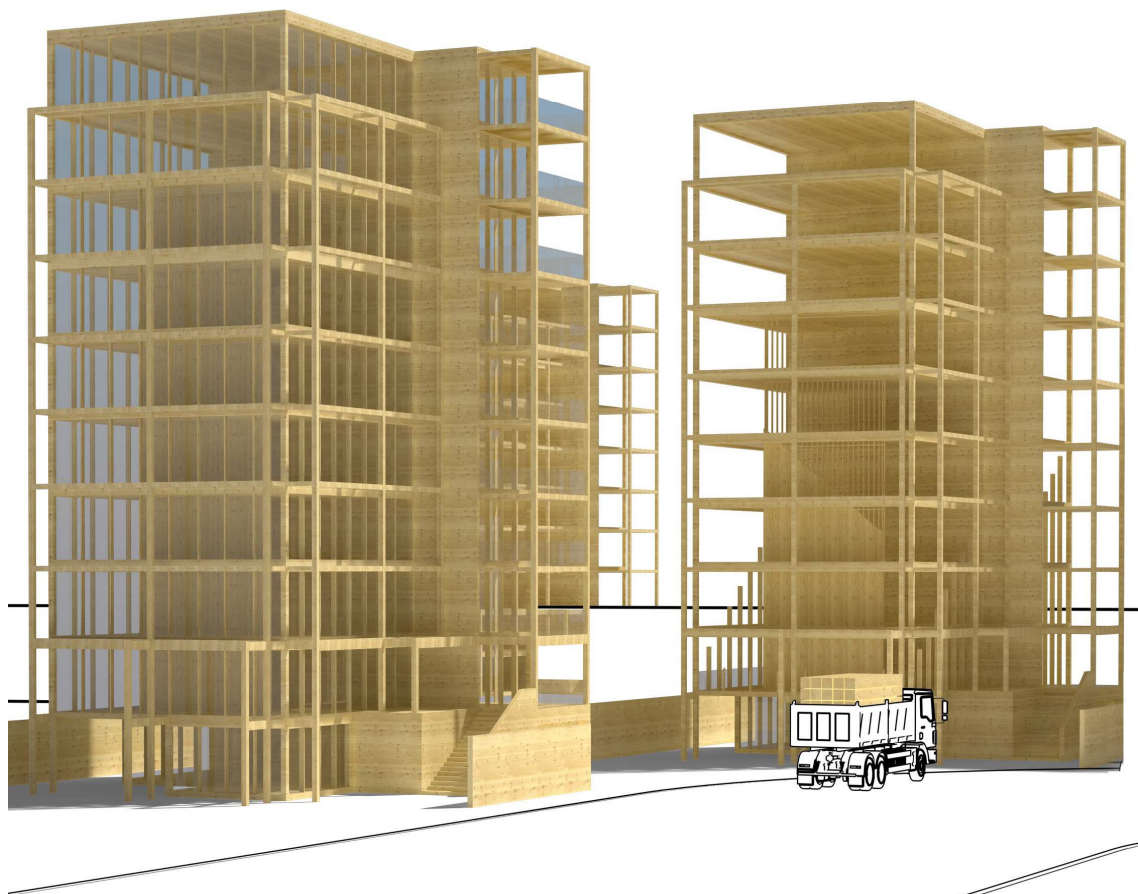


Forskningsrapport LIU-IEI-RR-17/00263-SE



Industriellt byggande i trä – nuläge och prognos mot 2025

Staffan Brege

Tomas Nord

Lars Stehn

Förord

Författarna till denna rapport har ägnat stor del av sin forskning åt studier av industriellt byggande i trä, trä- och möbelmanufaktur och sågverks vidareförädling – främst med fokus på affärer och processer, men där teknikutvecklingen alltid har varit en viktig förutsättning. Vår forskningsverksamhet har sedan 2006 skett inom ramen för den nationella forskningsplattformen Lean Wood Engineering, som har drivits med säte vid Luleå tekniska universitet och med de två andra noderna vid Linköpings universitet och Lunds tekniska högskola.

