



Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken



Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken

Eva-Lotta Kurkinen RISE
Nadia Al-Ayish RISE/CBI
Karolina Brick Riksbyggen
Anders Rönneblad Cementsa
Birgit Brunklaus RISE
Otto During RISE/CBI
Oskar Larsson Ivanov LTH





Förord

E2B2 Forskning och innovation för energieffektivt byggande och boende är ett program där akademi och näringsliv samverkar för att utveckla ny kunskap, teknik, produkter och tjänster.

I Sverige står bebyggelsen för cirka 35 procent av energianvändningen och det är en samhällsutmaning att åstadkomma verklig energieffektivisering så att vi ska kunna nå våra nationella mål inom klimat och miljö. I E2B2 bidrar vi till energieffektivisering inom byggande och boende på flera sätt. Vi säkerställer långsiktig kompetensförsörjning i form av kunniga människor. Vi bygger ny kunskap i form av nyskapande forskningsprojekt. Vi utvecklar teknik, produkter och tjänster och vi visar att de fungerar i verkligheten.

I programmet samverkar över 200 byggentreprenörer, fastighetsbolag, materialleverantörer, installationsleverantörer, energiföretag, teknikkonsulter, arkitekter etcetera med akademi, institut och andra experter. Tillsammans skapar vi nytta av den kunskap som tas fram i programmet.

Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken är ett av projekten som har genomförts i programmet med hjälp av statligt stöd från Energimyndigheten. Det har letts av *RISE Research Institutes of Sweden* och har genomförts i samverkan med *Riksbyggen, LTU och Cementa*.

Projektet handlar om att följa upp miljökrav som har ställts vid upphandlingen av betongstommen för flerbostadshusen Viva i Göteborg samt ta fram riktlinjer över hur LCA-krav kan ställas och utvärderas för framtida behov. En liten del av projektet handlar också om hur framtida klimat kan komma att förändra komfort och värmebehov i lägenheterna samt hur nya beräkningsstandarder påverkar energiprojekteringen.

Stockholm, 15 februari 2018

Anne Grete Hestnes,

Ordförande i E2B2

Professor vid Tekniskt-Naturvetenskapliga Universitet i Trondheim, Norge

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att E2B2 har tagit ställning till innehållet.



Sammanfattning

Arbetet omfattar uppföljning av ställda kriterier för låg klimatpåverkan från betong vid upphandling av betongstomme för brf. Viva i Göteborg. Kriterierna följdes upp dels genom att LCA studien som genomförts under programskedet uppdaterades med data för den färdigupphandlade byggnaden och dels genom att interjuva ett urval av aktörer för att få en inblick över hur branschen ser på de ställda kraven. Arbetet innehåller även en avslutande del angående känsligheten i beräkningarna samt osäkerheter och hur de kan behandlas.

Byggnaderna som är tänkta att stå i 100 år kommer utsättas för klimatförändringar. Därför genomfördes parallellt med LCA studien också energisimuleringar för att se hur den termiska komforten och uppvärmningsbehovet förändras över tiden.

Resultaten av LCA-uppföljningen och de ställda kriterierna visar att kraven uppfylldes för både den prefabricerade betongen och den platsgjutna betongen. Att jämföra den totala klimatpåverkan mellan programskedet och upphandlad byggnad visar sig inte vara möjligt då konstruktionen har förändrats alltför mycket, bland annat har den uppvärmda ytan ökat med ca 50% samtidigt som mer material har använts för de prefabricerade väggarna och bjälklagen. En känslighetsanalys har istället genomförts som visar att den upphandlade konstruktionen har 30% lägre klimatpåverkan per BOA jämfört mot om den byggts med traditionell betong. Hade de ursprungliga konstruktionsdetaljerna från programskedet använts för väggar och bjälklag hade klimatpåverkan istället varit ca 40% lägre.

Vid framtida kravställning bör man därför ta hänsyn även till konstruktionerna, betongkvaliteterna och dess materialmängder och inte bara ställa krav på betongrecepten som i det här fallet.

Klimatsimuleringarna visar att det troligen finns ett stort mörkertal med lågenergilägenheter som har förhöjd temperatur inomhus sommartid redan vid dagens klimat.

Nyckelord: LCA, klimatpåverkan, betong, kriterier, upphandling, brf Viva



Summary

This work includes monitoring of set criteria for low climate impact from concrete in procurement of concrete structures for brf. Viva in Gothenburg. The criteria were followed up by updating the LCA study performed during the program phase with new data for the completed building, plus a selection of the project stakeholders were also interviewed to gain an insight into how the industry received the set criteria. The work also includes a final section regarding the sensitivity of the calculations as well as the uncertainties/error margins and how they can be treated.

Buildings that are supposed to last for 100 years will be exposed to climate change, and consequently, parallel to the LCA follow-up, energy simulations were made to see how thermal comfort and heating needs change over time.

The results of the LCA follow-up and the set criteria indicate that the requirements were fulfilled for both the prefabricated concrete and the site-cast concrete. Comparing the overall climate impact between the program phase and the procured building was shown not to be possible since the construction has changed too much, for example, the heated surface area has increased by about 50%, while more materials have been used in walls and floor joints, amongst other things. A sensitivity analysis has instead been carried out showing that the contracted construction has 30% lower climate impact per BOA compared to if it was built with traditional concrete. Had the original construction details from the program stage been used for walls and floor joints, the climate impact would have been about 40% lower instead.

Therefore, in future requirements, consideration should also be given to the structures and the amount of materials used, and not just to the concrete recipe as is in this case.

The climate simulations show that there is probably a large number of unrecorded cases of low energy apartments that have elevated indoor temperatures in summer even in today's climate.

Key words: LCA, Climate Impact, Concrete, Criteria, Procurement, Brf Viva



INNEHÅLL

1	INLEDNING OCH BAKGRUND	7
1.1	UPPHANDLINGSKRAVEN	8
1.2	BERÄKNAD KLIMATPÅVERKAN FRÅN PROGRAMSKEDET	8
2	GENOMFÖRANDE	10
2.1	UPPFÖLJANDE LCA-STUDIE	10
2.2	KRAVFORMULERING	10
2.3	KLIMATSIMULERING	11
2.4	ENERGIBERÄKNINGSSTANDARD	11
3	RESULTAT	12
3.1	KLIMATPÅVERKAN OCH KRAVFORMULERING	12
3.1.1	REKOMMENDATIONER FÖR MINIMAL KLIMATPÅVERKAN FRÅN BETONG	16
3.1.2	BRANSCHENS SYN PÅ KRAVFORMULERINGEN	17
3.2	ENERGIBEHOV OCH TERMISK KOMFORT I ETT FRAMTIDA KLIMAT	17
3.3	NY ENERGIBERÄKNINGSSTANDARD	20
4	DISKUSSION	22
4.1	KONSTRUKTIONENS OSÄKERHETER GER VARIATION INOM LCA	22
4.2	KRITERIER VID UPPHANDLING	23
4.3	SIMULERINGAR FÖR FRAMTIDA KLIMAT OCH ENERGIBERÄKNINGSSTANDARD	24
4.4	FORTSATT ARBETE	24
5	PUBLIKATIONSLISTA	25
6	REFERENSER	26



1 Inledning och bakgrund

Den här studien är en fortsättning av projektet *Energi och klimateffektiva byggsystem (Dnr 2013-003211)* [1] där klimatpåverkan från olika stommaterial studerades för Riksbyggens projekt brf. Viva i Göteborg. Det projektet visade att det är möjligt att sänka betongens klimatpåverkan i form av CO₂-ekvivalenter om man gör strategiska val under byggnadens programskede i form av konstruktiv utformning, armering och betongssammansättningar. Projektet resulterade i att Riksbyggen ställde miljökrav på Vivas betong vid upphandlingen.

