.

3.1 Introduktion till livscykelanalys

LCA, är ett miljöverktyg som introducerades på 60-talet. Verktyget fokuserar på produktens hela livslängd, och begreppet ”från vaggan till graven” används flitigt för att beskriva tanken bakom LCA. Från början stod förkortningen för Life Cycle Analysis men ändrades till Life Cycle Assessment i takt med att en vidare tolkning av analysbegreppet har växt fram¹.

Det finns tre huvudtyper som har lite olika fokus.

- **Bokförande LCA**
Jämförande och bakåtblickande och används ofta till upprättande av miljövarudeklarationer (EPD) och vid miljömärkning.
- **Ändringsorienterad LCA**
Jämförande och blickar framåt i tiden. Detta gör att tekniken lämpar sig väl i beslutsfattande situationer vid produkt- och processutveckling. Metoden lämpar sig även till marknadskommunikation och för att upprätta miljömål.
- **Enskild LCA**
Beskriver en enskild produkt, ofta i ett utforskande syfte för att identifiera var i livscykeln den största miljöpåverkan sker för en produkt. Denna typ är ofta ett företags första steg i sitt livscykelarbete som ofta mynnar ut i en mer avgränsad analys inom de mest miljöpåverkande områdena. Inom industrin är det den vanligaste metoden².

3.2 Arbetsgång för en livscykelanalys

3.2.1 Mål och syfte

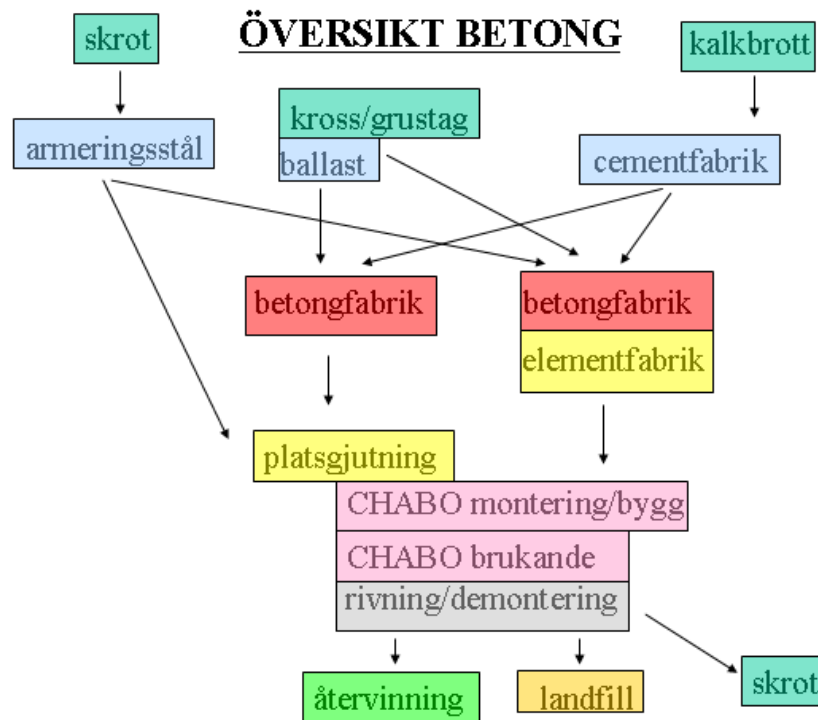
Målet och syftet med studien, ska enligt ISO 14041 1998, framgå tydligt samt att det ska klargöras vem som är studiens tänkta målgrupp. Frågeställning och målbild får inte bli allt för generell såsom ”Vi vill veta hur bra vår byggnad är ur miljösynpunkt” utan det är bättre att formulera frågan ”I vilken del av byggnadens livscykel finns den största miljöbelastningen och vad får olika förbättringar för resultat”. Anledningen till att tydligheten och en väl

¹ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004

² Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption Patterns, Applications and Implications, Frankl & Rubik, Springer, Berlin 2000

preciserad fråga är så viktig är att dessa formuleringar ligger till grund för kommande metodval och strategier i studien.

För att få en bra överblick i inledningsfasen kan ett första grovt flödesschema vara till god hjälp. Dels för att i stora drag se vilka processer som ingår, men även för att identifiera flöden som inte direkt kan påverkas, t ex elproduktion.



Figur 1. Inledande flödesschema.

3.2.2 Funktionell enhet

Nästa steg i inledningsskedet är att bestämma den funktionella enheten. Enligt ISO 14040 definieras den funktionella enheten som "kvantifierad prestanda hos ett produktsystem som används som en referensenhet i en livscykelanalysstudie"³. Enkelt uttryckt så är det den funktionella enheten som återfinns under bråkstrecket, t ex MJ/ton producerat kött eller CO₂/m² golvyta. Vid livscykelanalysstudier av endast en produkt är det viktigt att välja en funktionell enhet som väl representerar hela produkten och inte en del av dess livscykel som man redan på förhand vet att den är stark på. Anledningen till att det är så viktigt är att kommande resultat troligtvis kommer att jämföras med liknande produkter från andra producenter. Vid en jämförande livscykelanalysstudie är valet av den funktionella enheten av yttersta vikt för att få en så rättvis jämförelse som möjligt. Även om produkterna har samma funktion är det inte ovanligt att de skiljer sig i både prestanda och egenskaper.

³ ISO 14040

3.2.3 Systemgränser

Ett sista steg innan själva datainsamlingen och bearbetningen sätter igång måste systemgränserna sättas upp. I detta läge är dessa gränser inte helt spikade utan kan ändras under inventeringsanalysen då nya uppslag kan komma. Det finns fyra stycken huvudkategorier av systemgränser;

- *Relation till naturens system*, avgör gränsen mellan naturens och teknikens system. Klargör var produktens livscykeln startar respektive slutar.
- *Geografiska gränser*, beskriver hur väl de geografiska gränserna behandlas. En produkt används och slängs som bekant ofta i ett mycket stort område vilket gör gränsdragningen godtycklig medan fabriken där produkten tillverkas är mycket
- *Tidsgränser*, beskriver vilken tidshorisont som studien är avgränsad till. En ändringsorienterad LCA blickar framåt i tiden och här blir fråga hur långt fram i tiden man ska titta. En bokförande LCA beskriver hur det är i dagslägen men man måste även uppskatta hur länge produkten kommer användas.
- *Gränser inom tekniska system*, såsom personal och kapitalvaror.

När mål, syfte, omfattning och systemgränser är fastslagna är det dags att kartlägga objektet i studien. För att för överblick och klarlägga alla ingående processers relationer till varandra gör man ett fullständigt flödesschema över processerna. Storleken på flödesschemat beror helt och hållet på hur komplext systemet är. Under utvecklandet av flödesschemat och under datainsamlingen kommer man att få ny kunskap om objektet och det leder till att schemat måste ritas om och byggas ut.

3.2.4 Datainsamling

Med datainsamling menas både ren numerisk data om ingående råmaterial, deras energikonsumtion och emissioner men även beskrivande data om produktionen och hur den uttjänta produkten hanteras. Datainsamlingen är ett av de mest tidskrävande momenten i en LCA och det måste få ta tid, då det är kvaliteten på ingående data som ligger till grund för slutresultatet. För ingående processer i livscykelanalysen krävs olika typer av noggrannhet, ibland måste det vara platsspecifika data medan andra bör vara medelvärden. Ett väldigt tydligt exempel på när medelvärden är att föredra är vid lastbilstransporter. Motorutvecklingen går hela tiden framåt men då det fortfarande finns äldre lastbilar i fordonsparken måste även dessa representeras.

Under datainsamlingens gång kan man hamna i en situation då flera produkter tillverkas inom samma processteg, vilket skapar problem då det är svårt att uppskatta hur mycket utsläpp en specifik produkt genererar. Denna typ av problem kallas för allokeringsproblem och kan hanteras på lite olika sätt.

När datainsamlingen är färdig krävs det ofta en viss bearbetning av data för att den ska vara användbar. Med bearbetning menas här de nödvändiga enhetsomvandlingar som krävs för att man ska kunna utföra beräkningar för en speciell process. Det är inte sällan denna enhetsomvandling måste ske i flera steg för att komma fram till önskad enhet och här finns alltså en stor risk för felaktigheter. Efter bearbetning beräknas varje process och när alla delar är beräknade summeras processerna ihop och ett första resultat är skapat.

3.2.5 Kategorisering och karaktärisering

Ibland är ett obearbetat resultat fullt tillräckligt men allt som oftast vill man få ner antalet resultatposter genom att samla ihop dem i grupper/kategorier med samma miljöpåverkande egenskaper. Anledningen till denna behandling är att en större grupp ska kunna ta till sig resultatet. Det finns ett otal färdiga tabeller med möjliga påverkanskategorier med olika utgångspunkter att välja bland, och valet av ingående kategorier beror på hur detaljerat specifikt resultatet ska vara. Efter skapandet av påverkanskategorierna sorteras rätt utsläpp in på rätt plats. Observera att en typ av utsläpp kan passa in på flera kategorier. För att få ett rättvisande resultat räknas utsläppen inom respektive grupp om till ekvivalenta enheter då olika kemiska föreningar bidrar olika mycket till en viss miljöpåverkan. Denna räkneövning kallas för karaktärisering.

3.2.6 Viktning

En del typer av miljöpåverkan har inte lika stor betydelse i det stora hela som andra och vad som är viktigast för en specifik livscykelanalysstudie beror på dess syfte. För att lyfta fram en typ av miljöpåverkan framför en annan viktas respektive miljöpåverkanskategori olika. Viktningsfaktorer multipliceras med resultatet och en högre viktningsfaktor betyder större betydelse i studiens slutresultat. Det finns en rad olika sätt att komma fram till vad respektive påverkansområde ska få för vikt. Metoden "willingness-to-pay", betalningsvilja för att slippa ett visst miljöproblem, är en av de mest kända då den används mycket inom samhällsekonomiska kalkyler. Myndighetsmål kan vara en annan måttstock, i Sverige har vi "De 15 miljömålen" som mer och mer genomsyrar kommunernas miljöarbete, i alla fall på pappret. Ett tredje alternativ är att sätta ihop en panel bestående av miljöexperter, konstruktörer, politiker och företagsledare där varje teknikslag får lyfta fram sina viktigaste punkter. Genom detta minskar man risken med att bli allt för fokuserad på en sak och kan missa helheten. Ett tydligt exempel på ensidig inriktning är dagens mediedebatt om koldioxid och jordens stigande medeltemperatur medan övergödning och försurning av våra vattendrag fått stå tillbaka i mediernas rapportering.

Forskning om hur framtagandet av viktningsfaktorer skall utföras har bedrivits, mest inom sociala fakulteter, och bygger mycket på subjektiva, etiska och ideologiska värdering. Detta har fått till följd att ingenjörer har ställt sig frågande till viktningsprocessen med avseende på att det inte anses riktigt vetenskapligt korrekt. Används viktning i en studie är det viktigt att redogöra för val av metod och hur viktningsmetoden är framtagen och att flera olika typer av metoder används samt att känslighetsanalyser görs på utfallet resultat. Känslighetsanalyser bör utföras även om resultatet inte är viktat för att på så sätt få en klar bild av möjliga riskmoment i utförd studie.

Om inte tillräcklig kunskap finns eller att det inte finns tid för klassificering, karaktärisering och viktning finns det ett antal färdiga produkter för detta. Då inte någon miljöpåverkansanalys har gjorts, varken manuellt eller med hjälp av något färdigt verktyg, i studien av byggprojektet CHABO behandlas inte dessa verktyg närmare.

3.3 Introduktion av livscykelkostnad

LCC, är inte ett miljöverktyg utan ett ekonomiverktyg som introducerades i USA redan på 30-talet men fick ett mer formellt användande på 60-talet. Verktöget ser till produktens hela livslängd och resultatet används ofta i beslutsprocessen för nyinvesteringar.

Det finns två typer av kostnader, interna och externa. I de interna kostnaderna ingår kostnader som är direkt knutna till produkten såsom utveckling, produktion och underhåll. Detta kan betraktas som ett system där riktiga pengar byter ägare. Externa kostnader innehåller miljö och sociala aspekter och dess kostnadsbärare är inte direkt knutna till produkten. Externa kostnader går inte att prissätta och får då oftast ett hypotetisk pris, t ex genom betalningsvilja för att ha tillgång till rent vatten.