Detta uppdrag, att kartlägga nuläget för industriellt byggande i trä och att göra en prognos för 2025, har gett oss ett utmärkt tillfälle att samla egna och andras resultat i en komprimerad och fokuserad beskrivning och analys. Uppdraget har getts av Sveriges Träbyggnadskansli under ledning av Susanne Rudenstam. I rapporten har vi tagit utgångspunkt i de samhälleliga problem som Sverige står inför och gått vidare med att peka ut de möjligheter som industriellt byggande i trä kan bidra med för att lösa dessa problem.

Utredningsarbetet har haft en styr- och referensgrupp med företrädare från industrin och branschorganisationer inom skog och trä som bollplank. Speciellt nära knuten till arbetet har Hans-Eric Johansson, Bostadsutveckling, varit. Hans-Erics förmåga att tänka på tvären och att sätta in till synes kortsiktiga skeenden i långsiktiga perspektiv har varit till stor hjälp.

Dock är det viktigt att konstatera att eventuella felaktigheter i de beräkningar som denna forskningsrapport innehåller, är det enbart författarna som är ansvariga för. Då vi har varit medvetna om den komplexitet som ligger i frågeställningarna och den kontroversiella natur som speciellt ligger i frågor om klimatbelastning i förhållande till olika byggmaterial, så har vi så långt möjligt försökt att utnyttja etablerad och ”objektiv” expertis samt att stödja oss på välrenommerade källor för sekundärdata. Vi vill rikta ett tack till Ulf Wiklund och Ida Bohlin på Tyréns för deras arbete med att sammanställa och analysera data gällande klimatbelastning vid byggandet av flerbostadshus och lokaler – data som har utgjort input till våra beräkningar.

Prognosen för 2025 skall betraktas som ett ”best case scenario” - ett scenario som dock är grundat i validerade data vad gäller nuläge och makroorienterade behovsprognoser runt byggande, liksom realistiska antaganden om den framtida utbyggnaden av kapacitet inom industriellt byggande i trä.

Linköping och Luleå i maj 2017

Staffan Brege, Tomas Nord och Lars Stehn

Sammanfattning

Mot bakgrund av de samhälleliga utmaningarna kopplade till demografi, klimat, sysselsättning och krav på resurseffektivitet kan industriellt träbyggande bidra med följande i ett tidsperspektiv fram till 2025:

- Bygga upp en kapacitet för industriell träbyggande som kan leverera 50 % av flerbostadshusen som byggs på den svenska marknaden (17 500 lägenheter varav 15 000 producerade inom landet) och samtidigt nå en 30-35%-ig materialandel inom segmentet lokaler.
- Därigenom skapa 8 000 nya jobb inom prefabricering i fabriksmiljö och bidra till att flytta 6 000 jobb från storstad till landsbygd. Detta kan vara en delösning på bristen på inhemsk byggarbetskraft – att "flytta ut jobben på landet" och att "föra över arbetsuppgifter från snickare till maskinoperatörer". Detta kan även vara en möjlighet för integrering av nyanländ arbetskraft.
- Utnyttja träets potential för minskad klimatbelastning jämfört med andra byggmaterial. Ett industriellt flerbostadshus har 40 % lägre CO₂ utsläpp än ett jämförbart betonghus (i materialdelen av byggskedet). Motsvarande siffra för lokaler är minus 35-40% (valda nyckeltal är framtagna i samråd med samhällsbyggarkonsulterna Tyréns).
- Minska klimatbelastningen med 0,3-0,4 miljoner ton CO₂ ekvivalenter genom att substituera från betong till trä (flerbostadshus + lokaler) – en besparing som utgör ca 1 % av den totala mängd utsläpp som Sveriges handlande och icke handlande sektorer ska anpassa sig till för år 2030. Om träets kollagring adderas till substitutionseffekten så blir den kalkylmässiga besparingen 0,6-0,9 miljoner ton CO₂ ekvivalenter. Målsättningen mot 2030 skulle kunna ytterligare skruvas upp till besparingar på 0,5 miljoner ton i substitution från betong till trä och till drygt 1 miljon ton om kollagringen adderas (utifrån antagandet om en statisk betongindustri vad gäller klimatanpassning).
- Bygga resurseffektivare med industriellt byggande och framförallt utnyttja den potential till fortsatta effektivitetsförbättringar som ligger i att öka volymerna. Industriellt byggande har bättre kontroll över förädlingsprocesserna, vilka inkluderar underentreprenörer, konsulter och materialleverantörer och kan genom skapandet av bättre integration och partnerskap verka dämpande på en volatil marknad.
- Industriellt byggande i trä riktat mot flerbostadshus och lokaler har också möjlighet att bli en framtida exportframgång. Erfarenheter från den inhemska