Det här projektet handlar om att säkerställa att kraven vid upphandlingen fullföljs under själva produktionen samt ge rekommendationer för hur framtida krav kan formuleras så att minsta möjliga klimatpåverkan erhålls vid betongbyggnationer. Arbetet har bland annat genomförts med hjälp av LCA studier där fokus har legat på de delar som behandlar produktionsskedet. En av frågorna som besvaras är: Hur skiljer sig LCA-resultaten från programskedet till färdigupphandlat hus?

För samhällsnyttan är det viktigt att veta hur stor potentialen för minskade CO₂-utsläpp är och om detta är något som är möjligt att skala upp till fler projekt. Att genomföra LCA vid ett tidigt skede ger byggherren möjlighet att ändra konstruktion och materialval så att klimatpåverkan minskas, men hur relevanta är egentligen resultaten? Genom att studera hur brf. Vivas LCA-resultat från programskedet till färdigupphandlat hus skiljer sig åt får vi en indikation på hur tillförlitliga de tidiga resultaten är.

Att ställa krav under en upphandling för att få så låg klimatpåverkan som möjligt är svårt. Kraven ska innebära att den önskade miljövinsten uppnås samtidigt som marknaden klarar av att leverera till rimliga kostnader. Det optimala är om kravformuleringen istället för att skrämja bort anbudsgivare triggat dem till att förbättra sina produkter.

För projektet brf. Viva ställdes kraven enbart på betongrecepten, ett för prefab och ett för platsgjuten. Frågan är om det här var rätt väg att gå? Kravformuleringen har utvärderats med hjälp av LCA resultaten men också genom intervjuer av de inblandade aktörerna så som anbudsgivarna, de upphandlade företagen, arbetsledare och några som valt att inte lämna anbud.

När man pratar om att minska klimatpåverkan är det viktigt att se till hela byggnadens livscykel och då står brukstiden för en stor del, speciellt om målet är att byggnaden ska vara användbar i 100 år. Vad det gäller kravformuleringen för betongsorterna har fokus legat på livslängden och produktionsskedet eftersom bruksdelen och rivningen antas vara i stort sett samma oavsett vilken betong som används. För att ändå belysa vikten av brukstiden och den långa livslängden har komfort och energisimuleringar genomförts för en del av byggnaden. Detta för att visa hur uppvärmningsbehovet kan komma att förändras fram till år 2100.

Projektet har genomförts av RISE, Riksbyggen, Cementa och LTH. Där RISE har ansvarat för LCA beräkningar, klimatsimuleringar och intervjuer medan Riksbyggen har bidragit med information om Viva och vägledning av beräkningarna samt utformning av kravförslag. Cementa har hjälpt till med intervjuer och sammanställning av kravformuleringarna samt kunskap över hur de nya betongrecepten fungerar. LTH har ansvarat för biten om risker och osäkerheter i LCA-studierna.



1.1 Upphandlingskraven

Kraven som följdes upp i det här arbetet kan sammanfattas på följande vis.

Kraven för den platsgjutna betongen:

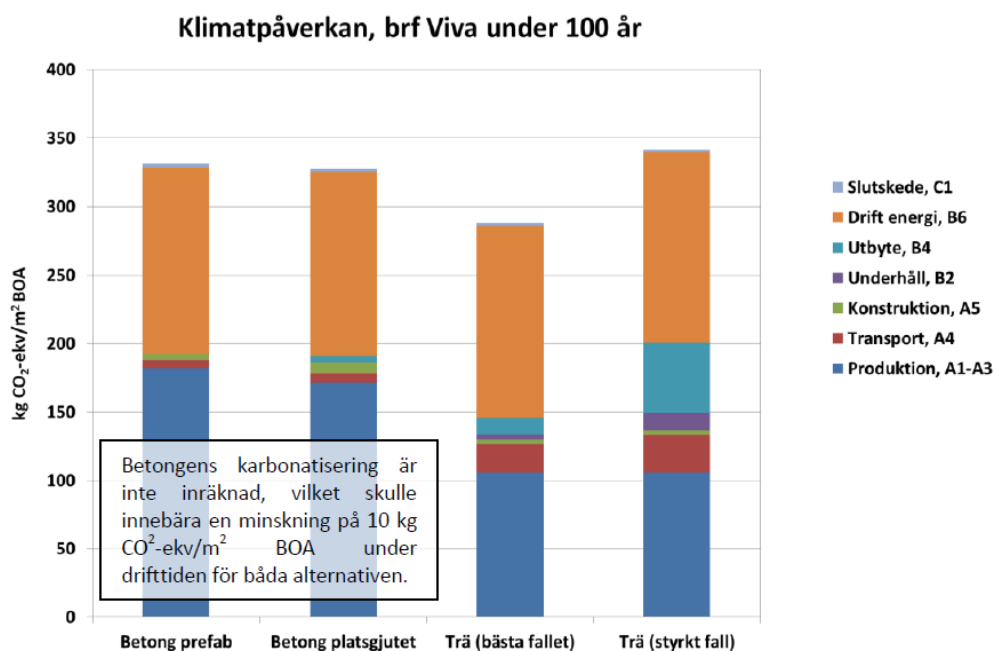
1. Bindemedlets klinkerandel får inte överstiga 70 vikt-%
2. Mängd bindemedel får inte överstiga 350 kg/m³ för utomhusexponerad betong och 300 kg/m³ för inomhusexponerad betong.
3. Återvunnet stål för armering med deklarerad låg miljöpåverkan

Kraven för den prefabricerade betongen:

1. Användning av flygaskecement i betongelement som byggs in.
2. Klinkerandelen i cementen ska inte överstiga 70 vikt-% (gäller ej håldäck).
3. För inbyggda håldäck får klinkerandelen inte överstiga 86 vikt-%
4. Mängd cement får inte överstiga 400 kg/m³ för utomhusexponerad betong och 350 kg/m³ för inomhusexponerad betong.
5. Viss andel återvunnet stål för armering med deklarerad låg miljöpåverkan

1.2 Beräknad klimatpåverkan från programskedet

Under programskedet av brf. Viva jämfördes klimatpåverkan för flera olika stommalternativ, se figur 1. Efter att aktivt jobbat med att få ned klimatpåverkan från de olika betongalternativen blev skillnaden mellan de olika materialen inte så stor och valet föll på den prefabricerade betongen. Det är den vänstra stapeln (betong prefab) i figur 1 som har följts upp i det här projektet. Notera att prefabalternativet innehåller platsgjuten betong i framförallt grunden, pelarna, källarväggarna och plattan.



Figur 1 Beräknad klimatpåverkan för brf. Viva under programskedet med data från 2014–2015 [1]. Trä (bästa fallet) avser ett utbyte och underhåll som baseras på branschkunskap. Trä (styrkt fall) avser ett utbyte och underhåll som baseras på vetenskapliga artiklar.



2 Genomförande

Arbetet har bedrivits i olika delmoment där uppföljande LCA-studie har varit en, utvärdering av kravformulering har varit en annan, klimatsimuleringar en tredje och genomgång av nya energiberäkningsstandarderna en fjärde. Osäkerheter och risker är ett område som belyses främst för den uppföljande LCA-studien vilken också är den mest omfattande delen.

2.1 Uppföljande LCA-studie

Det primära målet för LCA-uppföljningen var att se om den låga klimatpåverkan från betongen som kravställdes vid upphandlingen och som var resultatet från programskedet [1] gick att uppnå. Detta ger i sin tur en indikation på om kravformuleringen var rätt ställd.