Det är viktigt som förvaltare att veta hur mycket som totalt sett har lagts ut och hur mycket som kommer att läggas ut i framtiden för sin investering. Ett lågt inköpspris kan resultera i högre drift- och underhållskostnader med en högre totalkostnad som följd jämfört med ett alternativ där själva inköpet är dyrare men där övriga kostnader bidrar till en lägre totalkostnad. Detta åskådliggörs i diagrammet nedan.

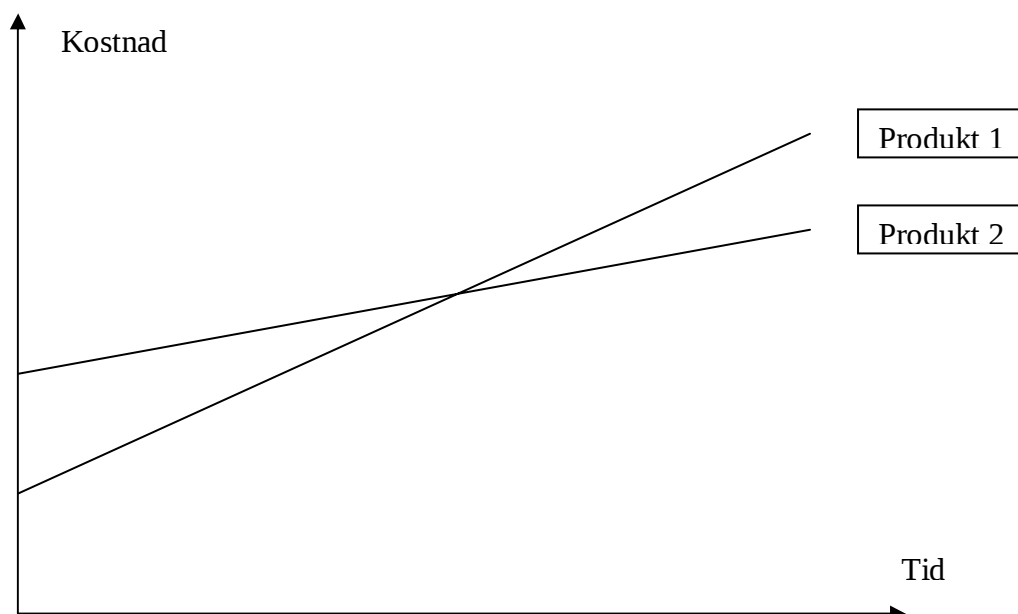


Diagram 1. Princip för LCC

Det finns tre huvudtyper av LCC som har lite olika fokus⁴ som beskrivs nedan.

Konventionell LCC (Conventional LCC)

Den klassiska livscykelanalysen tar upp alla interna kostnader som kan knytas till produkten. Målgrupp för denna typ av LCC är i första hand tillverkare och inköpare som vill undersöka vilken produkt som ger lägst totalkostnad. Då det bara är de interna kostnaderna som tas med avgränsas livscykeln till den punkt då produkten byter kostnadsbärare. Interna kostnader är direkt knutna till produkten och dess framtagande.

Livscykelbegreppet skiljer sig på detta sätt mot vad man menar med livscykel i en LCA. Förklaringen till att denna skillnad finns är tämligen självklar då man inom ekonomivärlden endast är intresserad av kostnader som man själv måste stå för. Konventionell LCC har produkten alternativt systemet som referensenhet.

Miljö-LCC (Environmental LCC)

Miljö-LCC är en variant av den konventionella livscykelanalysen. Här tas alla kostnader med, såväl interna som externa kostnader för produkten. Externa kostnader kan beskrivas som samhällets kostnader för produktens verkningar. Det finns vissa likheter med en LCA då miljö-LCC har en funktionell enhet som referensenhet. Användare av denna typ av LCC är tillverkare och brukare som är intresserade av vad utsläppen kopplade till produkten genererar för kostnader⁵.

Samhälls-LCC (Societal LCC)

I likhet med miljö-LCC behandlar samhälls-LCC produktens hela livscykel där alla kostnader beaktas. Metoden ser inte bara till en parts intresse utan ser till hela alla grupper i samhället. Grunder till denna typ av LCC är hämtat från Cost-Benefit-Analysen och riktar sig främst mot myndigheter och politiska beslutsfattare.

⁴ Environmental Life Cycle Costing, Steen et al, 2005

⁵ Measuring Eco-efficiency by a LCC/LCA ratio, Skantze 2005

3.4 Miljöskadekostnad

Begreppet miljöskadekostnad EDC (Environmental Damage Cost) är hämtat från EPS systemet. EPS är en viktningsmetod för miljöpåverkan som från början togs fram för Volvo Car Corporation av Professor Bengt Steen. Viktningsmetoden bygger på betalningsviljan hos invånarna i OECD-länderna för att undvika skadeverkningar av utsläpp och resursförbrukning.

Framtagandet av en miljöskadekostnad kan göras med hjälp av en tolkningsnyckel. Denna nyckel är ett bra sätt att koppla samman ekonomi och miljö⁶. Den tolkningsnyckel⁷ som använts i studien av CHABO är framtagen av professor Bengt Steen vid CPM på Chalmers tekniska högskola.

Indikatorer i tolkningsnyckeln är följande:

Växthusgaser

Försurande gaser

Ozonedbrytande gaser

Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon

Utsläpp av föroreningar som bidrar till syrebrist i vatten

Förbrukning av icke-förnybara energireserver

Indikatorerna presenteras som ekvivalenter som i sin tur kan härledas från data ur en LCA.

De från tolkningsnyckeln framtagna miljöskadekostnaden samt livscykelkostnaden kan sedan ligga sedan till grund för framtagning av en ekoeffektivitet.

⁶ Bengt Steen, Professor vid institutionen Miljösystemanalys

⁷ http://www.cpm.chalmers.se/publications_04.htm

3.5 Ekoeffektivitet

Ekoeffektivitet är ett verktyg för att kunna se företagens påverkan på en hållbar utveckling i samhället. Definitionen av hållbar utvecklingen bygger på ekonomisk utveckling, ekologi och sociala faktorer medan ekoeffektiviteten bara hänsyn till ekonomi och ekologi. Vad som skiljer ekoeffektivitet mot andra företagsinriktade miljöverktyg är att det behandlar utsläpp och emissioner ur ett samhällsekonomiskt perspektiv. Detta beror på att beräkningen av miljöskadekostnaden bygger på tolkningsnyckel som i sin tur bygger på samhällsekonomiska uppföringar som utsläppen bidrar till.

Ekoeffektiviteten är kvoten mellan produktens värde och dess miljöpåverkan.

Produktens värde/Miljöpåverkan

Med produktens värde menas produktens hela kostnad, inte bara grundinvesteringen utan även drift, underhåll och till sist avveckling, det vill säga produktens livscykelkostnaden. Miljöpåverkan uttrycks som miljöskadekostnaden för produkten som i sin tur bygger på livscykelanalysberäkningar som översätts till kostnader genom tolkningsnyckeln som finns beskrivet i kapitel 3.4.

Vid användning av livscykelkostnad och miljöskadekostnad fås en formel med följande utseende:

LCC/EDC

För att få en mer överskådlig formel med ett resultat i procents skrivs den då istället:

$(1 - EDC/LCC) \times 100$

4. CHABO-projektet

CHABO är ett studentbostadshus på Chalmers Campus Johanneberg. Byggnaden är placerad på norra delen av campus och avgränsas i norr av festlokalen Kalle Glader, i öster av Gibraltargatans vårdcentral, i söder av Kemihuset och i öster av MC2. Huset innehåller 479 lägenheter, till störst delen ettor i storleken 28 till 50 m². Huset är ritat av Wingårdh arkitektkontor AB och består av tre huskroppar i olika gröna nyanser och ligger i något som kan liknas vid en suterräng stil.

Projektet har genomförts av några ledstjärnor.

- Energianvändning
- Energiomvandlingen
- Ekonomi

Energianvändning syftar till att minimera behovet av tillskottsvärme för att uppnå ett behagligt inneklimat.

Energiomvandlingen syftar till att ta till vara överskottsvärme bl.a. genom att ha frånluftsvärmeväxlare.

Ekonomi syftar till att hyran för en typlägenhet på 28 m² inte får överstiga SEK 4500 i initialskedet.

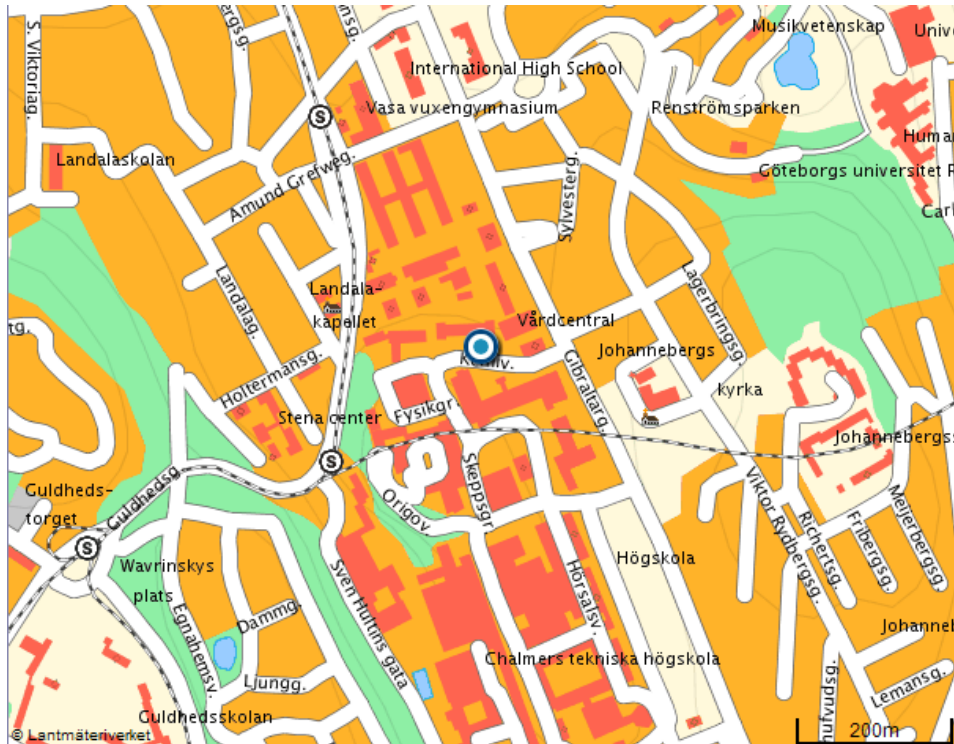


Bild 1. En 3D-bild av CHABO sett från väster⁸.

⁸ Bild från [chalmersfastigheter.se/Wingårdh Arkitektkontor AB](http://chalmersfastigheter.se/Wingardh-Arkitektkontor-AB)

4.1 Bakgrund

Innan CHABO uppfördes stod det på platsen bastanta annex i sten som tillhört det sedan länge nedlagda Vasa sjukhus, numera Industriell ekonomis lokaler. Tomten ligger centralt i staden och inne på campusområdet så det är en ideal plats för studentbostäder. Byggplatsen har varit svår att nå, dels på grund av sitt centrala läge i Göteborg, men främst med anledning av byggnadens placering på Chalmersområdet.



Karta 1. CHABOs placering på Campus Johanneberg⁹, Kemivägen 7.

4.2 Projektering

Under projekteringen utarbetades parallella förfrågningsunderlag för att det skulle vara möjligt att jämföra byggtid och byggkostnad för antingen prefabricerad eller platsbyggd stomme. Valet föll på att bygga med prefabricerade element och valet berodde till största delen på tidsaspekten, då önskat inflyttningsdatum var satt till terminsstart läsåret 2006/2007 och med den tidplanen kunde inte det platsbyggda alternativet stå färdigt. Genom att bygga med prefabricerade element förkortades byggtiden med ca 4 månader enligt de inblandade aktörerna¹⁰. Den ekonomiska aspekten talade också för att bygga med prefabricerade element, då den hade lägre investeringskostnad.