marknaden, som är att betrakta som en "tidig marknad", kan inbakade i olika typer av affärsmodeller kapitaliseras i en framgångsrik exportverksamhet.

En avslutande kommentar gäller den framtida tillgången på kapacitet på den svenska marknaden för bostadsbyggande. Om det kraftigt ökande behovet av ska tillfredsställas, så talar vi om betydande kapacitetstillskott. Samtidigt tycks svensk skogs- och träindustri i dagsläget vara den enda aktören som stiger fram med påbörjade och långt framskridna planer på stora kapacitetsutbyggnader. Vi bedömer exempelvis att osäkerheten vad gäller klimatfrågan är för stor för att man från betongindustrin (i dagsläget) ska ge sig in på stora expansionsplaner. De stora byggbolagen verkar dessutom ägarmässigt frikoppla sig från betongproduktionen och är därmed mindre bundna till det traditionella byggandet i betong. Utbyggnaden av industriellt, prefabricerat byggande i trä har en stor potential som kan nyttiggöras av både svensk skogs- och träindustri, av byggbranschen i sin helhet och av samhället i stort.

Innehållsförteckning

Förord.....	ii
Sammanfattning.....	iii
1 Uppdraget härlett ur samhällets utmaningar.....	1
2 Samhälleliga utmaningar – demografi och klimat.....	2
2.1 Den demografiska utvecklingen.....	2
2.1.1 Rapportens framskrivning av bostadsbyggandet till 2025	3
2.2 Klimatbelastningen.....	4
3 Industriellt byggande i trä – hur svara upp mot utmaningarna?.....	6
3.1 Kapacitetsutbyggnad av prefabricerat träbyggande.....	6
3.1.1 Nuläge år 2015	6
3.1.2 Kapacitetsutbyggnad fram till år 2025	9
3.1.3 Prefabricerat träbyggande – en framskrivning för år 2025.....	10
3.1.4 Flytta sysselsättning från stad till land	11
3.2 Träbyggandets bidrag till minskad klimatbelastning.....	12
3.2.1 Livscykelanalys av en byggnads klimatbelastning.....	12
3.2.2 Träbyggandets bidrag till att minska klimatbelastningen	14
3.3 Prefabricering är resurseffektivare	16
4 Olika prefabriceringsstrategier – tillväxt kräver flera vägar.....	17
5 Summering och avslutande kommentar.....	18
Referenser	20
Bilaga: PM: FRAMTIDSSTUDIE: INDATA FÖR BEDÖMNING AV KLIMATEFFEKT AV ÖKAT TRÄBYGGANDE.....	22

1 Uppdraget härlett ur samhällets utmaningar

Det svenska samhället står inför stora utmaningar bl.a. förorsakade av den demografiska utvecklingen med stark befolkningstillväxt tillsammans med en kraftig urbanisering, mycket ambitiöst satta mål för minskning av klimatbelastningen samt att hålla sysselsättningen på en hög nivå med en "rimlig" fördelning av arbetstillfällen mellan stad och land. Som en konsekvens av dessa drivkrafter kommer kraven på ökat och "klimatsmartare" byggande av bostäder och lokaler att bli allt mer påtagliga. Dagens situation (2017) på en överhettad bygg- och bostadsmarknad, främst i våra tre storstäder och i regioncentren, är i sig en samhällelig utmaning. Vi måste öka byggtakten och bygga mera resurseffektivt, bygga med mindre klimatbelastning och helst också bidra med sysselsättning ute i landet.

Utredningens uppdrag är att beskriva nuläget för sektorn för industriellt byggande i trä samt att göra en framskrivning till år 2025. I uppdraget ligger att peka på hur det industriella byggandet i trä kan bidra till att hitta lösningar på vissa av våra mest akuta samhällsproblem.