Följande delmoment har ingått:

1. Ta fram nya materialdata för beräkning av klimatpåverkan (CO_2 -equivalenter) för Prefab och Platsgjuten betong: Detta görs tillsammans med upphandlade leverantörer, Thomas Betong (platsgjuten) och Kynningsrud (prefab). Beräkna klimatpåverkan under produktionsskedet (modul A1-A3). Resultaten för betongens klimatpåverkan presenteras som klimatpåverkan per m^3 betong.
2. Ta fram nya mängder och ytor för det färdigprojekterade husen med hjälp av bland annat arkitekten (Malmström Edström AB) och konstruktören (Interal). Beräkna klimatpåverkan för olika byggdetaljer och prefabricerade element. Resultaten presenteras som klimatpåverkan per m^2 byggnadsdel.
3. Beräkna nya ytor så som bostadsarea (BOA), uppvärmda area (A_{temp}) och total area (BTA) med hjälp av bland annat Malmström Edström AB. Ytorna används tillsammans med tidigare framtagna data för att beräkna klimatpåverkan för användningsfasen (modul B6), slutfasen (modul C1) och hela livscykeln (modul A-C). Resultaten av klimatpåverkan presenteras som klimatpåverkan per m^2 BOA.
4. Resultaten från ovan nämnda beräkningar jämförs mot resultaten från den tidigare studien [1] som ägde rum under brf. Vivas programskede, i fortsättningen kallad Viva 1. Jämförelsen görs i olika steg från bindemedel och betongsammansättning, till konstruktionsritningar och totala mängder betong för hela huset. Skillnaderna analyseras och måluppfyllelsen av kravställningen utvärderas.
5. Skillnaderna mellan Viva 1 och det färdigprojekterade byggnaderna, i fortsättningen kallad Viva 2 analyserades ur ett osäkerhetsperspektiv och de största avvikelserna identifierades.

2.2 Kravformulering

För att ta reda på hur branschen mottog kravställningen vid anbudsförfrågan intervjuades anbudsgivarna, de upphandlade företagen, arbetsledare och några som valt att inte lämna anbud. Hela arbetet leddes av RISE/CBI som också gick igenom hur de kravställda betongsorterna fungerade praktiskt både vid tillverkning och ute på byggsplatsen.

Cementa som levererade cementen till både Thomas Betong och Kynningsrud arbetade aktivt med att samla in uppgifter om hur produkten fungerade.



Cementa, Riksbyggen och RISE/CBI har sedan tillsammans gått igenom resultaten från den uppföljande LCA:n och svaren från intervjuerna för att utvärdera hur kravställningen fungerade. Förslag på förbättringar sammanställs.

2.3 Klimatsimulering

Miljöutvärderingen av brf. Viva är baserad på att byggnaderna kommer stå i minst 100 år. Med tanke på den rådande klimatförändringen så är det högst troligt att byggnaderna kommer utsättas för helt andra yttre laster efter 100 år. För att få en uppfattning över hur den termiska komforten och energibehovet i lägenheterna eventuellt kommer förändras över tiden har simuleringar genomförts. Simuleringarna som ska ses som en pilotstudie är utförda i IDA ICE under följande förutsättningar:

1. En lägenhet i ett av höghusens mittendel är analyserad. Lägenheten är inte en av de som projekterats utan härrör från Vivas tidiga programskede 2014. Förändringar som gjorts diskuteras i rapporten, *Värmebehov och termisk komfort – Ett framtidsscenario*.
2. Klimatdatan som använts kommer från ett EU-projekt (REMO) och motsvarar ett scenario med RCP 4,5 (Representative Concentration Pathways +4.5 W/m²).
3. Antal gradtimmar med diskomfort (>27°C), värmebehov (börvärde 21°C), kylbehov (börvärde 25°C) samt antal vädringstimmar har simulerats för varje år fram till 2100.

2.4 Energiberäkningsstandard

Det är inte bara i Sverige som man jobbar med att minska klimatpåverkan från byggnader utan det pågår arbete runt om i hela Europa. Att minska energianvändningen under en byggnads drifttid är ett av fokusområdena. Därför har Kommissionen låtit ta fram en ny uppsättning med standarder som är tänkt att användas av medlemsländerna för att lättare kunna förutspå den förväntade energianvändningen. Den tidigare standarden för energiberäkning EN 13790:2008 [2] har nu ersatts av SS-EN ISO 52016-1 och -2:2017 (Byggnaders energiprestanda – Bygg- och byggnadselement – Energibehov för uppvärmning och kylning, innetemperaturer och sensibel och latent huvudbelastning – Del 1: Beräkningsmetoder, Del 2: Förklaring och motivering av ISO 52016-1) [3], [4].

I Sverige används standarderna på frivillig basis men för att få en uppfattning om den nya standardens innebörd för Svenskt byggande har den gått igenom och jämförts mot beräkningarna som utförts för brf. Viva.



3 Resultat

3.1 Klimatpåverkan och kravformulering

Kunskapen som växer fram runt klimatpåverkan från betong och upphandlingskriterier av betongstommen för brf. Viva visar att kravställningen på betongrecept, mängden bindemedel och klinker samt armeringsstålet uppfylldes. Detta gäller både för den prefabricerade och den platsgjutna betongen, medan klimatpåverkan för de enskilda konstruktionsdelarna och för den färdigupphandlade byggnaden ökar då både konstruktionen och utformning av byggnaderna ändrats och mer material har använts. Utformning av byggnaderna har inneburit ett extra våningsplan och större boyta, men även förutsättningen för grundläggningen har ändrats. Berget under huset har varit sämre än man trott och mer betong har därför gått åt för grundläggning. Skillnaderna är så stora att en relevant jämförelse mellan programskede och upphandlingsskede är svår att genomföra. Istället har specifika byggnadsdelar valts ut för jämförelse så som innerväggar, ytterväggar, bjälklag etc. Även här skiljer sig konstruktionerna åt vilket visar att man bör se över hur man kan ställa krav även på konstruktionsritningar, totala mängder av betong, kvalitet, håldäck, tjocklekar etc. Man behöver skapa ett större samarbete mellan alla aktörer i projektet och synnerlighet med arkitekten och konstruktören för att det ska vara möjligt att minska klimatpåverkan. I tabell 1 och 2 visas uppfyllandet av kravställningen gällande bindemedel och klinker. Tabell 1 gäller prefab och tabell 2 platsgjuten betong. Samtliga krav klaras när de sammanvägs.

Tabell 1 Resultaten för Prefab-betongen gällande bindemedel, klinkerandel och sammanvägt krav. Grönfärg visar uppfyllda krav, och röd färg visar inte uppfyllda krav.

Betong (olika prefabtyper)	vct	Bindemedel kg/m3	klinkerandel %	Sammanvägda krav
Prefab inomhus	0,47	350	68	OK
Prefab utomhus	0,42	400	69,6	OK
Prefab HD*	0,45	350	80	OK
Prefab HD* massiv	0,38	325	75	OK

*HD=håldäck

HD massiv överstiger 70 % klinkerandel och klarar därmed ej kravet på klinkerandel i bindemedel. Detta kompenseras dock genom att minska totala mängden klinker i betongen genom minskad cementpastavolym. Därmed klarar alla betongsammansättningarna upphandlingskravet på totalen.



Tabell 2 Resultaten för platsgjuten betong gällande bindemedel, klinkerandel och sammanvägda krav. Grön färg visar uppfyllda krav och röd färg visar inte uppfyllda krav.

Byggnadsdel	Krav bindemedel	Krav klinkerandel	Sammanvägda krav
Byggnadsdel (uteklimat)			
Kranfundament	OK	Nej	OK
Pelarfundament	OK	Nej	OK
Isolerad källarvägg	OK	Nej	OK
Oisolerad källarvägg under byggnad	OK	OK	OK
Isolerad platta på mark	OK	Nej	OK
Isolerad längsgående grundsula och källarvägg på berg	OK	Nej	OK
Oisolerad och oskyddad källarvägg samt grundsula, bjälklag och platta på mark	OK	OK	OK
Byggnadsdel (inneklimat)			
Väggar och pelare	OK	Nej	OK
Isolerad platta på mark	OK	OK	OK

På grund av betongreceptens sekretess visas inga värden utan endast OK eller nej.