⁹ Karta från www.hitta.se

¹⁰ Marcus Brink, inköpare NCC, Per Hilmeresson konstruktör Flygfältsbyrå.

4.3 Inblandade parter

Chalmersfastigheter är byggherre, Wingårdhs arkitektkontor har stått för arkitekturritningar och NCC utför en generalentreprenad. När väl huset är i drift ska det övertas av Chalmers studentbostäder och bebos av studenter företräddesvis från Chalmers.

Chalmersfastigheter står för investeringen och bär kostnaden i livscykelns vagga. De gör även val av stomme och uppvärmningssystem, vilket påverkar kostnader för kommande drift, underhåll och uppvärmning. Dessa poster plus administrationen för uthyrning av lägenheterna kommer Chalmers studentbostäder att stå för.

Studenterna som bebor lägenheterna betalar hyra och kan genom val av levnadssätt påverka uppvärmningskostnader och behov av underhåll. Om Chalmers studentbostäder kan få studenterna att bo kvar längre genom att erbjuda ett kvalitativt boende, minskar omflyttningen och underhållskostnaden kommer troligen att bli lägre än för äldre studentbostäder i Göteborg.

5.1 Vertikalstomme

Vertikalstommen bär upp hela byggnaden och kan antingen utföras med bärande ytterväggar och fasad eller med enbart bärande innerväggar. I CHABO-projektet är den bärande vertikalstommen av prefabricerade fasadelement och enstaka bärande innerväggar. Det platsbyggda alternativet skulle däremot enbart ha bärande innerväggar.

5.1.1 Prefab

Den prefabricerade vertikalstommen levereras i ytterväggsmoduler från Strängbetong. Innerväggarna består dels av platsgjutna betongväggar och dels av gipsväggar.

5.1.2 Platsbyggt

Den tänkta platsbyggda vertikalstommen gjuts på plats som innerväggar. Fasaden i detta fall utgörs av en utfackningsvägg med tegel som fasadmateriäl.

5.2 Horisontalstomme

Horisontalstommen består av ett bjälklag som bär upp våningsplanen.

5.2.1 Prefab

Den prefabricerade horisontalstommen består av håldäckselement från Strängbetong. Dessa täcks sedan av ett installationsgolv från Granab. Installationerna ligger i detta fall direkt på håldäckselementet. Att installationsgolv valts beror till stor del på att den prefabricerade badrumsmodulen vilar på en 10 mm hög bottenplatta och det får inte finnas nivåskillnader då lägenheterna skall vara handikappsanpassade.

5.2.2 Platsbyggt

Den platsbyggda horisontalstommen består av ett plattbärlag av filigrantyp. I detta fall ligger installationerna ingjutna i golvet.

5.3 Våtrum

Våtrummet är det rum som kan beskrivas som badrum och toalett. Oavsett om det rör sig om prefabricerat eller platsbyggt är de i stort sett identiska. Det som skiljer de båda rummen är tillverkningssätt och tillverkningsplats.

5.3.1 Prefab

Våtrummet byggs på fabrik i Kalix och består förutom av de vanliga badrumsmaterialen även av en plåtkasett som fungerar som ram. Modulen levereras komplett med toalett, handfat, handdukstork och duschhörna. Våtrumselementen från PartAB i Kalix kommer i tung lastbil med släp och varje lastbilsenhet rymmer 9 st element. På plats vid byggarbetsplatsen lossas de med teleskoptruck och placeras på plats med hjälp av kran.

5.3.2 Platsbyggt

Det platsbyggda våtrummet är av klassisk typ där rummet behandlas med fuktspärr och sedan läggs golvklinker på betonggolvet och väggkakel sätts på gipsväggarna. Därefter installeras toalett, handfat och duschhörna.

6. Livscykelanalys för byggnadsstomme

Som beskrivits tidigare i kapitel tre finns det olika typer av livscykelanalyser. Då studien har som syfte att klargöra vilket av de givna alternativen som är bäst ur miljösynpunkt är en jämförande LCA det bästa alternativet. I detta kapitel kommer den utförda livscykelanalysen beskrivas för att klargöra avgränsningar och ingående data. Det ska observeras att livscykelanalysen i denna studie är av förenklad typ då endast vissa emissioner studerats.

6.1 Ingående emissioner

I en fullständig LCA redovisas alla ingående emissioner. Då studien utgår från byggvarudeklarationer är det dessa, de vanligaste emissionerna som är med.

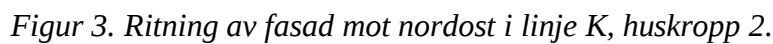
- Koldioxid CO₂
- Svaveldioxid SO₂
- Kvävedioxid NO_x
- Stoft

6.2 Funktionell enhet

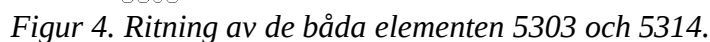
För att få fram en funktionell enhet som är helt jämförbar mellan den prefabricerade och den platsbyggda vertikal- och horisontalstommen har vi utgått från två typlägenheter med exakt samma funktion vad avser boendestandard, ventilation, isolering, värmeåtgång och våtrum. En kontroll av den värmeisolerande funktionen har gjorts genom att värmegenomgångskoefficienten, U-värdet, har beräknats för de båda alternativen. Skillnaden är så liten att den värmeisolerande funktionen anses likvärdig.

Den överlägset mest frekventa lägenheten och även den som fungerade som visningslägenhet är en etta med kokvrå på 27,5 m², denna lägenhet benämns lägenhet typ 1 och fungerar även som visningslägenhet. Det är denna lägenhet som är den funktionella enheten i utförd LCA.

Byggnaden består av totalt 633 fasadelement fördelat på 317 stycken olika typer. Efter en genomgång av samtliga fasadelementen upptäcktes det att många fasadelement endast tillverkats i ett enda exemplar och det konstaterades att åtta stycken specifika elementtyper täckte 30 % av den totala fasaden. Dessa element fanns representerade på alla fasader, utom den minsta, dvs. kortsidorna. På huskropp 2, fasad NO linje K och fasad SV linje F motsvarade de däremot 35 respektive 39 % av ytorna, eller 36 % tillsammans av dessa båda fasader.



Med utgångspunkt från ovanstående resonemang och det faktum att alla lägenheter i centrala delen av huskropp 2 består av typlägenhet 1 valdes element 5303 och 5314 för vidare studier.



Utefter fasad SV linje F finns enbart lägenheter typ 1 så det föll sig naturligt att denna del av huset fick symbolisera detsamma. En genomgående sektion som ligger utmed hela SV linje F och delar av NO linje K består av 20 st lägenheter typ 1. Innerväggarnas material består av både gips och betong, och för att få en så rättvis typlägenhet har förhållandena mellan materialen förflyttats till typlägenheten.

Horisontalstommen har som funktion att bära upp våningarna och fungera som avdelare för detsamma. I de båda fallen väljs halva ytan av den horisontalstomme som fungerar som golv och tak en typlägenhet.

Eftersom att det bara är vertikal och horisontalstommarna som ska behandlas bortses från följande delar av lägenheterna som hade haft en identisk funktion i de båda fallen:

- Fönster
- Dörrar
- Verktyg och kapitalvaror
- Kablar
- Köksdetaljer
- Installationer

Ingående material i konstruktionen är följande:

6.3.1 Fasad

- Betong K40
- Armeringsstål
- Cellplast

Lyftanordningar och öglar för prefabelementen bedöms tillsammans med övriga små ståldetaljer som försumbara.

6.3.2 Övrig vertikalstomme

- Betong K40
- Armeringstål
- Gips 13 mm
- Ståregel 70 mm
- Ståregel 145 mm
- Mineralull (glasull) 45 mm
- Mineralull (glasull) 70 mm

6.3.3 Horisontalstomme

- Hålbjälklag HD/F 120/20
- Armeringsstål
- Spånskiva Granab
- Stålskenor Granab
- Tak/golvskena 70 mm
- Tak/golvskena 145 mm

6.4 Platsbyggd typlägenhet

Eftersom att det bara är vertikal och horisontalstommarna som ska behandlas bortses från följande delar av lägenheterna som hade haft en identisk funktion i de båda fallen:

- Fönster
- Dörrar
- Verktyg och kapitalvaror
- Kablar
- Köksdetaljer
- Installationer

Ingående material i konstruktionen är följande:

6.4.1 Fasad

- Fasadtegel 120 mm
- Murbruk
- Utegips 9 mm
- Träreglar 45x170 mm
- Mineralull (Glasull) 170 mm
- Plastfolie 0,2 mm
- Gips 13 mm

6.4.2 Övrig Vertikalstomme

- Betong K40, sidovägg
- Armeringsstål, sidovägg
- Gips 13 mm
- Ståreglar 70 mm
- Ståreglar 145 mm
- Mineralull (Glasull) 45 mm

- Mineralull (Glasull) 70 mm
- Betong K40, korridor
- Armeringsstål, korridor

6.4.3 Horisontalstomme

- Betong plattbärlag
- Armering plattbärlag
- Betong pågjutning
- Stödarmering bjälklag
- Armering underkant bjälklag
- Tak/golvskena 70 mm
- Tak/golvskena 145 mm

6.5 Transporter

I studien är det tre typer av transporter som finns identifierade:

Tung lastbil med släp, fjärrtrafik
Medeltung lastbil, regional trafik
Båt, Medium

För utsläpp från respektive transportslag se transportdatablad.

Lastbil är det överlägset vanligaste transportmedlet för materialtransporterna i denna studie. Oavsett om det är en byggnation med platsgjuten betong eller om det handlar om en byggnation med prefabricerade element är transporter mycket viktiga.

För kortväga lättare transporter på landsväg, även betong inom närregionen har medeltung lastbil utan släp använts i beräkningarna. För långväga landsvägstransporter, både med prefabricerade element och lättare gods, har tung lastbil med släp använts.

Båt används för transporter av armeringsjärnet. Den transporten är på 1700 km och går mellan Mo i Rana i Norge och Halmstad, transport från Halmstad sker med tung lastbil med släp i fjärrtrafik.

6.6 Byggnadens livscykel

Byggnadens livscykel kan delas in i tre stycken huvuddelar, byggnation, användning och rivning. Fokus i studien ligger på olika byggnadsmaterial snarare än byggnationssätt. Till största del beror detta på att materialframställningen har störst påverkan och att det är svårt att uppskatta hur stora skillnaderna är mellan de olika byggnationssätten.

6.6.1 Byggskede

Vid projektets start fanns ett givet slutmål, inflyttning hösten 2006. För att klara uppgiften utan att behöva tillämpa ekonomiskt krävande skiftarbete föll valet på det prefabricerade alternativet. Tidsbesparing blev fyra månader och inflyttningsdatumet klarades.

De båda alternativen skulle kräva likartad organisation och resurser så som byggbodar, lyftkranar, godsmottagning och uppställningsytor¹¹. Platsen för projektet ställde stora krav på samordning av logistiken då arbetsområdet var kraftig begränsat då huset ligger inklämt mellan befintliga huskroppar och inne i Göteborgs centrala delar. De mycket likartade förutsättningar, rent byggnationsmässigt, gjorde att byggskedet inte togs med i analysen förutom den kortare byggtiden.

6.6.2 Användarfas

Den första utgångspunkt i studien har varit att jämföra olika byggnadsmetoder ur ett livscykelperspektiv. Användarskedet som står för ca 80 % av energiförbrukningen för en byggnad är i det närmaste identiskt för de båda alternativen. En kontroll av den värmeisolerande funktionen har gjorts genom att värmegenomgångskoefficienten, U-värdet, har beräknats för de båda alternativen. Resultatet blev 0,57 W/m²K för platsbyggt och 0,56 W/m²K för det prefabricerade alternativet. Denna skillnad är så liten att den värmeisolerade funktionen kan anses likvärdig. Sålunda är det hushållsel och varmvattenproduktion som står för energiförbrukningen och dessa är helt oberoende av byggnadstommens konstruktion.

6.6.3 Rivning

Än har inget sentida prefabricerat hus rivits. Däremot kan det antas att det kommer att gå lättare att plocka ner och demontera färdiga element än fasta väggar. I dagens läge med stora mängder ritningar (sparade på flera olika platser) finns det goda chanser att en rivning kan ske på bästa möjliga sätt.