Rapporten fokuserar på tillväxten på byggmarknaden för bostäder och lokaler och dess effekter på klimatbelastning, sysselsättning och resurseffektivitet. När det gäller volymen på det framtida bostadsbyggandet riktas analysen mot hur snabbt utbudet av prefabricerad tillverkning av byggsystem i trä kan utvecklas i förhållande till det behov av bostäder och lokaler som prognosticeras. En detaljerad analys av förutsättningarna för att efterfrågan ska "följa efter" eller "driva på" utbudet har inte gjorts. Likaså adresserar inte rapporten en del andra viktiga frågeställningar som bl.a. rör byggkonsekvenserna av vår alltmer åldrande befolkning, liksom de utmaningar som digitaliseringen kommer att ställa.

Metodmässigt är utredningen till största delen en skrivbordsstudie, där information och resultat från befintliga data och analyser har ställts samman. Den egna insamlingen av primärdata har främst avsett den påbörjade och planerade kapacitetsutbyggnaden inom industriellt träbyggande tillsammans med att Tyréns har breddat sina analyser av typobjekt bland lokaler vad gäller skillnader i klimatbelastning mellan trä och betong. Då jämförelser mellan trä och betong ifråga om klimatbelastning är kontroversiell har det varit viktigt att låta en oberoende och objektiv instans, i detta fall var det samhällsbyggar-konsulterna Tyréns, spela en avgörande roll i fastställandet av nyckeltal för jämförelser mellan olika materialslag.

Scenarioarbetet har inriktats mot ett "best-case scenario" baserad på fullt realistiska antaganden om framtida byggandevolymer (av flerbostadshus och lokaler) liksom om kapacitetsutbyggnader inom industriellt byggande i trä. En styrgrupp av experter har varit ett viktigt bollplank i arbetet, inte minst vad gäller avstämning av produktivetsdata för industriellt byggande.

2 Samhälleliga utmaningar – demografi och klimat

Ovanstående problembeskrivning visar på att bostadsbyggandet utgör både en viktig del av våra samhälleliga problem liksom en viktig del av lösningen på dessa problem.

2.1 Den demografiska utvecklingen

Det är främst den demografiska utvecklingen i form av stark befolkningsökning och kraftig urbanisering som driver på mot behovet av ett kraftigt utökat byggande av bostäder och lokaler och däribland främst flerbostadshus. Överlagrat på utvecklingen är ett redan i utgångsläget uppdämt behov av nya bostäder. Boverket (Boverket, 2016) räknar med att detta uppdämda behov har, enbart sedan 2012, ökat med ca 100 000 bostäder.

Boverket (Boverket, 2016) visar i sin senaste framskrivning på ett ackumulerat byggbehov under tioårsperioden 2016-2025 på 710 000 bostäder, vilket utlagt längs en konjunkturkurva innebär 88 000 bostäder per år under perioden 2016-2020 samt 54 000 bostäder per år under perioden 2021-2025. Prognosen baseras på SCBs uppskattning av att Sverige år 2025 har 11,2 miljoner innevånare (och år 2030 11,5 miljoner). Denna senaste i raden av behovsanalyser har anpassats efter SCBs prognos om en snabbare befolkningstillväxt än vad som tidigare antogs fram till 2021. Dock innebär inte ett uppskattat behov detsamma som att det byggs i samma utsträckning, vilket inte minst historien under den senaste tjugoårsperioden har lärt oss. Sveriges Byggindustrier, i deras senaste konjunkturindikator för första kvartalet 2017 (Sveriges Byggindustrier, 2017), spår att bostadsbyggande räknat i antalet påbörjade bostäder kommer att toppa i år på drygt 66 000 bostäder och sedan gå ner mot 60 000 under år 2018.