Anledningen till att kravet på klinkerandel inte kunde uppfyllas för vissa konstruktionsdelar är att de betongkvaliteter och exponeringsklasser som föreskrivits av konstruktören inte tillåter större inblandningsmängder av slagg än de som har använts. Istället har den högre klinkerandelen kompenseras med lägre andel bindemedel vilket gjort att kravet uppfylls på totalen.

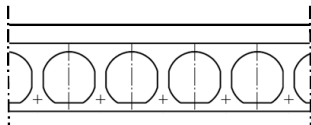
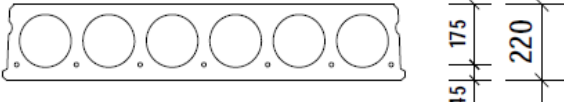
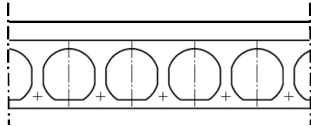
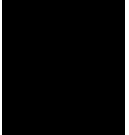
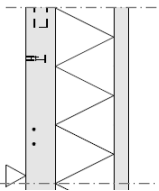
Kraven för betongrecept har uppfyllts, medan konstruktionsdelar och byggnadsutformning har ändrats samtidigt som boendeytan har ökat. Tabell 3 visar hur konstruktionsdetaljerna har ändrats. För ytterväggar har detta inneburit en ändring från 150 mm betong till 200 mm betong.

Att konstruktionsdetaljerna har ändrats har flera olika orsaker, bland annat har akustikkravet spelat roll för bjälklagen och det extra våningsplan som har tillkommit ökar kravet på bärrighet.

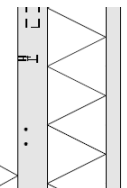
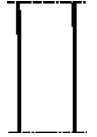
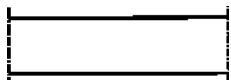
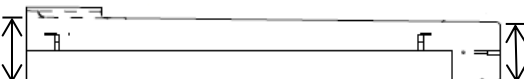
Detta visar att LCA i tidigt skede inte kan ge exakt svar på hur klimatpåverkan kommer bli inom byggande i praktiken, eftersom det finns många andra krav på en byggnad som påverkar den slutliga projekteringen, t.ex. som i det här fallet: akustik, ändrade förutsättningar som extra våning, dåligt berg etc. Vilket mer handlar om ändrade förutsättningar inom byggande i praktiken som leder till ändrade materialmängder och därmed ändrade LCA resultat. För att kunna använda sig av LCA resultat, så är dokumentationen av dessa ändrade förutsättningar viktig för tolkning av resultaten.



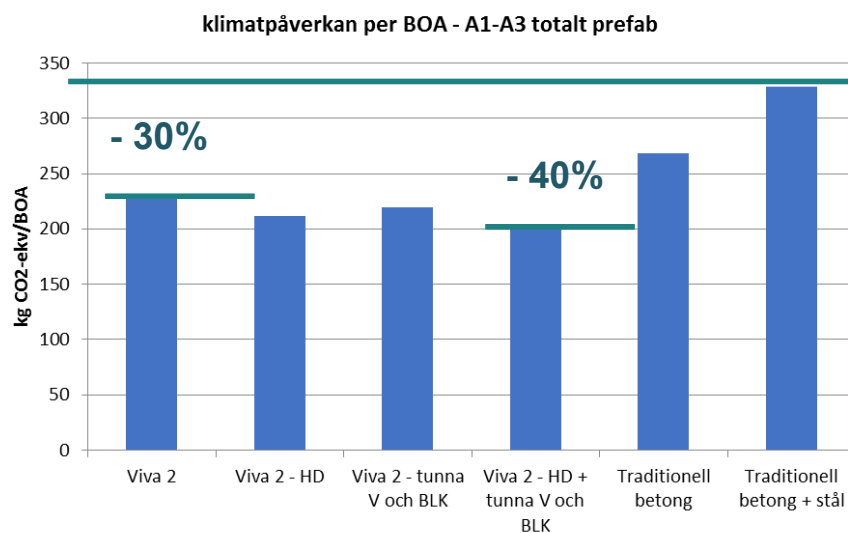
Tabell 3 Förändringar av brf. Vivas konstruktionsdetaljer från programskede (Viva 1) till upphandling (Viva 2).

Prefabricerad betongstomme Viva 1 (programske)	Prefabricerad betongstomme Viva 2 (upphandlat)
Bjälklag mot utsida  50 överbetong 200 håldäck Armering 6 kg/m ² Isolering Exponeringsklass ≥XC1 vct ≤ 0,9	Bjälklag mot utsida  40 överbetong 220 håldäck Armering 5,2 kg/m ² Isolering Exponeringsklass ≥XC1 vct ≤ 0,55
Mellanbjälklag insida  50 överbetong 200 håldäck Armering 6 kg/m ² Exponeringsklass ≥XC1 vct ≤ 0,9	Mellanbjälklag insida  40 överbetong 220 massiv betong Armering 5,2 kg/m ² Exponeringsklass ≥XC1 vct ≤ 0,55
Yttervägg  75 betong 250 EPS 150 betong Armering 10 kg/m ² U < 0,12 W/m ² K Exponeringsklass ≥XF1, och X0/XC1 vct ≤ 0,60	Yttervägg utan öppningar  75 betong: 19,1 kg CO2-ekv/m ² 300 EPS: 14,2 kg CO2-ekv/m ² 150 betong: 33,3 kg CO2-ekv/m ² Armering ca 10 kg/m ² : 3,7 kg CO2-ekv/m ² U < 0,12 W/m ² K Exponeringsklass ytterskiva ≥XC4+XF1, och innerskiva XC1 Vct ytterskiva ≤ 0,45, vct innerskiva ≤ 0,55



Prefabricerad betongstomme Viva 1 (programskede)	Prefabricerad betongstomme Viva 2 (upphandlat)
Yttervägg  75 betong 250 EPS 150 betong Armering 10 kg/m² $U < 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ Exponeringsklass $\geq \text{XF1}$, och X0/XC1 $\text{vct} \leq 0,60$	Yttervägg med öppningar  75 betong 250 EPS 200 betong Armering ca 10 kg/m² $U < 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ Exponeringsklass ytterskiva $\geq \text{XC4} + \text{XF1}$, och innerskiva XC1 $\text{Vct ytterskiva} \leq 0,45$, $\text{vct innerskiva} \leq 0,55$
Bärande vägg  200 betong Armering 6 kg /m² Exponeringsklass $\geq \text{XC0/XC1}$ $\text{vct} \leq 0,9$	Bärande vägg  220 betong Armering 8 kg/m² Exponeringsklass $\geq \text{XC1}$ $\text{vct} \leq 0,55$
Loftgångsplatta/balkongplatta  160 betong Armering 6 kg/m² Exponeringsklass $\geq \text{XF3}$ $\text{vct} \leq 0,55$	Loftgångsplatta/balkongplatta  220 till 193 betong (206 medel) Armering 14 kg/m² Exponeringsklass $\geq \text{XC4} + \text{XF3}$ (formsatt) $\text{vct} \leq 0,45$

Trots de större materialmängderna visar ändå projektet på att man lyckats med att minska klimatpåverkan från betongen. Figur 2 nedan visar resultatet från en känslighetsanalys där betongen och konstruktionen för Viva 2 jämförs med om det skulle byggts med traditionell betong. Det upphandlade konstruktionen för Viva 2 är 30% lägre än om den hade byggts med traditionell betong och jungfruligt armeringsstål. Hade de ursprungliga materialmängderna använts för HD, väggar och bjälklag hade klimatpåverkan istället blivit 40% lägre.