Givet en kontroll att hållfasthet och andra väsentliga egenskaper är bibehållna, skulle det gå att återanvända de prefabricerade betongelementen i nya konstruktioner. Här är det framför allt den insparade betongvolymen som kan ge miljöbesparande effekter, då cementproduktionen både är energiintensiv och ger stora utsläpp av koldioxid.

Dock ska det tilläggas att om elementen är i så dåligt skick att de inte kan återanvändas är det svårt att skilja de ingående byggnadsmaterialen åt.

I detta fall skulle alltså det platsbyggda alternativet ha en fördel.

¹¹ Marcus Brink, inköpare NCC

7. Livscykelkostnad för byggnadstomme

Den livscykelkostnadsmetod vi har valt är av konventionell typ. Detta val gjordes för att den konventionella typen av LCC bäst motsvarar Chalmersfastigheters perspektiv. Detta ses tydligt genom att Chalmersfastigheter är beställare och står för byggkostnad, drift och förvaltning.

Kostnader som ingår i utförd livscykelkostnads kalkyl är material- och byggkostnad för betongstomme samt uppvärmningskostnad och en uppskattad driftskostnad för respektive stomalternativ.

De boende står för hushållselen. Den skulle vara densamma i vilket utav fallen, kostnaden ligger inte heller på Chalmersfastigheter eller Chalmers studentbostäder så den är således inte med i kalkylen.

Rivningsfasen är svår att sätta om, därför utelämnas den.

Byggtiden för det prefabricerade alternativet är 4 månader kortare vilket leder till fyra extra månadshyror och en ekonomisk livslängd på 50 år och fyra månader, istället för 50 år för det platsbyggda alternativet.

Restvärdet efter 50 år respektive 50 år och fyra månader är satt till noll kr.

Kalkylräntan sätts till 6 % på årsbasis. Uppvärmningskostnaden är beräknad till 2400 kr/år och författarna har antagit att underhållet som kan relateras till stommen kostar 600 kr/år. I detta fall är osäkerheten stor. Hyran är 3900 kr/mån.

Formeln för beräkning är:

$$C_0 = \sum_{t=0}^T \underbrace{(D_t + U_t)}_{\text{Nuvärde drift+underhåll}} \cdot \frac{1}{(1+p)^t} + \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}}$$

C_0 = Livscykelkostnad

T = Livslängd

p = Kalkylränta

I_0 = Grundinvestering

D = Uppvärmning

U = Underhåll

Livscykelvinst

För att även kunna se vad tidigare inflyttning ger för ökade intäkter tittar vi också på en livscykelvinst. Denna beräkning är med för att visa på fördelarna med tidigare inflyttning med inflöde av hyror som följd.

Formeln för beräkning är:

$$V_0 = \sum_{t=0}^T \underbrace{(H_t - D_t - U_t) \cdot \frac{1}{(1+p)^t}}_{\substack{\text{Nuvärde} \\ \text{av} \\ \text{drifmetto}}} + \underbrace{R_T \cdot \frac{1}{(1+p)^T}}_{\substack{\text{Nuvärde} \\ \text{av} \\ \text{restvärde}}} - \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}}$$

V_0 = Livscykelvinst

T = Livslängd

p = Kalkylränta

I_0 = Grundinvestering

H = Hyra

D = Uppvärmning

U = Underhåll

R_T = Restvärde

8. Resultat

I följande kapitel kommer resultatet från studien att presenteras och utmärkande poster kommer att belysas. De båda byggnadsalternativens eko-effektivitet kommer också att redovisas och ställas mot varandra.

8.1 Resultat livscykelanalys

Alla resultat i kapitlet ges i den funktionella enheten för analysen, en typlägenhet. Resultatet redovisas för varje enskilt ämne/energislag och jämförelse görs mellan prefabricerat och platsbyggt ingående delar, fasad, övrig vertikalstomme och horisontalstomme.

8.1.1 Koldioxid

Koldioxid bildas vid förbränning av fossila bränslen så som kol, olja och naturgas. Koldioxiden är en växthusgas som bidrar till växthuseffekten och är för många själva innebilden av en emission som måste minskas.

I tabellen nedan redovisas koldioxidutsläppen för byggnadsalternativen och i denna utsläppskategori står det platsbyggda alternativet för 37 % mer koldioxidutsläpp. Det kan till stor del härledas till den platsbyggda horisontalstommen som består av ett prefabricerat betongplattbärlag med pågjutning på plats. Denna typ av bjälklagskonstruktion är betongintensiv och kräver således en stor cementmängd. Vid produktion av cement bränner man kalksten och vid denna process frigörs stora mängder koldioxid.

CO ₂ [kg]	Prefab	Plats
Fasad	534,43	250,75
Vertikal, övrigt	707,24	887,74
Horisontal	997,34	1934,75
Summa	2239,01	3073,23

Tabell 1. Koldioxidutsläpp

8.1.2 Svaveldioxid

Vid förbränning av svavelhaltiga fossila bränslen så som kol, olja och naturgas bildas svaveldioxid. Svaveldioxiden bidrar starkt till försurningen av mark och vattendrag då den är löslig i vatten.

I tabellen nedan redovisas svaveldioxidutsläppen för byggnadsalternativen och i denna utsläppskategori står det platsbyggda alternativet för 53 % mer svaveldioxidutsläpp. Det kan till stor del härledas till den platsbyggda horisontalstommen som består av ett prefabricerat betongplattbärlag med stor mängd armering. Det är inte själva armeringen som är den största boven i dramat utan båttransporten av färdig armering. Miljökraven för sjöfarten ligger inte i blickfånget på samma sätt som för väg- och flygtransport. Handelssjöfartens krav på bränsle gäller kvantitet snarare än kvalitet. Detta gör att man använder det billigaste, oftast smutsigaste, bränslet som ger mest svavelutsläpp.

SO ₂ [g]	Prefab	Plats
Fasad	850,64	259,96
Vertikal, övrigt	551,27	715,20
Horisontal	551,07	2020,23
Summa	1952,98	2995,39

Tabell 2. Svaveldioxidutsläpp

8.1.3 Kväveoxider

Kväveoxider, förkortas allmänt till NO_x, och är samlingsnamnet för kvävemonoxid, kvävedioxid och andra kväveoxidföreningar. Anledningen till att uppdelning inte görs beror på att kväveoxidföreningarna är lika varandra och förekommer tillsammans. Kvävedioxid bidrar till bildandet av marknära ozon. Kvävemonoxid kan däremot bidra till reduktion av marknära ozon och verkar på så sätt positivt.

I tabellen nedan redovisas NO_x för byggnadsalternativen och i denna utsläppskategori står det platsbyggda alternativet för 4 % mer NO_x. Totalt sett är det inga stora skillnader mellan de båda alternativen, utan det är på elementnivå skillnaderna finns. Förklaringen till detta är att cementen och armeringen har olika placering i de olika byggnadsalternativen.

NO _x [g]	Prefab	Plats
Fasad	1820,67	463,53
Vertikal, övrigt	1451,58	1899,85
Horisontal	4072,43	5259,99
Summa	7344,68	7623,37

Tabell 3. NO_x-utsläpp

8.1.4 Stoft

Stoftet härstammar till stora delar från förbränning och är oönskade partiklar i luften som inte renats bort genom filtrering. En parallell kan dras till skillnaden mellan dagens och gårdagens dieselbilar. De äldre dieselbilarna släppte ut stora mängder stoft/partiklar vid förbränning, men nu tack vare partikelfilter; är utsläppen av stoft/partiklar nere i ett minimum.

I tabellen nedan redovisas stoftutsläppen för byggnadsalternativen och i denna utsläppskategori står det platsbyggda alternativet för 3 % mer kväveoxidutsläpp. Totalt sett är det inga stora skillnader mellan de båda alternativen, utan det är på elementnivå skillnaderna finns. Förklaringen till detta är att cementen och armeringen har olika placering i de olika byggnadsalternativen.

Resultatet är lite osäkert då det i flera fall varit omöjligt att få tag på data kring eventuella stoft/partikelutsläpp.

Stoft [g]	Prefab	Plats
Fasad	429,67	101,16
Vertikal, övrigt	570,45	712,32
Horisontal	1391,46	1654,69
Summa	2391,58	2468,17

Tabell 4. Stoftutsläpp

8.1.5 Elkonsumtion

Den elkonsumtion som redovisas är tagen från tillverkning, framställning och produktion. I utförd livscykelanalys har det använts en energimix bestående av 50 % vattenkraft och 50 % kärnkraft, producerad inom norden. Eventuellt resonemang kring marginalel, alltså den el som måste importeras till följd av ett uppkommet behov utöver det som är normalt och som då ofta kommer från kolkraftverk, har inte tagits med. Detta då fabriker och produktionslinor finns på plats och har en fungerande produktion. Det råder även delade meningar inom forskarvärlden huruvida marginalel skall räknas över huvud taget.

Elkonsumtionen kan till största delen härledas från den energikrävande stål och cementframställningen. Det skiljer 30 % i elkonsumtion med det platsbyggda alternativet som mer elenergikrävande. Skillnaden visar sig påtagligast i elkonsumtionen som åtgår för att framställa armering till den platsbyggda horisontalstommen.

El [MJ]	Prefab	Plats
Fasad	2734,43	395,07
Vertikal, övrigt	1931,12	2184,04
Horisontal	1836,76	5877,98
Summa	6502,30	8457,09

Tabell 5. Elkonsumtion

8.1.6 Fossila bränslen

Fossila bränslen, ibland kallat icke förnybara energislag, är det som används i störst utsträckning av alla förbränningsprocesser, i det aktuella fallet till transport på väg och till sjöss samt stora förbränningsugnar.

Det platsbyggda alternativet genererar 25 % mer användning av fossila bränslen. Detta kan till största delen härledas till cementproduktion samt delvis transport av stora mängder armeringsjärn.

Fossil [MJ]	Prefab	Plats
Fasad	3523,98	2151,32
Vertikal, övrigt	5809,82	6247,35
Horisontal	5796,56	10530,80
Summa	15130,36	18929,48

Tabell 6. Användningen av fossila bränslen

8.1.7 Sammanfattning

Det prefabricerade alternativet är klart bättre vad avser koldioxid- och svaveldioxidutsläpp. Utsläppen av kväveoxider och stoft är i stort sett lika. Sett till elkonsumtion och användning av fossila bränslen ligger det platsbyggda alternativet 25 – 30 % högre.

Man kan säga att:

- Cement- och gipsproduktion är koldioxidintensiv och energikrävande.
- Ståltillverkning är energikrävande.
- Stora utsläpp av försurande ämnen kan härledas till sjötransporter.

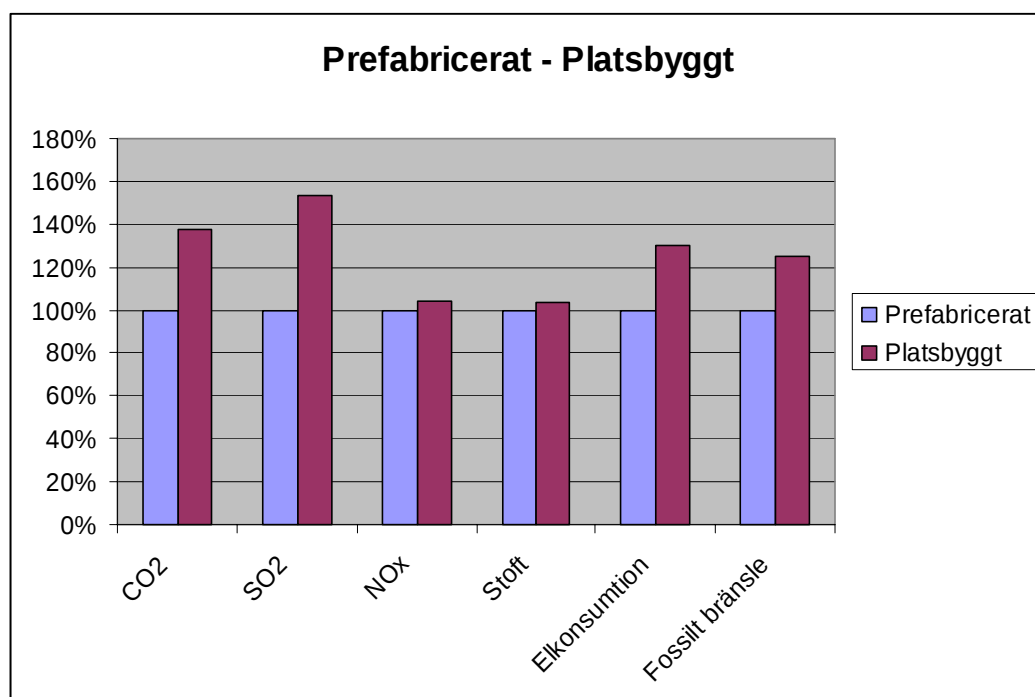


Diagram 2. Prefabricerat kontra platsbyggt, värdena för prefabricerat är satta till 100 %

8.2 Resultat livscykelkostnad

8.2.1 Livscykelkostnad

Prefabricerad stomme:

T = Livslängd: 50 år och 4 månader = 604 mån

p = Kalkylränta: 6%/år = 0,5%/mån

I_0 = Grundinvestering: 91 858 kr

D = Uppvärmning: 2400 kr/år = 200 kr/mån

U = Underhåll: 600 kr/år = 50 kr/mån

Platsbyggd stomme:

T = Livslängd: 50 år = 600 mån

p = Kalkylränta: 6%/år = 0,5%/mån

I_0 = Grundinvestering: 95 540 kr

D = Uppvärmning: 2400 kr/år = 200 kr/mån

U = Underhåll: 600 kr/år = 50 kr/mån

Denna beräkning ger följande resultat:

Prefabricerad stomme:

C_0 = Livscykelkostnad: 139 400 kr (Nuvärde)

Platsbyggd stomme:

C_0 = Livscykelkostnad: 143 032 kr (Nuvärde)

Livscykelkostnaden för det prefabricerade alternativet är 97 % av det för det platsbyggda alternativet. Det mesta av kostnadsskillnaden härrör från grundinvesteringen.

8.2.2 Livscykelvinst

Prefabricerad stomme:

T = Livslängd: 50 år och 4 månader = 604 mån

p = Kalkylränta: 6%/år = 0,5%/mån

I_0 = Grundinvestering: 91 858 kr

H = Hyra: 46 800 kr/år = 3900 kr/mån

D = Uppvärmning: 2400 kr/år = 200 kr/mån

U = Underhåll: 600 kr/år = 50 kr/mån

R_T = Restvärde efter 50 år: 0 kr

Platsbyggd stomme:

T = Livslängd: 50 år = 600 mån

p = Kalkylränta: 6%/år = 0,5%/mån

I_0 = Grundinvestering: 95 540 kr

H = Hyra: 46 800 kr/år = 3900 kr/mån

D = Uppvärmning: 2400 kr/år = 200 kr/mån

U = Underhåll: 600 kr/år = 50 kr/mån

R_T = Restvärde efter 50 år: 0 kr

Denna beräkning ger följande resultat:

Prefabricerad stomme:

V_0 = Livscykelvinst: 602 248 kr (Nuvärde)

Platsbyggd stomme:

V_0 = Livscykelvinst: 597 843 kr (Nuvärde)

Livscykelvinsten för det prefabricerade alternativet är 101 % av det för det platsbyggda alternativet. Liksom för livscykelkostnaden så ligger skillnaden i investeringen till största delen.

8.3 Resultat livscykelanalys - livscykelkostnad

Kopplingen mellan LCA och LCC är gjord med hjälp av en tolkningsnyckel för miljöskadekostnad. Denna tolkningsnyckel¹² är framställd av Bengt Steen vid CPM på Chalmers tekniska högskola.

¹² http://www.cpm.chalmers.se/publications_04.htm

I modellen är följande medtaget:

Typ av data	Sort
Växthusgaser	kg CO ₂ ekvivalenter
Försurande gaser	mol H ⁺ , max
Ozonnedbrytande gaser	g CFC-11-ekvivalenter
Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon	g eten-ekvivalenter
Utsläpp av föroreningar som bidrar till syrebrist i vatten	g O ₂
Förbrukning av icke-förnybara energireserver	MJ
Livscykelkostnad	SEK

Tabell 7. Indatatabell för tolkningsnyckel

Växthusgaser beräknas i modellen som kg koldioxidekvivalenter¹³.

Koldioxid

Prefabricerat	2239,01 kg CO ₂
Platsbyggt	3073,23 kg CO ₂

Försurande gaser är bland andra NO_x och svaveldioxid (SO₂) och räknas som mol H⁺. Index för NO_x är 0,0217 mol H⁺/g och är antaget att vara kvävedioxid (NO₂) och index för svaveldioxid är 0,0312 mol H⁺/g¹⁴.

NO_x

Prefabricerat	7344,68	→ 159,4 mol H ⁺
Platsbyggt	7623,37	→ 165,4 mol H ⁺

Svaveldioxid

Prefabricerat	1952,98	→ 60,9 mol H ⁺
Platsbyggt	2995,39	→ 93,4 mol H ⁺

Summa

Prefabricerat	220,3 mol H ⁺
Platsbyggt	258,8 mol H ⁺

Ozonnedbrytande gaser har inte påträffats i utförd livscykelanalys och tas således inte med i beräkningen.

¹³ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004

¹⁴ Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel, Stefan Uppenberg, Lars-Gunnar Lindfors, IVL AB; Stockholm 1999

Gaser som bidrar till bildningen av marknära ozon är NO_x och svaveldioxid (SO₂). Kväveoxider kan både ha en positiv och negativ inverkan på bildning av marknära ozon och då indata i livscykelanalysen inte specificerar vilken typ av kväveoxider som avses räknas värsta fallet. Index för NO_x är 0,028 som g eten/g respektive 0,048 g eten/g för svaveldioxid¹⁵.

NO_x		
Prefabricerat	7344,68	→ 205,7 g eten
Platsbyggt	7623,37	→ 213,5 g eten

Svaveldioxid		
Prefabricerat	1952,98	→ 93,7 g eten
Platsbyggt	2995,39	→ 143,8 g eten

Summa		
Prefabricerat	299,4 g eten	
Platsbyggt	357,3 g eten	

Utsläpp som bidrar till syrebrist i vatten är bland andra NO_x och har index 6 g O₂/g.¹⁶

NO_x		
Prefabricerat	7344,68	→ 44068,1 g O ₂
Platsbyggt	7623,37	→ 45740,2 g O ₂

Förbrukning av icke-förnyelsebara bränslen är i detta fall användandet av fossila bränslen.

Fossila bränslen	
Prefabricerat	15130,36 MJ
Platsbyggt	18929,48 MJ

Livscykelkostnaden är beräknad för byggprojektet.

Livscykelkostnad	
Prefabricerat	SEK 139 400
Platsbyggt	SEK 143 032

¹⁵ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004

¹⁶ Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel, Stefan Uppenberg, Lars-Gunnar Lindfors, IVL AB; Stockholm 1999

Typ av data	Sort	Värde
Växthusgaser	kg CO2 ekvivalenter	2239,01
Försurande gaser	mol H+, max	220,3
Ozonnedbrytande gaser	g CFC-11-ekvivalenter	0
Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon	g eten-ekvivalenter	299,4
Utsläpp av föroreningar som bidrar till syrebrist i vatten	g O2	44068,1
Förbrukning av icke-förnybara energireserver	MJ	15130,36
Livscykelkostnad	SEK	139400

Tabell 8. Indata för beräkning av miljöskadekostnad för prefabricerat alternativ

Typ av data	Sort	Värde
Växthusgaser	kg CO2 ekvivalenter	3073,23
Försurande gaser	mol H+, max	258,8
Ozonnedbrytande gaser	g CFC-11-ekvivalenter	0
Gaser som bidrar till bildning av marknära ozon	g eten-ekvivalenter	357,3
Utsläpp av föroreningar som bidrar till syrebrist i vatten	g O2	45740,2
Förbrukning av icke-förnybara energireserver	MJ	18929,48
Livscykelkostnad	SEK	143032

Tabell 9. Indata för beräkning av miljöskadekostnad för platsbyggt alternativ

Resultatet blir följande:

Miljöskadekostnad

Prefabricerat **SEK 4105**
Platsbyggt **SEK 5382**

Ekoeffektivitet

Prefabricerat **0,9706**
Platsbyggt **0,9624**

Det prefabricerade stomalternativet har en miljöskadekostnad som ligger på 76 % av vad den gör för det platsbyggda stomalternativet. För ekoeffektiviteten är skillnaden mellan de två stomalternativen bara på knappt 1 %.

9. Slutsatser

Det finns vinster att göra genom att bygga prefabricerat, både sett till ekonomi och miljö. Skillnaderna vi har kommit fram till är små men de finns. Den mindre andelen cement i den prefabricerade stommen bidrar till att minska den totala utsläppsmängden av främst koldioxid. Den större mängden utsläpp av svaveldioxid för det platsbyggda alternativet härrör från transport av armering.

Skillnaden i investeringskostnad härrör till stor del i kortare byggtid och industriell framställning av betongelementen. Den industriella tillverkningen kräver färre formar och ändringar i produktionen samt färre mantimmar.

10 Diskussioner

I detta kapitel kommer vi att ta upp och diskutera resultatet av studien, samt närbesläktade frågor som vi tycker bör belysas.

10.1 Resultat

Vid projekteringen av CHABO-projektet togs parallella bygghandlingar fram, ett platsbyggt alternativ och ett prefabricerat. Att valet föll på ett prefabricerat alternativ var att inflyttning kunde ske i samband med terminsstart, augusti 2006, istället för ca fyra månader senare. Den längre byggtiden vid platsbyggt alternativ beror på uttorkningstider för betongen samt tidskrävande murarbeten av fasaden. Tidsvinsten för det prefabricerade alternativet är troligtvis projektets största vinst.

Prefab är på intåg i byggbranschen. Mycket för att man vill få högre kvalitet genom att bygga i skyddad miljö samt att korta ner byggtiden på plats. Naturligtvis så är det även ekonomiska vinster man vill åt, bland annat genom att standardisera konstruktionslösningar i så stor utsträckning som möjligt. Detta gäller allt från småhus till större och mer komplexa byggnader.

Ett problem, som troligen kan härledas till skarvarna mellan prefabelementen, är att det har läckt in regnvatten i vissa av lägenheterna. Det krävs troligen ett bättre kvalitets- och uppföljningsprogram på byggplatsen för att liknande problem inte ska uppstå igen.

Den största energiåtgången för ett hus är under användarfasen. För de båda stomalternativen är energiåtgången under byggtiden olika men under brukandetiden är den likvärdig. Av denna anledning är endast energiåtgång vid produktion och transport upptagna i utförd LCA.

Den stora skillnaden mellan stomalternativen är när det kommer till miljöskadekostnaden. Den är för det prefabricerade stomalternativet 76 % av vad den är för det platsbyggda alternativet. Skillnaden i ekoeffektivitet är dock endast knappt 1 % och det visar att det kanske inte är det bästa verktyget för att påvisa hur "miljövänlig" en vara är. Anledningen till att skillnaden blir så lite beror på att den platsbyggda stommen har en högre livscykelkostnad än det prefabricerade alternativet. Den här situationen med att det dyra alternativet också är det med högst miljöskadekostnad är inte helt vanligt. Tanken med ekoeffektivitet är att man ska påvisa fördelen med att välja ett dyrare alternativ som är producerat på ett mer resurs- och miljöeffektivt sätt. Har man både lägre kostnader och mindre utsläpp bör det synas och vi rekommenderar därför att man är tydlig när man presenterar resultat i form av ekoeffektivitet.

10.2 Våtrum

Det har varit svårt att få fram materialdata om de vägg- och golvytskikt som använts i den prefabricerade badrumsmodulen. Vi tycker dock att badrummen är en viktig komponent i lägenheten då de byggs på helt olika sätt och på helt olika platser.