Figur 2. Känslighetsanalys över materialmängder och betongsort för Viva2. Viva 2=upphandlad konstruktion. Viva 2-HD=upphandlad konstruktion men om håldäcken inte varit fyllda med betong. Viva 2-tunna V och BLK=upphandlad konstruktion men med tunnare ytterväggar och balkongbjälklag som från programskedet. Viva 2-HD + tunna V och BLK = upphandlad konstruktion men med Håldäck med hål och väggar och balkongplattor enligt programskedet. Traditionell betong = Om konstruktionerna i Viva 2 skulle vara byggda med traditionellbetong och återvunnet armeringsstål. Traditionell betong + stål = Om konstruktionerna i Viva 2 skulle vara byggda med traditionell betong och jungfruligt armeringsstål.

3.1.1 Rekommendationer för minimal klimatpåverkan från betong

Resultaten från LCA-uppföljningen visar att man även bör beakta konstruktionen när kraven ställs. Detta är dock svårt att kravställa vid en upphandling eftersom varje byggnad behöver hållfasthetsdimensioneras efter ändamål och detta görs ofta först efter upphandling. Följande råd kan dock ges vid upphandling av betong och konstruktion av betongstomme, och byggnadsutformning för minimal klimatpåverkan.

1. Inkludera projektets viktigaste aktörer redan i förstudier av projekten. Det förtroende som byggs upp är en nödvändighet för ett bra samarbete. Förstudien skall ge en förståelse för hållbar vision, tekniska utmaningar och fungerar även som informationsspridning av projektet.
 - a. Beställare (byggherre och dennes projektledare)
 - b. Projektörer (arkitekt, konstruktör, energikonsult, akustiker mm.)
 - c. Materialleverantörer
 - d. Forskare
 - e. Samhälle (kommun och stad)
 - f. Utomstående så som föredragshållare, studenter, närboende, målgrupper som kan tänkas bli hyresgäster, mm.
2. Dimensionera huset betongsnålt:



- a. Håldäck har 50 % luft och är materialsnåla. Använd dessa eller liknande element i så hög utsträckning som möjligt där det går.
 - b. Överdimensionera inte innerskivan i sandwichelement och eftersträva så tunna väggar som möjligt invändigt.
 - c. Ett exempel från projektet Viva är att vi kunde ha utformat balkongerna så att undersidan av balkongen följde lutningen för vattenavrinning på ovansidan av balkongen för att spara betong då balkongerna är tresidigt upplagda
3. Dimensionera huset för lång livslängd (riktmärke 100 år eller längre)
 4. Använd endast låga hållfasthetsklasser om möjligt och om höga hållfasthetsklasser krävs använd det endast där det behövs. En stor last klaras enklast med en lokalt större dimension.
 5. Upphandling av betongentreprenörer och betongleverantörer bör ske i god tid så att de hinner testa nya betongrecept och träffa projektdeltagare och dela vision i projektet genom att ge och ta idéer.
 6. Utred i god tid hur bjälklagens ljudkrav klaras med en konstruktion med låg klimatpåverkan.
 7. Använd slakarmering med en klimatpåverkan som högst är 0,4 kg CO₂ -ekvivalenter/kg stål och spännarmering med högst 1,2 kg CO₂-ekvivalenter/kg stål inräknat moduler A1, A2 och A3 enligt miljövarudeklaration som följer EN 15804:2012+A1:2013.
 8. Undvik långa transporter över 400 km på lastbil. Tänk på att även lätta material kan ge höga utsläpp vid transporter på grund av stor volym som kräver många lastbilar.

3.1.2 Branschens syn på kravformuleringen

De krav som ställdes vid upphandlingen av brf. Viva togs väl emot av de olika aktörerna och har inte påverkat kostnader eller kvalitet negativt. Tvärtom har betongen i flera avseenden visat sig bättre att använda än traditionell, främst gällande bearbetningsbarhet, mycket god arbetsbarhet med litet vibreringsarbete, släta gjutytor, fin ljus färg, låg värmeutveckling vilket ger en sprickfri konstruktion enligt betongentreprenören. Härdningstiden är lite längre än för traditionell betong men inom Viva-projektet har man kunnat lösa det utan att byggtiden påverkats. Detta är dock något som behöver hanteras individuellt för olika projekt. Att uttorkningen ser annorlunda ut för betong med höga vct¹ och inblandning av flygaska och slagg är känt sedan tidigare och med anledning av det låter Riksbyggen utföra uttorkningsprov för betongen som används i Viva.

Eftersom befintlig kravformulering fungerade väl föreslås därför att kraven även i fortsättningen ställs på mängd cementklinker i betongen, men med ovan nämnda förbättringsförslag för att inkludera helheten, se kap. 3.1.1 punkt 1–8.

3.2 Energibehov och termisk komfort i ett framtida klimat

Resultatet av den här studien har ingen direkt koppling till betongen som använts i brf Viva utan är mer en enkel pilotstudie för att få en indikation på hur energibehov och termisk komfort påverkas av ett framtida klimat.

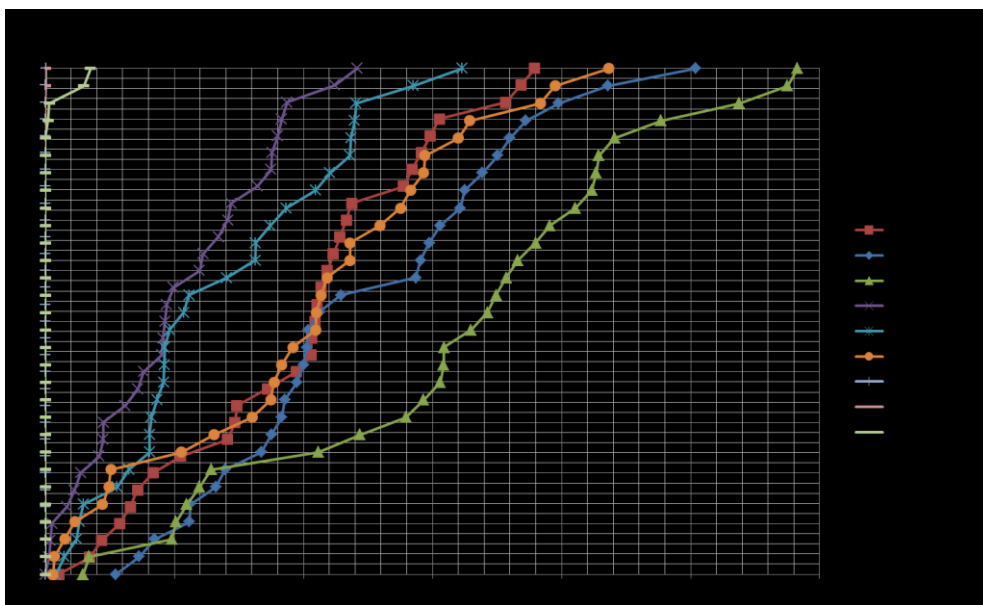
¹ vct är vattencementtalet som anger förhållandet mellan vatten och cement i betong. Ett högt vct innebär lite cement i förhållande till vatten.