Material och transport

Invändiga ytskikt är av samma typ och har samma funktion för de båda badrumstyperna så här finns inte någon egentlig skillnad om man inte väljer olika leverantörer och produktionsorter. Vid ett sådant val går man ifrån tanken om att de båda byggnadsalternativen ska ha samma grundförutsättning, vilket strider mot idén om ett ”enkelt” och ”standardiserat” studentlägenhetsbadrum. De skillnader som finns kvar och är av intresse är då transporterna. Det prefabricerade badrummet tillverkas i Kalix med kakel och klinker från Italien. Materialet passerar Göteborg på dess väg till badrumsfabriken för att sedan fraktas med lastbil tillbaka till Göteborg som färdigt badrum. Då badrummet inte byggs på plats krävs det en extra stomme jämfört med om badrummet hade varit platsbyggt. Vid leveranser till byggarbetsplatsen fanns det inte alltid plats och möjlighet att skydda modulerna mot regn. Det fick som följd att det ansamlades vatten på skyddsplasten med risk för inläckage av regnvatten i väggarna. Vid transport inom byggplatsen fanns det även en stor risk att nedstickande golvbrunnsanslutning skadades av truckarnas gafflar¹⁷. Det finns inte bara negativa aspekter med badrumsmoduler. Det finns stor utvecklingspotential inom området då kvaliteten blir avsevärt högre när man bygger i fabrik samt att byggandet är tidsbesparande på byggarbetsplatsen. Kan transporterna från badrumsfabrik till beställaren kortas är denna typ av byggnadsteknik helt försvarbar.

Handdukstork

Vid genomgång av projektet och dess lägenheter fick vi berättat för oss att lägenheterna inte behöver någon tillskottsuppvärmning vid normal vintertemperatur¹⁸. Trots detta faktum finns det en handdukstork i badrummet som fungerar som en ”dold” radiator. Handdukstorken är kopplad till husets vattenburna uppvärmningssystem och går varken att temperaturreglera eller att stänga av. Att avstängningsmöjlighet saknas kan tyckas vara slöseri med energi då huset redan klarar sin uppvärmning, men handdukstorken i badrummet är en nödvändig funktion för rummets fukttransport. Ett alternativ till handdukstork hade varit en ordinär radiator med eller utan termostat, men då hade just funktionen handdukstork inte funnits.

¹⁷ Ida Sundstedt, NCC, arbetsledare och kvalitets- och miljöansvarig på byggarbetsplatsen

¹⁸ Mathilda Silva, miljösamordnare Chalmersfastigheter AB

10.3 Chalmersfastigheters miljöarbete

Chalmersfastigheter har en miljöpolicy, som är ett kortfattat och kärnfullt dokument på en A4-sida. Huvudmeningarna i dokumentet lyder som följer;

”Chalmersfastigheter skall utveckla och förvalta Chalmers Campus på sätt som bidrar till hållbar utveckling. Vi strävar efter att minska miljöskadliga föroreningar och resursförbrukning.

Detta innebär att vi skall:

- *Väga in miljöpåverkan vid utformning av fastigheter och dess system*
- *Beakta miljöpåverkan vid val av produkter, tjänster och material.*
- *Omhänderta material och restprodukter från våra fastigheter på ett kretsloppsanpassat sätt.*
- *Minska våra fastigheters resursförbrukning exempelvis energi-, vatten- och värmeförbrukning.*
- *Samverka med våra hyresgäster och leverantörer i deras miljöarbete.*
- *Efterleva tillämpliga lagar, förordningar, avtal och anvisningar som minimikrav.”*¹⁹

Miljöpolicyen kan i många fall vara väldigt allmänt hållna, men dess primära uppgift är att vara till för företaget. Dokumentet är fastslaget 2006-10-10 vilket innebär att då var byggnationen klar och hyresgästerna hade redan flyttat in i byggnaden. Därför är det inte säkert att alla punkter togs i beaktande vid upphandlingen av projektet. I fallet med CHABO-projektet kan vi ändå se att många av punkterna i Chalmersfastigheters miljöpolicy är uppfyllda.

10.4 Övrigt

Miljöargumenten är viktiga och kommer att bli viktigare i framtiden. Det kommer att bli viktigare för kunden att veta exakt vad den har köpt. Det är också viktigt för beställare, projektörer och entreprenörer att veta och kunna följa upp vilka delar av byggprocessen som bidrar till mest emissioner mm. Livscykeln är från vaggan till graven så det är viktigt att det finns kunskap och dokumentation om alla delar och skeden.

De stora aktörerna inom byggbranschen har ett väl utvecklat miljöarbete, med uppföljning av arbetet och miljöingenjörer som extra stöd. Detta miljöarbete gäller dock oftast bara själva byggskedet.

När det gäller övriga bitar såsom inköp, energianvändning under användarfasen och rivning är det andra aktörer som fattar beslut.

¹⁹ Chalmersfastigheters miljöpolicy, <http://www.chalmersfastigher.se/miljo>

10.5 Styrkor och svagheter på arbetet

+ Då vi har studerat ett verkligt objekt och kunnat ta del av alla ritningar har väldigt få antaganden behövts göras.

+ Då utförd LCA helt bygger på egenhändigt inhämtad information har vi full kontroll på datakvaliteten.

- Rapporten skulle kunna ha en större tonvikt på ekonomi. Problemet har varit att kopplingen mellan LCA och LCC inte är helt given samt att forskning inom områden fortfarande är i sin linda. Således finns det inte mycket skrivet inom området och det finns många motstridiga uppfattningar.

Fotnötter

- ¹ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004
- ² Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption Patterns, Applications and Implications, Frankl & Rubik, Springer, Berlin 2000
- ³ ISO 14040
- ⁴ Environmental Life Cycle Costing, Steen et al, 2005
- ⁵ Measuring Eco-efficiency by a LCC/LCA ratio, Skantze 2005
- ⁶ Bengt Steen, Professor vid institutionen Miljösystemanalys
- ⁷ http://www.cpm.chalmers.se/publications_04.htm
- ⁸ Bild från [chalmersfastigheter.se/Wingårdh Arkitektkontor AB](http://chalmersfastigheter.se/Wingårdh_Arkitektkontor_AB)
- ⁹ Karta från www.hitta.se
- ¹⁰ Marcus Brink, inköpare NCC, Per Hilmeresson konstruktör Flygfältsbyrån.
- ¹¹ Marcus Brink, inköpare NCC
- ¹² http://www.cpm.chalmers.se/publications_04.htm
- ¹³ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004
- ¹⁴ Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel, Stefan Uppenberg, Lars-Gunnar Lindfors, IVL AB; Stockholm 1999
- ¹⁵ The Hitch hikers guide to LCA, Tillman et al, Studentlitteratur, Lund 2004
- ¹⁶ Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel, Stefan Uppenberg, Lars-Gunnar Lindfors, IVL AB; Stockholm 1999
- ¹⁷ Ida Sundstedt, NCC, arbetsledare och kvalitets- och miljöansvarig på byggarbetsplatsen
- ¹⁸ Mathilda Silva, miljösamordnare Chalmersfastigheter AB
- ¹⁹ Chalmersfastigheters miljöpolicy, <http://www.chalmersfastigheter.se/miljo>

Bildförteckning

Figur 1. Inledande flödesschema.

Figur 2. Ritning över lägenhetstyp 1.

Figur 3. Ritning av fasad mot nordost i linje K.

Figur 4. Ritning av de båda elementen 5303 och 5314.

Diagram 1. Princip för LCC

Diagram 2. Prefabricerat kontra platsbyggt, värdena för prefabricerat är satta till 100 %

Bild 1. En arkitektstudie av CHABO sett från väster.

Karta 1. CHABOs placering på Campus Johanneberg, Kemivägen 7.

Tabell 1. Koldioxidutsläpp

Tabell 2. Svaveldioxidutsläpp

Tabell 3. NO_x -utsläpp

Tabell 4. Stoftutsläpp

Tabell 5. Elkonsumtion

Tabell 6. Användningen av fossila bränslen

Tabell 7. Indatatabell för tolkningsnyckel

Tabell 8. Indata för beräkning av miljöskadekostnad för prefabricerat alternativ

Tabell 9. Indata för beräkning av miljöskadekostnad för platsbyggt alternativ

Referenser tryckta och digitala

Baumann, H. & Tillman, A-M. (2004) *The Hitch hiker's guide to LCA*, Studentlitteratur, Lund

Brink, Marcus (2006) Göteborg, inköpare NCC, intervju.

Chalmersfastigheters miljöpolicy, (2006) <http://www.chalmersfastigheter.se/miljo>

http://www.cpm.chalmers.se/publications_04.htm, Tolkningsnycklar för EPD SE

Frankl, P & Rubik, F (2000) *Life Cycle Assessment in Industry and Business: Adoption Patterns, Applications and Implications*, Springer, Berlin

Hilmersson, Per (2006) Göteborg, konstruktör Flygfältsbyrå, intervju.

Hitta.se (2006) <http://www.hitta.se>

ISO 14040:1997 (1997) *Miljöledning-Livscykelanalys-Principer och struktur*, International Standardisation Organisation

Silva, Mathilda (2006) Göteborg, miljösamordnare Chalmersfastigheter AB, samtal.

Skantze, Guy (2005) *Measuring Eco-efficiency by a LCC/LCA ratio, An Evaluation of the Applicability in Environmental Decision-making Situations. A case study at Akzo Nobel*, Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg

Steen, Bengt (2006) Göteborg, Professor vid institutionen Miljösystemanalys, intervju.

Ciroth, A, Hunkeler, D, Huppes G, Lichtenwort, K, Rebitzer, G, Rüdenauer, I & Steen, B (2005) *Environmental Life Cycle Costing*, SETAC

Sundstedt, Ida (2006) NCC Göteborg, arbetsledare och kvalitets- och miljöansvarig på byggarbetsplatsen, samtal.

Uppenberg, S & Lindfors, L-G, (1999) *Produktspecifika utgångspunkter för drivmedel*, IVL AB, Stockholm

Wingårdh Arkitektkontor (2006), Bild från chalmersfastigheter.se

Bilaga I Typlägenhet

Prefab

Hela fasaden, prefabelement (5303+5314)/2
Hela innerväggen mot korridor
Halva innerväggarna mot sidolägenheterna
Hela installationsgolvet
Ett håldäck

Innehåll

Fasad

Prefabelement 5303 och 5314

Innerväggar mot korridor

Innerväggar mot sidolägenheter

Betong
Armering
Gips
Stålreglar 70 mm, 2,5 m, 34 st
Stålreglar 145 mm, 2,5 m, 2 st
Mineralull 45 och 70 mm (2,54m³)

Golv/Tak

Betong hålbjälklag HD/F 120/20
Armering
Installationsgolv, GRANAB
Tak/golvskena 70 mm
Tak/golvskena 145 mm

Platsbyggt

Hela fasaden (jfr. prefabelement (5303+5314)/2)
Hela innerväggen mot korridor
Halva innerväggarna mot sidolägenheterna
Hela installationsgolvet
Ett plattbärlag

Innehåll

Fasad

Fasadtegel
Fogmassa
Utegips/Minerit
Reglar
Glasull
Plastfolie
Gips

Innerväggar mot sidolägenheter / korridor

Betong, sidovägg
Armering, sidovägg
Gips
Stålsreglar 70 mm, 2,5 m, 47 st
Stålsreglar 145 mm, 2,5 m, 5 st
Mineralull, Glasull 45, 70 mm (2,0m³)
Armering, mot korridor
Betong, mot korridor

Golv/Tak

Betong, plattbärlag
Armering Plattbärlag
Betong, pågjutning
BJKL Stödarmering
BJKL Armering UK
Tak/golvskena 70 mm
Tak/golvskena 145 mm

Bilaga II. Datablad och inventeringsdata

Gipsskivor

Ingående material

13mm			9mm
Råvaror	Viktandel	Ursprung	
Gipssten	10-90	Spanien	
Tillsatser			
Stärkelse	0,3	Holland	
Skummedel	<0,1	Tyskland	
Dispersergeringsmedel	<0,1	Frankrike	
PVA-lim	<0,3	Sverige	
Glasfiber	<0,1	Italien	
Återvunna material			vax på 9mm (ute) skivan
Industrigips	0-30	Sverige	
Returgips	0-10	Sverige	
Kartong	3	85% sverige, 15% tyskland	
PRODUKTION			
Energislag			vax ej medräknat
Eldningsolja, propangas el	24 MJ/m2		18,67 MJ/m2
Emissioner till luft			
CO	1,3 kg/m2		1,01 kg/m2
NOX	1,4 g/m2		1,09 g/m2
SO2	1,1 g/m2		0,86 g/m2
Stoft	0,4 g/m2		0,31 g/m2
Emissioner till vatten			
Inga utsläpp			
Inverkan på mark			
Ingen deponering			
Densitet 13 mm	9 kg/m2		Densitet 9 mm 7 kg/m2