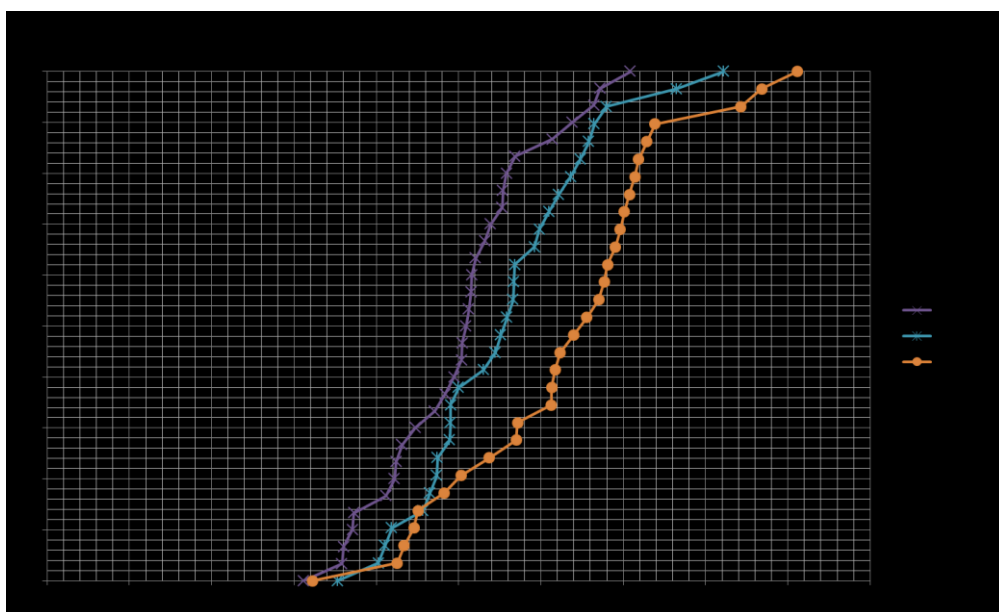
Modellen som används för simuleringarna kommer från programskedet och har reviderats under projekteringen vilket gör att man inte kan säga att det är en lägenhet i brf. Viva utan snarare en generell lågenergilägenhet belägen på samma ställe och med samma orientering som brf. Viva.

Simuleringsresultaten visar att redan vid start blir temperaturen mycket hög i lägenheten sommartid, vilket indikerar att vi kan ha problem med övertemperaturer i flertalet lägenheter runt om i landet redan idag. Därför läggs en vädringsfunktion in som innebär att fönstren öppnas 10% av ytan antingen på båda sidor av lägenheten eller endast på ena. Detta räcker tillsammans med användning av persienner för att skapa ett behagligt klimat alla år förutom ett antal timmar i närheten av år 2100. För att inneklimate ska hålla sig på en rimlig nivå krävs att man korsdragsvädrar i snitt 1100 timmar under klimatperioden 1960–1990 och i snitt 1400 timmar under perioden 2070–2100. Att endast vädra på ena sidan vilket är ett betydligt mer troligt beteende tillsammans med användning av persienner räcker inte riktigt för att hålla temperaturen under 27°C hela året. Figur 3 visar hur många timmar övertemperatur (diskomfort $\geq 27^\circ\text{C}$) som uppstår i lägenheten beroende på hur man vädrar. Varje simuleringsperiod motsvarar 30 olika år där varje år redovisas som en punkt i diagrammet. Det är endast när korsdragsvädring och persienner (vv+p) används som ingen diskomfort uppstår. Att endast vädra enkelsidigt tillsammans med persienner (v+p) räcker endast ett fåtal år under totala simuleringsperioden. Vidtar man inga åtgärder alls ligger antalet timmar med övertemperatur i snitt på 2000 timmar fram till perioden 2050 och på 3500 timmar för perioden från 2070 till 2100.

Skulle man istället välja att kyla bort övertemperaturen motsvarar det ca 250 gradtimmar under perioden 1960–1991 och i snitt 320 gradtimmar under perioden 2070–2100. Figur 4 visar hur kylbehovet ser ut under de olika tidsperioderna.

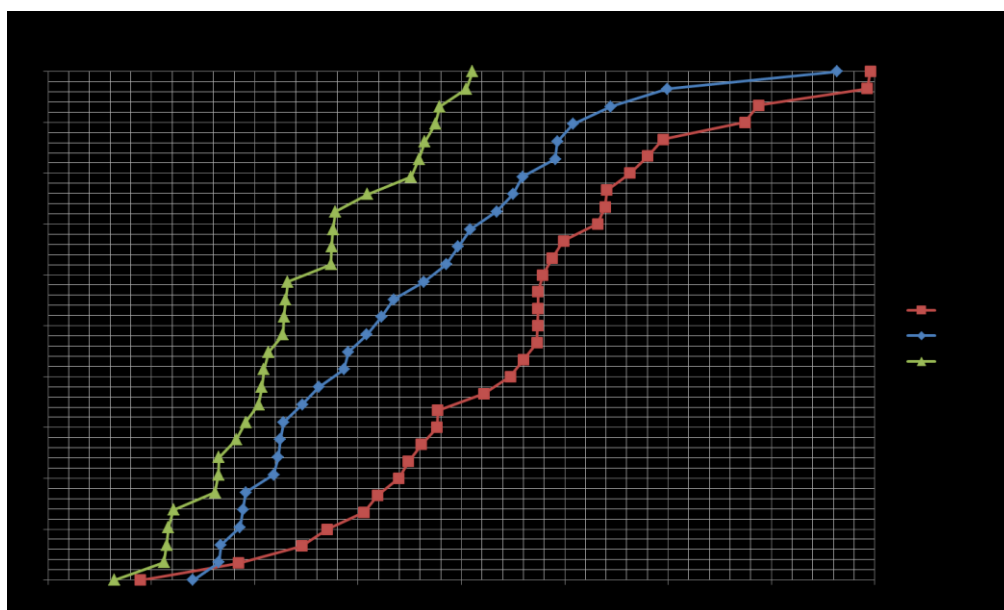


Figur 3 Resultat av klimatsimuleringar för perioderna 1960-1991, 2020-2050 och 2070-2100. Diagrammet visar antalet timmar med diskomfort ($\geq 27^\circ\text{C}$) för olika vädringsalternativ, v+p=enkelsidigvädring med persienner, vv+p=dubbelsidig vädring med persienner. Varje punkt motsvarar ett simuleringsår som är sorterat i stigande ordning. Värdena på x-axeln visar antalet gradtimmar.



Figur 4 Resultat av klimatsimuleringar för perioderna 1960-1991, 2020-2050 och 2070-2100. Diagrammet visar antalet graddimmar med kylbehov. Varje punkt motsvarar ett simuleringsår som är sorterat i stigande ordning. Värdena på x-axeln visar antalet graddimmar.

I takt med att klimatet blir varmare minskar också uppvärmningsbehovet. Figur 5 visar hur värmebehovet minskar över tiden. Det minskar från att i snitt ligga på runt 440 graddimmar om året under perioden 1960-1991 till att ligga på runt 320 graddimmar för perioden 2017-2100. Lägenhetens låga behov av uppvärmning kommer främst från att den är placerad mitt i byggnaden men också för att dess klimatskal är välisolerat.



Figur 5 Resultat av klimatsimuleringar för perioderna 1960-1991, 2020-2050 och 2070-2100. Diagrammet visar antalet graddimmar med värmebehov. Varje punkt motsvarar ett simuleringsår som är sorterat i stigande ordning. Värdena på x-axeln visar antalet graddimmar.

3.3 Ny energiberäkningsstandard

Den nya energiberäkningsstandarden SS EN ISO 52016-1:2017 [3] har tagits fram för att uppfylla direktivet om byggnaders energiprestanda (2010/31/EU) [5]. Direktivet som har reviderats flera gånger, senast 2018, anger att man ska ta hänsyn till minst följande faktorer vid en beräkning:

- Termiska egenskaper så som termisk kapacitet, isolering och köldbryggor
- Värmeanläggning och varmvattenförsörjning, inbegripet deras isoleringsegenskaper
- Ventilation, både mekanisk och självdrag
- Inbyggda belysningsinstallationer (ej för bostadsdelar)
- Utformning, placering och orientering av byggnaden inklusive utomhus klimat, passiv solvärme och solskydd
- Förhållanden avseende inomhusklimatet, inklusive planerat inomhusklimat och internlast.

Alla dessa faktorer inbegrips i SS EN ISO 52016-1:2017 som omfattar två olika beräkningsmetoder, en detaljerad på timnivå som avser beräkning av energibehov, inomhustemperatur och dimensionering av värme- och kylsystem, samt en enklare baserat på månadsmedelvärde för beräkning av endast energibehov med möjlighet att kontrollera risken för övertemperatur sommartid med hjälp av en indikator.

Energiberäkningen för brf. Viva är beräknad i programmet IDA ICE v. 4.7 som är ett dynamiskt energiberäkningsprogram som räknar på timvärden och ger användaren möjlighet att ta hänsyn till samtliga faktorer som ovan direktiv nämner. Det betyder att den nya standarden inte påverkar beräkningsresultaten för brf. Viva, däremot påverkar standarden sättet att redovisa resultatet. I



standarden finns tydliga föreskrifter om vilka indata och resultat som ska redovisas. Vilka är följande då den detaljerade metoden tillämpas:

1. Beräkningens syfte
2. Beskrivning av byggnaden, dess konstruktion och placering.
3. Beskrivning av zonindelningar
4. Vilken beräkningsmetod som använts, detaljerad timmetod eller månadsmedelmetod

För varje zon:

5. Redovisa transmissionsförluster, ventilationsförluster, yt-areor och värmekapacitet
6. Innetemperaturens medelvärde för varje zon
7. Klimatdata innefattande både temperatur och globalsolstrålning
8. Total värmeförlust genom transmission
9. Total värmeförlust genom ventilation
10. Total internvärme inklusive värmeåtervinning
11. Total solvärmelast
12. Energi för värme
13. Energi för kyla

För hela byggnaden:

14. Årligt energibehov för värme
15. Årligt energibehov för kyla
16. Diagram över klimatdata, beräknad energianvändning och innetemperatur som funktion av tiden.

Detta är resultat som lätt fås ut ur IDA ICE v. 4.7 men som inte alltid redovisas. I energiberäkningen för brf. Viva valde man att redovisa punkterna 1, 2, 5, 8-15. Att istället redovisa samtliga ovanstående punkter vid en beräkning gör att både förståelsen för resultaten ökar samtidigt som det är lättare att hitta eventuella svagheter i byggnaden gällande energi. Risken för felberäkning minskar också när resultaten är transparenta och det blir lättare att följa upp eventuella avvikelser vid drift.



4 Diskussion

Projektet visar att kriterierna för den låga klimatpåverkan för betongrecepten fungerar men att den förutspådda totala låga klimatpåverkan för byggnaden är svår att jämföra eftersom byggnaden ändrats alltför mycket. Totalt sett så blir klimatpåverkan runt 30 % lägre än om motsvarande traditionell betong använts.

Ett förbättringsområde som har identifierats i projektet är att även konstruktionsdetaljerna och byggnadsutformning beaktas. Det finns potential att minska klimatpåverkan ytterligare om även detta inkluderas. Samarbete mellan arkitekter och konstruktörer, samt en förståelse bland alla inblandade aktörer är en förutsättning för byggnadens låga klimatpåverkan.

Arbetet med brf. Viva har inneburit att fler betongtillverkare har fått upp ögonen för betongsorter med lägre klimatpåverkan och produkten kommer med högsta sannolikhet att bli vanligare framöver. I dagsläget är användning av flygaska och slag den primära möjligheten som finns för att minska klimatpåverkan från betong. Frågan är hur stor tillgången på slag och flygaska är. Båda produkterna är rester från tillverkning och förbränning. Flygaska kommer från kolkraft vilket är en energikälla som man jobbar med att fasa ut.

4.1 Konstruktionens osäkerheter ger variation inom LCA

Uppföljningen av LCA från programskedet till upphandlad konstruktion visar på stora skillnader inom byggnadens utformning och konstruktioner att en direkt jämförelse är svårt att genomföra utan djupare förståelse av skillnader. Byggnadens utformning har ändrats med ytterligare ett våningsplan och fler lägenheter. Grundläggningens förutsättningar har ändrats och volymen betong har ökat. Konstruktionen har förändrats där ytterväggar med större betongandel används och hålen i håldäcken valts bort bland annat på grund av akustiska förutsättningar. Balkongbjälklagen är tjockare och ytterväggselementen innehåller större volymer betong. Antaganden för transporter och energianvändning under produktionen har däremot visat sig stämma bra överens.

Förändringarna ovan visar tydligt att det är viktigt att avgränsa vad som menas med osäkerheter i LCA. Effekt av olika val som görs ger en variation som är svår att förutsäga, beroende på vilket syfte LCA-beräkningen har ger denna variation olika stor inverkan. Om det som i Viva är fastställt att ett alternativ ska användas, ger valet att fylla håldäcken en påverkan på den faktiska klimatpåverkan och kostnaden men kommer inte skapa några övriga konsekvenser. Om det däremot är så att ett beslut tagits där en bidragande faktor varit att klimatpåverkan har ett visst värde i förhållande till andra alternativ, kan ett val som ger en ökad beräknad klimatpåverkan för en lösning bidra till att andra lösningar missgynnats i tidigare skeden. Det är därför av stor vikt att denna typ av beslut är väl förankrade och att de ursprungliga kraven och kriterierna är väl formulerade. Det är dessutom troligt att många val och ändringar som görs hade påverkat andra alternativ i samma utsträckning, där det även är möjligt att effekten kunnat vara ännu större beroende på lösning.

En ytterligare begränsning är att uppskattade mängder får en stor inverkan på resultaten, då de medför stora variationer. Genomtänkta kriterier angående hur mängder bör definieras är mycket viktiga för trovärdigheten och möjligheter till jämförelse, åtminstone när det gäller byggnationsfasen. För Viva framgår det tydligt att det finns en skillnad i materialmängd mellan programskedet och



produktionsskedet. Denna skillnad kan förklaras till största delen med följande ändrade förutsättningar i produktionen av de prefabricerade delarna:

- Ifyllda håldäck, ger ökad betongmängd
- Ökad andel prefabricerade element
- Tjockare ytterväggar, mer isolering
- Ytterligare en våning på byggnaderna

Som kan noteras här är dessa ändrade förutsättningar inga osäkerheter relaterade till parametrar eller LCA-modellen, utan konsekvenser av val i byggprocessen. Skulle enbart naturliga och statistiska variationer samt modellosäkerheter tas med skulle effekten på resultaten bli lägre än vad dessa ändrade förutsättningar ger. Även uppgifter från leverantörer gällande faktiska materialmängder ger en viss variation. Som ett exempel kan nämnas att det fanns en variation på plus/minus ca 5 % mellan de data som fåtts av leverantörer jämfört med om det faktiska elementlistorna studeras.

Resultaten som tas fram genom LCA-beräkningar är användbara ur många aspekter för Viva, även om det finns stora osäkerheter. Den främsta styrkan med LCA-beräkningarna är att kunna motivera förbättringar i projektet genom att direkt kunna visa på en relativ förbättring via LCA-analysen. Att exempelvis kunna se ungefär ***hur stor förbättring som kan fås vid användning av olika betongrecept*** är mycket värdefullt. LCA-beräkningar som görs med syftet att förbättra ett material, produkt eller byggnadsdel/verk har stort värde trots de osäkerheter som finns och brister i indata. LCA-beräkningarna och kriterier för dessa kan dessutom bidra till förbättringar i indata och reducering av osäkerheter genom att eftersträva relativa förbättringar.

Det är i nuläget mest lämpligt att redovisa intervall för LCA-resultat, där ett bästa fall och ett sämsta fall kan redovisas. Då är det möjligt att se hur stor inverkan olika faser har på totalresultaten för olika alternativ och även att göra en bedömning av hur realistiska de olika nivåerna är. Om resultaten från en analys kan styrkas med hjälp av t.ex. oberoende mätningar av ingående parametrar kan nivån på värsta fallet för detta alternativ reduceras.