Glasull

Ingående material

Råvaror

Viktandel

Glas

Sand, borax, soda, dolomit, fältspat	196 g/kg
Mangandioxid	7 g/kg
Natriumnitrat	4 g/kg

Bindemedel

Fenolformaldehydharts	54 g/kg
Urea	21 g/kg

Tillsatser

Mineralolja	7 g/kg
-------------	--------

Återvunna material

Hushållsglas	715 g/kg
Bilglas	57 g/kg
Externt glasullsspill	2 g/kg

Ursprung

Sverige	85 %
Övriga Europa	15 %

PRODUKTION

Energislag

El	3 kWh/kg	10,8 MJ/kg
Naturgas	3 kWh/kg	10,8 MJ/kg

Emissioner till luft

CO	
CO2	700 g/kg
NOX	1 g/kg
SO2	
NH4	3 g/kg
Stoft	2 g/kg

Emissioner till vatten

Inga utsläpp

Inverkan på mark

Ingen deponering

Denistet	23-26 kg/m3
----------	-------------

Armeringsjärn

Ingående material

Råvaror

Viktandel

Stålskrot från inhemska och utländska leverantörer

Bindemedelsråvaror

Tillsatser

Kalkprodukter	43 kg/ton
Ferrolegeringar	12 kg/ton
Processkol	7 kg/ton

Ursprung

Sverige	%
Överiga Europa	%

PRODUKTION (Mo i Rana)

Energislag

El	645 kWh/ton	2322 MJ/ton
Eldningsolja	107 kWh/ton	385,2 MJ/ton
Gas	73 kWh/ton	262,8 MJ/ton
Hydrogen 101	101 kWh/ton	363,3 MJ/ton

Emissioner till luft

CO	
CO2	90 kg/ton
NOX	
SO2	0,01 kg/ton
NH4	
Stoft	0,03 kg/ton

Emissioner till vatten

Inga

Betong PREFAB

K40

Ingående material

Råvaror	Viktandel
Cement	134 kg/ton
Ballast	820 kg/ton
Tillsatser	2 kg/ton
Vatten	44 kg/ton
	1000

Ursprung

Cement	Cementa se separat blad
Ballast	Från Kross till fabrik max 25 km
Vatten	Från Kran

PRODUKTION

Energislag			Viktade medelvärden inkl utvinning och transport
<i>cement</i>			
Fossila bränslen	371,85	MJ/ton	
El	62,98	MJ/ton	
Alternativa bränslen	131,99	MJ/ton	Konverterad olja, finfördelade bildäck, plast och gummi.
<i>Ballast</i>			
Fossila bränslen	38,34	MJ/ton	Transport med lastbil 25 km 20,50 tkm
<i>Fabrik</i>			
El	17	MJ/ton	Vattenkraft och kärnkraft, inga utsläpp

Utsläpp är viktade medelvärden, inkl bränsle- och råmaterialutvinning och transport, samt transport till depå

Emissioner till luft	
CO2	95,92 kg/ton
NOX	0,19 kg/ton
SO2	0,05 kg/ton
NH4	
Stoft	0,1 kg/ton
Densitet	2366 kg/m ³

Betong PLATS

K40

Ingående material

Råvaror	Viktandel
Cement	149 kg/ton
Ballast	786 kg/ton
Tillsatser	0 kg/ton
Vatten	80 kg/ton
	1015

Ursprung

Cement	Cementa se separat blad
Ballast	Från Ageredskrossen till FB, 19 km
Vatten	Från Kran

PRODUKTION

Energislag	Viktade medelvärden inkl utvinning och transport		
<i>cement</i>			
Fossila bränslen	413,475	MJ/ton	
El	70,03	MJ/ton	
Alternativa bränslen	146,765	MJ/ton	Konverterad olja, finfördelade bildäck, plast och gummi.
<i>Ballast</i>			
Fossila bränslen	27,93	MJ/ton	Transport med lastbil 19 km <i>14,93 tkm</i>
<i>Plats</i>			
El	14,7	MJ/ton	Vattenkraft och kärnkraft, inga utsläpp, försumbar, därför inte medtagen
Olja	16,9	MJ/ton	Häfte, SEPA 1995 (sid 3)
Utsläpp är viktade medelvärden, inkl bränsle- och råmaterialutvinning och transport,			
Emissioner till luft			
CO2	105,66	kg/ton	
NOX	0,21	kg/ton	
SO2	0,05	kg/ton	
NH4			
Stoft	0,1	kg/ton	
Densitet	2366	kg/m ³	

Spånskiva

Ingående material

Råvaror	Vikt		Vikt		Vikt
Sågspån, kutterspån	798	g/kg skiva	12608,72	g/skiva	13617,4167 g/m2
returspån (intern loop)	23	g/kg skiva	363,4092	g/skiva	392,481936 g/m2
UF-lim, urea-formaldehyd	101	g/kg skiva	1595,84	g/skiva	1723,50763 g/m2
Ammoniumsulfat, härdare	1	g/kg skiva	15,8004	g/skiva	17,064432 g/m2
Ammoniak	<1	g/kg skiva	<15,8	g/skiva	<17,06 g/m2
Urea, formaldehydfångare	7	g/kg skiva	110,6028	g/skiva	119,451024 g/m2
Vax	5	g/kg skiva	79,002	g/skiva	85,32216 g/m2
Vatten	66	g/kg skiva	1042,826	g/skiva	1126,25251 g/m2

PRODUKTION

Energislag

Olja	1,4	MJ/kg skiva	22,12056	MJ/skiva	23,890	MJ/m2
Diesel	0,9	MJ/kg skiva	14,22036	MJ/skiva	15,358	MJ/m2
Biobränsle	3,9	MJ/kg skiva	61,62156	MJ/skiva	66,551	MJ/m2
Köpt el, svensk	0,2	MJ/kg skiva	3,16008	MJ/skiva	3,413	MJ/m2
Primär-el	1,2	MJ/kg skiva	18,96048	MJ/skiva	20,477	MJ/m2
Kol	0,4	MJ/kg skiva	6,32016	MJ/skiva	6,826	MJ/m2
Naturgas	2,2	MJ/kg skiva	34,76088	MJ/skiva	37,542	MJ/m2

Summa	10,2	MJ/kg skiva	161,1641	MJ/skiva	174,057	MJ/m2
--------------	-------------	--------------------	-----------------	-----------------	----------------	--------------

Emissioner till luft

CO	6,8	g/kg skiva	107,4427	g/skiva	116,038138	g/m2
CO2	265	g/kg skiva	4187,106	g/skiva	4522,07448	g/m2
CH	2,3	g/kg skiva	36,34092	g/skiva	39,2481936	g/m2
NOX	6,1	g/kg skiva	96,38244	g/skiva	104,093035	g/m2
SO2	0,2	g/kg skiva	3,16008	g/skiva	3,4128864	g/m2
Stoft	1,6	g/kg skiva	25,28064	g/skiva	27,3030912	g/m2
Formaldehyd	0,05	g/kg skiva	0,79002	g/skiva	0,8532216	g/m2
Ättiksyra	0,03	g/kg skiva	0,474012	g/skiva	0,51193296	g/m2
Myrsyra	0,02	g/kg skiva	0,316008	g/skiva	0,34128864	g/m2

Emissioner till vatten

Suspenderade föroreningar	0,01	g/kg skiva	0,158004	g/skiva	0,17064432	g/m2
BOD	0,01	g/kg skiva	0,158004	g/skiva	0,17064432	g/m2
COD	0,02	g/kg skiva	0,316008	g/skiva	0,34128864	g/m2
Lösta föroreningar	0,002	g/kg skiva	0,031601	g/skiva	0,03412886	g/m2

Emissioner till mark

Olja	0,01	g/kg skiva	0,158004	g/skiva	0,17064432	g/m2
Gruv och minarlavfall	7,4	g/kg skiva	116,923	g/skiva	126,276797	g/m2
Aska	1,8	g/kg skiva	28,44072	g/skiva	30,7159776	g/m2
Industriavfall	0,3	g/kg skiva	4,74012	g/skiva	5,1193296	g/m2
Härdat lim	0,02	g/kg skiva	0,316008	g/skiva	0,34128864	g/m2
Farligt avfall	0,05	g/kg skiva	0,79002	g/skiva	0,8532216	g/m2
Spillbark	1,6	g/kg skiva	25,28064	g/skiva	27,3030912	g/m2

Tunnplåt

Järnråvara till stål

källa SSAB

Råvaror

Järnråvara	1600 kg/ton
legering och slaggbildare	135 kg/ton
Kol	700 kg/ton
Energi (olja, el och gasol)	2556 MJ/ton

Till ett ton Domex
SE380

Järnråvara	1632 kg/ton
legering och slaggbildare	137,7 kg/ton
Kol	714 kg/ton
Energi (olja, el och gasol)	2607,12 MJ/ton

Emissioner till luft

CO2	916 kg/ton
NOX	0,42 kg/ton
SO2	0,46 kg/ton
Stoft	0,24 kg/ton

CO2	934 kg/ton
NOX	0,43 kg/ton
SO2	0,47 kg/ton
Stoft	0,24 kg/ton

Stål till varmvalsad stålplåt (Domex SE 380)

Processråvara

Stålämne	1020 kg/ton
Olja	774 MJ/ton
Gasol	630 MJ/ton
El	288 MJ/ton

Till ett ton Docol
SE425

Stålämne	1024 kg/ton
Olja	777 MJ/ton
Gasol	633 MJ/ton
El	289 MJ/ton

Emissioner till luft

CO2	100 kg/ton
NOX	0,17 kg/ton
SO2	0,13 kg/ton
Stoft	0,01 kg/ton

Emissioner till luft

CO2	100,40 kg/ton
NOX	0,17 kg/ton
SO2	0,13 kg/ton
Stoft	0,01 kg/ton

Stålplåt till kallvalsad oglödgad tunnplåt (Docol SE 425)

Processråvara

Stålplåt	1004,00 kg/ton
Valsolja	0,50 kg/ton
El	216,00 MJ/ton

Till ett ton Dogal
SE520

Stålplåt	1004,00 kg/ton
Valsolja	0,50 kg/ton
El	216,00 MJ/ton

Emissioner till luft

inga

Emissioner till luft

inga

Kallvalsad oglödgad tunnplåt till zinkbelagd tunnplåt Dogal SE 520

Processråvara

Kallvalsad oglödgad stålplåt	970,00 kg/ton
---------------------------------	---------------

Till ett ton kallvalsad
plåt

CO2	1034,72 kg/ton
-----	----------------

Alkaliska tvättmedel	0,10 kg/ton	NOX	0,60 kg/ton
Metallbeläggning	59,50 kg/ton	SO2	0,60 kg/ton
Gasol	252,00 MJ/ton	Stoft	0,25 kg/ton
El	540,00 MJ/ton		

Emissioner till luft

CO2	15 kg/ton
NOX	0,02 kg/ton
SO2	0,00 kg/ton
Stoft	0,00 kg/ton

Kallvalsad oglödgd tunnplåt till zinkbelagd tunnplåt Dogal SE 520

Energiåtgång [MJ] alt [MJ/lpm]

		Regel 70 mm	Regel 145 mm	Skena 70 mm	Skena 145 mm		Granab golvregel
El	per ton	1045,15	0,68	1,01	0,56	0,90	1,93
Olja		777,10	0,51	0,75	0,42	0,67	1,44
Gasol		884,52	0,57	0,86	0,48	0,76	1,64
Ej spårbar energikälla		2607,12	1,69	2,53	1,41	2,24	4,82
Summa		5313,89	3,45	5,15	2,87	4,57	9,83

Emissioner till luft [kg/ton] alt [kg/lpm]