Inom byggande av Brf Viva och dess LCA-beräkningar, så ligger osäkerheterna främst vid byggnadens utformning och den tekniska modellen (arkitekt-modellering, energi-modellering, konstruktions-modellering). Känslighetsanalyser kan hjälpa till att reducera osäkerheter när det gäller parameter-osäkerhet (tex byggnadsdetaljer och energislut), modell-osäkerhet (tex konstruktioner, energibalanser) och scenario-osäkerheter (tex likvärdiga livscykelmoduler, tidsavgränsningar, och systemavgränsningar tex med/utan EoL).

4.2 Kriterier vid upphandling

Kriterierna som ställdes vid upphandlingen togs väl emot av branschen. Vid intervjuerna som genomfördes framkom det att de lite tuffare kraven på låg klinkerandel i betongen var en kul utmaning som ligger i linje med branschens egna mål med hur de vill arbeta för att sänka klimatpåverkan. De uppfattar att denna fråga är avgörande för betongbranschens överlevnad i framtiden.

Aktörerna såg inte heller att det låg någon extra kostnad i att arbeta med de nya betongtyperna. Den utveckling av recept som gjordes måste ändå göras för att arbeta med lågklimatpåverkan i framtiden. Det framkom också önskemål om att standardiseringen borde påskyndas för att öka möjligheterna att använda tillsatsmaterial i betong.



I framtiden kan det också vara aktuellt att kraven ställs som CO₂-ekv/m³ eller som i Norge där miljöklasser även är knutna till hållfasthetsklass och exponeringsklass [6].

4.3 Simuleringar för framtida klimat och energiberäkningsstandard

Simuleringarna för termisk komfort visade att redan vid dagens klimat medför den välisolerade konstruktionen tillsammans med interna aktiviteter och solstrålning många timmar med allt för hög innetemperatur. Trots att detta bara rör sig om en lägenhet simulerad för ett klimatscenario så indikerar resultaten ändå på att det troligen finns ett stort mörkertal med lägenheter som har svårt att uppfylla ett komfortkrav på en innetemperatur $\leq 27^{\circ}\text{C}$ sommartid. Fler beräkningar behöver genomföras för att få ett bättre underlag. För brf. Viva som har en liknande uppbyggnad som den simulerade lägenheten, löser man eventuella övertemperaturer med solavskärmning och vädning.

Att tillämpa en gemensam energiberäkningsstandard typ SS EN 52016-1:2017 [3] för energiberäkningar borde underlätta jämförelser mellan olika byggnader och beräkningar. Resultaten för de här simuleringarna beror till stor del på hur internlasters ansätts och rekommendationer för det saknas i standarden. Dessa indata är meningen att adderas i ett nationellt annex. Boverkes utgåva av BEN innehåller dock dessa data. Men det är troligt att dessa behöver revideras i framtiden med tanke på att internlasters kan komma att antingen öka eller minskas. Används fler apparater ökar lasten men med hur mycket vet vi inte med tanke på att de också blir mer energieffektiva och avger mindre värme.

4.4 Fortsatt arbete

För att vidareutveckla möjligheten med kravställning på klimatpåverkan under upphandling finns det flera aspekter att titta vidare på. En aspekt är kopplingen mellan materialmängder och kravställning, i den här studien visade det sig att det användes mer material än förväntat och orsakerna till detta var olika. Därför är det av intresse med erfarenhetsåterföring och styrning med koppling till konstruktören och val av bygghetaljer. En annan aspekt handlar om vilka beslut som har varit avgörande för slutresultatet som tex bortval av hålbjälklag. För brf. Viva var det mängden betong i ytterväggarna som ökade mest och fick därför störst inverkan på slutresultatet.

För framtida studier är det även viktigt att ställa krav på dokumentation, tex datakrav på materialmängder från konstruktören och energi (el och diesel) vid byggandet. Dokumentation av energi och material, både mängder (kg eller kWh) och miljöpåverkan (EPD per kg eller kWh) är en förutsättning för att kunna följa upp klimatberäkningarna.

För att erhålla en kunskapsbas och ökad förståelse för framtida projekt skulle en digital databas vara en möjlig väg att gå. I databasen skulle bygghetaljer som används i olika projekt vara listade med preciserad klimatpåverkan, värmemotstånd, brandklass, ljudklass och maximal spännvidd. Datan skulle kunna fungera som diskussionsunderlag för kommande projekt och som riktlinjer för att göra LCA beräkningar i tidiga skeden.



5 Publikationslista

Projektet har resulterat i följande rapporter, vilka också beskriver bakgrund, utförande och resultat i större utsträckning än den här sammanfattningen.

1. Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken – Energi och klimatpåverkan från projektering till upphandling med hjälp av livcykelanalys (RISE Rapport)
2. Kriterier för resurssnålt byggande i praktiken – Utvärdering av processen att ställa krav för stomme med låg klimatpåverkan (RISE Rapport)
3. Värmebehov och termisk komfort – Ett framtidsscenario (RISE Rapport)
4. Bakgrund och historik till LCA-arbetet runt brf Viva. (Internt dokument)
5. Vad innebär SS EN 52016 för Svenska energiberäkningar? (RISE broschyr)
6. Minska klimatpåverkan under byggprocessen genom att ställa tydliga krav (Artikel Bygg & teknik 2017)
7. Klimatsmart och unik betong i Riksbyggen Brf. Viva (Riksbyggen folder)
8. Informationsfilmer på YouTube
 - a. Betongen som minskar Co2-utsläpp – brf Viva
https://www.youtube.com/watch?v=_k9SRiBKNjg
 - b. Brf. Viva: Länge leve hållbarheten
https://www.youtube.com/watch?v=_d_vq8cuh94
 - c. Positive Footprint Housing: Plusenergikvarteret brf. Viva
<https://www.youtube.com/watch?v=ODN3AgWpxlg>
 - d. Riksbyggen Brf Viva i Göteborg <https://www.youtube.com/watch?v=Ke459Q3TYAI>
 - e. Brf Viva blir till – ett år på en minut
<https://www.youtube.com/watch?v=omZiGFEG9XA>
 - f. Miljövärdering av olika stomalternativ, LCA-baserade krav i brf Viva – Karolina Brick
<https://www.youtube.com/watch?v=tjMRtBPMspg>
9. Poster till E2B2 projektledarmöte nov 2017 (RISE poster)



6 Referenser

- [1] Kurkinen et al. Energi och klimateffektiva byggsystem – Miljövärdering av olika stomalternativ för husen i Brf. Viva, SP Rapport 2015:70
- [2] SS-EN ISO 13790:2008 Byggnaders energiprestanda – Beräkning av energianvändning för uppvärmning och kylning
- [3] SS EN 52016-1:2017 Byggnaders energiprestanda – Bygg-och byggnadselement – Energibehov för uppvärmning och kylning, innetemperatur och sensibel och latent huvudbelastning – Del 1: Beräkningsmetoder
- [4] SIS-CEN ISO/TR 52016-2:2017 Byggnaders energiprestanda – Energibehov för uppvärmning och kylning, innetemperatur och sensibel och latent huvudbelastning – del 2 Förklaringar och motivering av ISO 52016-1
- [5] Direktiv 2010/31/EU om byggnaders energiprestanda
- [6] Norsk Betongforening 37 pdf Lavkarbonbetong (2015)



Runt 35 procent av all energi i Sverige används i bebyggelsen. I forskningsprogrammet E2B2 arbetar forskare och samhällsaktörer tillsammans för att ta fram kunskap och metoder för att effektivisera energianvändningen och utveckla byggandet och boendet i samhället. I den här rapporten kan du läsa om ett av projekten som ingår i programmet.

E2B2 genomförs i samverkan mellan IQ Samhällsbyggnad och Energimyndigheten åren 2013–2017. Läs mer på www.E2B2.se.