		Regel 70 mm	Regel 145 mm	Skena 70 mm	Skena 145 mm		Granab golvregel
CO2	per ton	1018,68	0,662141	0,988118	0,550086	0,87606342	1,884555
NOX		0,60	0,000390	0,000582	0,000324	0,000516115	0,001110
SO2		0,58	0,000379	0,000566	0,000315	0,000501961	0,001080
Stoft		0,25	0,000159	0,000238	0,000132	0,000210912	0,000454

densitet för stålplåt

7,8 kg/dm3

7800 kg/m3

reglar

70 mm	0,65 kg/m	not. Enligt sävsjöplåt produktdeklaration
145 mm	0,97 kg/m	not. Enligt sävsjöplåt produktdeklaration

skenor

70 mm	0,54 kg/m	not. Enligt sävsjöplåt produktdeklaration
145 mm	0,86 kg/m	not. Enligt sävsjöplåt produktdeklaration

granab

1,85 kg/m	not. Enligt granab
-----------	--------------------

Tegel

Ingående material

Råvaror	Viktandel
Lera	90-100 %
Sand	0-10 %
Kalkstensmjöl	0-10 %

Bindemedelsråvaror

Tillsatser

Ursprung

Sverige	100 %
Överiga	
Europa	0 %

Energislag (vid brytning)

Bränsle	38 MJ/1000 st	
	1,52 MJ/ton	(tegelvikt 2,5 kg)

PRODUKTION

Energislag

Gasol, el,		
	MJ/1000	
olja	5665 st	
	2266 MJ/ton	(tegelvikt 2,5 kg)

Emissioner till luft

CO2
NOX
SO2
Stoft

Murbruk

Ingående material			Enhet m2
Råvaror			
	Viktandel		
Sand	85 %		59,5 kg
Cement	10 %		7 kg
Släkt kalk	5 %		3,5 kg
Energislag			
Fossila bränslen	19,425 MJ/m2		Viktade medelvärden inkl utvinning och transport
El	3,29 MJ/m2		
Alternativa bränslen	6,895 MJ/m2		Konverterad olja, finfördelade bildäck, plast och gummi.
Emissioner till luft			
CO2	4,865 kg/m2		Utsläpp är viktade medelvärden, inkl bränsle- och råmaterialutvinning och transport, samt transport till depå
NOX	0,00966 kg/m2		
SO2	0,00238 kg/m2		
Stoft	0,0007 kg/m2		

Trä

Ingående material

Råvaror

Trä			
densitet	460	kg/m3	3,519 kg/lpm
tvarea	0,00765	m2	
Imp	0,00765	m3	

PRODUKTION

Energislag

El	385	MJ/m3	2,94525 MJ/lpm
Olja	3,4	MJ/m3	0,02601 MJ/lpm
Biobränsle	1150	MJ/m3	8,7975 MJ/lpm

Emissioner till luft

CO2	18,83	kg/m3	0,14405 kg/lpm
NOX	460	g/m3	3,519 g/lpm
SO2	70	g/m3	0,5355 g/lpm
Stoft	165	g/m3	1,26225 g/lpm

Bilaga III. LCA

Sammanställning

Prefab

	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoft [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Fasad	534,43	850,64	1820,67	429,67	2734,43	3523,98
Vertikal, övrigt	707,24	551,27	1451,58	570,45	1931,12	5809,82
Horisontal	997,34	551,07	4072,43	1391,46	1836,76	5796,56
Summa	2239,01	1952,98	7344,68	2391,58	6502,30	15130,36
i jämförelse med platsbyggt	73%	65%	96%	97%	77%	80%

Platsbyggt

	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoft [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Fasad	250,75	259,96	463,53	101,16	395,07	2151,32
Vertikal, övrigt	887,74	715,20	1899,85	712,32	2184,04	6247,35
Horisontal	1934,75	2020,23	5259,99	1654,69	5877,98	10530,80
Summa	3073,23	2995,39	7623,37	2468,17	8457,09	18929,48
i jämförelse med prefab	137%	153%	104%	103%	130%	125%

Fasad

Prefab

	material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Prefabelement (5303+5314)/2							
Betong K40	1,685 m ³	382,41	199,34	757,47	398,67	318,86	1635,31
Armering	1026,65 kg	92,40	10,27		30,80	2383,88	1038,25
<i>transport</i>	<i>1700 km</i>	<i>38,40</i>	<i>628,31</i>	<i>942,46</i>			<i>521,85</i>
<i>transport</i>	<i>85,1 km</i>	<i>4,19</i>	<i>0,87</i>	<i>26,21</i>			<i>56,61</i>
Cellplast	1,165 m ³	1,94	8,71	0,20	0,20	31,69	67,34
<i>transport</i>	<i>129,3 km</i>	<i>0,12</i>	<i>0,03</i>	<i>0,77</i>			<i>2,56</i>
<i>transport av färdig modul, enkel väg</i>	<i>62,2 km</i>	<i>14,97</i>	<i>3,12</i>	<i>93,55</i>			<i>202,07</i>
<i>2366 * 1,685 + 1026,65 kg</i>	<i>5013,4 kg</i>						
Summa		534,43	850,64	1820,67	429,67	2734,43	3523,98

Varav transport

Σ 57,68 632,33 1062,99 0,00

Fasad

Platsbyggt

	material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Fasadtegel	7,04 m ²	160,19	212,25	158,80			1317,35
transport	414,00 km	11,54	2,41	72,16			155,86
Murbruk (cement 10%)	49,29 kg	34,26	16,76	68,03	4,93	2,32	13,68
transport 49,29 kg cement (10%)	5,00 km	0,03	0,01	0,22			0,46
transport 418,88 kg sand (85%)	19,00 km	1,08	0,27	7,16			3,92
Utegips, 9 mm	7,04 m ²	7,11	6,06	7,68	2,18		131,47
transport	280 km	0,66	0,14	4,14			8,94
Träreglar, 45x170 c 600	25,8 m	3,72	13,82	90,79	32,57	75,99	0,67
transport	300 km	1,31	0,27	8,17			17,65
Mineralull, Glasull 170 mm	29,33 kg	20,53		29,33	58,66	316,76	316,76
transport	213 km	0,30	0,06	1,87			4,05
Gips, 13 mm	7,04 m ²	9,15	7,75	9,86	2,82		169,01
transport	280 km	0,85	0,18	5,32			11,50
Summa	Σ	250,75	259,96	463,53	101,16	395,07	2151,32

Vertikal, övrigt

Prefab

		material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Övrig vertikal vägg								
Betong K40		1,6 m ³	399,99	193,70	783,48	378,56	320,75	1734,96
	<i>transport</i>	4,8 km	2,47	0,62	16,35			34,02
Armering		322,42 kg	29,02	3,22		9,67	748,67	326,07
	<i>transport</i>	1700 km	12,06	197,32	295,98			163,89
	<i>transport</i>	137,4 km	2,13	0,44	13,29			28,71
Gips		103,17 m ²	134,12	113,49	144,44	41,27		2476,08
	<i>transport</i>	280 km	12,48	2,60	78,00			168,47
Stålsreglar 70 mm, 2,5 m, 34 st		85 m	56,28	32,22	33,15	13,52	155,48	137,77
Stålsreglar 145 mm, 2,5 m, 5 st		12,5 m	12,35	7,08	7,28	2,98	34,13	30,25
	<i>transport</i>	441,9 km	1,43	0,30	8,93			19,29
	<i>transport</i>	221 km	0,71	0,15	4,47			9,65
Mineralull 45 och 70 mm (2,54m ³)		62,23 kg	43,56		62,23	124,46	672,08	672,08
	<i>transport</i>	213 km	0,64	0,13	3,98			8,59
Summa			707,24	551,27	1451,58	570,45	1931,12	5809,82

Varav transport

Σ 31,92 201,56 421,00 0,00

Vertikal, övrigt

Platsbyggt

	material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Betong K40, sidovägg	1,75 m ³	437,49	211,86	856,93	414,05	350,82	1897,61
transport	4,8 km	2,70	0,68	17,89			37,20
Armering, sidovägg	352,65 kg	31,74	3,53		10,58	818,85	356,63
transport	1700 km	13,19	215,82	323,73			179,25
transport	137,4 km	2,33	0,48	14,54			31,40
Gips	82,80 m ²	107,64	91,08	115,92	33,12		1987,15
transport	280 km	10,02	2,09	62,60			168,47
Stålreglar 70 mm, 2,5 m, 47 st	117,5 m	77,80	44,53	45,83	18,68	91,82	190,44
Stålreglar 145 mm, 2,5 m, 5 st	12,5 m	12,35	7,08	7,28	2,98	21,72	30,25
transport	441,9 km	1,88	0,39	11,73			25,34
transport	221 km	0,94	0,20	5,87			12,67
Mineralull, Glasull 45, 70 mm (2,0m ³)	49 kg	34,30		49,00	98,00	529,20	529,20
transport	213 km	0,50	0,10	3,13			6,76
Armering, mot korridor	112,04 kg	10,08	1,12		3,36	260,16	113,31
transport	1700 km	4,19	68,57	102,85			56,95
transport	137,4 km	0,74	0,15	4,62			9,98
Betong K40, mot korridor	0,56 m ³	139,00	67,31	272,26	131,55	111,46	602,90
transport	4,8 km	0,86	0,21	5,68			11,82
Summa		887,74	715,20	1899,85	712,32	2184,04	6247,35

Varav transport

Σ 37,34 288,70 552,64

Horisontal

Prefab

	material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Betong hålbjälklag HD/F 120/20, 26,4m ²	3,02 m ³	685,38	357,27	1357,61	714,53	571,48	2930,94
Armering hålbjälklag	107,18 kg	9,65	1,07		3,22	248,88	108,40
transport	300 km	0,71	11,58	17,36			9,61
transport av färdig modul, enkel väg	62,2 km	21,33	4,44	133,33			288,00
(3,02 x 2366) + 107,184 kg =	7145,4 kg						
Installationsgolv, GRANAB, spånskiva	23,2 m ²	104,91	79,18	2414,96	633,43	554,25	1939,89
transport	270 km	4,40	0,92	27,49			59,38
Installationsgolv, GRANAB, skenor	79,1 m	149,07	85,43	87,80	35,91	411,92	365,63
transport	376,1 km	2,64	0,55	16,51			35,66
transport	70,6 km	0,50	0,10	3,10			6,69
Tak/golvskena 70 mm	30,2 m	16,61	9,51	9,78	3,99	45,87	40,81
Tak/golvskena 145 mm	1,8 m	1,58	0,90	0,93	0,38	4,36	3,86
transport	441,9 km	0,38	0,08	2,37			5,11
transport	221 km	0,19	0,04	1,18			2,56
Summa		997,34	551,07	4072,43	1391,46	1836,76	5796,56

Varav transport

Σ 30,15 17,71 201,35 0,00

Horisontal

Platsbyggt

	material- mängd	CO ₂ [kg]	SO ₂ [g]	NO _x [g]	stoff [g]	el [MJ]	fossil [MJ]
Betong, Plattbärlag	2,06 m ³	467,51	243,70	926,05	487,40	389,82	1999,25
Armering, Plattbärlag	245 kg	22,05	2,45		7,35	568,89	247,77
transport	1700 km	9,16	149,94	224,91			124,53
transport	85,1 km	1,00	0,21	6,25			13,51
transport av färdig modul, enkel väg	62,2 km	15,28	3,18	95,52			206,32
Betong, Pågjutning	4,67 m ³	1167,46	552,46	2320,34	1104,92	936,20	5063,91
transport	4,8 km	7,21	1,80	47,73			99,28
BJKL, Stödarmering	147 kg	13,23	1,47		4,41	341,33	148,66
transport	1700 km	5,50	89,96	134,95			74,72
transport	137,4 km	0,97	0,20	6,06			13,09
BJKL, Armering UK	1547,61 kg	139,28	15,48		46,43	3593,55	1565,10
transport	1700 km	57,88	947,14	1420,71			786,65
transport	137,4 km	10,21	2,13	63,79			137,79
Tak/golvskena 70 mm	28,92 m	15,91	9,11	9,37	3,82	43,92	39,08
Tak/golvskena 145 mm	1,76 m	1,54	0,88	0,91	0,37	4,26	3,78
transport	441,9 km	0,36	0,08	2,27			4,91
transport	221 km	0,18	0,04	1,14			2,45
	Summa	1934,75	2020,23	5259,99	1654,69	5877,98	10530,80

Varav transport

Σ 107,76 1194,68 2003,33 0,00