Det är den demografiska utvecklingen i kombination med rådande bostadspolitik och lågränteekonomin efter finanskrisen som främst har drivit på mot stigande bostadspriser och en närmast kronisk bostadsbrist, speciellt i storstäderna. Detta har lett till en alltmer påtaglig överhettning på bygg- och bostadsmarknaderna. Om vi går till Konjunkturinstitutets konjunkturbarometer så skedde ett skifte vid årsskiftet 2014/2015, där efterfrågesituationen som främsta flaskhals för ökat byggande bytte plats med brist på arbetskraft. I dagsläget upplevs bristen på arbetskraft vara det närmast allena rådande hindret för ett ökat bostadsbyggande (80 % svarar att detta är det största problemet).

Överhettningen inom byggandet är främst ett storstadsfenomen, inom de tre storstäderna men även alltmer tydlig inom de regionala centren. Överhettningen leder till en rad oönskade effekter som kraftigt stigande priser och kostnader, bristande kvalitet, långa ledtider samt bristande kontroll över den förlängda hierarki av underentreprenörer som utvecklas. Det råder brist på inhemska byggnadsarbetare, men inräknat ett betydande och flexibelt inflöde av utländska byggfirmer och byggnadsarbetare har vi ändå svårt att överblicka det totala utbudet av arbetskraft. Det vi med större säkerhet vet, är att vi

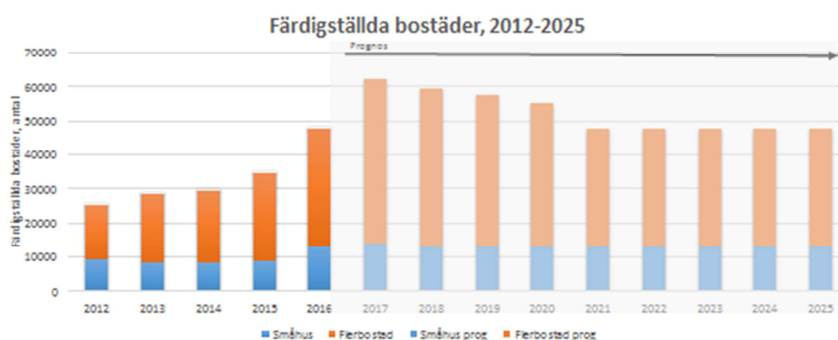
framöver har stora inhemska pensionsavgångar av byggnadsarbetare vilka med svårighet matchas av tillskotten från vårt eget utbildningssystem. Trycket på våra tre storstadsregioner tros inte minska. Enligt Boverkets prognoser kommer 75 % av det framtida byggandet fram emot 2025 att ske inom de tre storstäderna (Boverket, 2016).

2.1.1 Rapportens framskrivning av bostadsbyggandet till 2025

Vår prognos för det framtida bostadsbyggandet (inklusive lokaler) fram till 2025 följer behovsanalysen/prognosen från Boverket vad gäller konjunkturförlopp, men går mera på Sveriges Byggnadsindustriers prognos (som gäller 2017 och 2018) vad gäller lägre nivåer på bostadsbyggandet. Vår utgångspunkt för detta mera försiktiga ställningstagande är att flaskhalsarna i byggandet kommer att vara så stora, att ett byggande upp mot 70-80 000 bostäder upplevs vara svårt att åstadkomma samtidigt som också byggandet av lokaler och infrastruktur ligger på en historiskt hög nivå. Det höjs även röster för att ett bostadsbyggande på dessa toppnivåer kräver ökade statliga styrinsatser och att "marknadskrafterna enbart" inte kommer att skapa ett byggande som ens är i närheten av de nivåer som behovsprognoserna efterfrågar (Veidekke, 2017).

Vad gäller bostadsbyggandet så säger vår prognos att byggandet av flerbostadshus går upp mot intervallet 45-50 000 (färdigställda) lägenheter per år mellan 2017-2020, för att därefter lägga sig på i genomsnitt 35 000 lägenheter per år fram till 2025. Jämfört med 2012 (som utgör vårt referensår vad gäller klimatutsläpp) innebär detta en dryg fördubbling i slutet av perioden, men under konjunkturtoppen fram till 2020 är vi uppe i en tredubbling. Byggandet av småhus förväntas gå upp mot 13-14 000 hus och sedan ligga tämligen stabilt (från 9500 år 2012). Byggandet av övriga lokaler beräknas öka med ca 25 %, dvs. runt 2 % per år i genomsnitt, från 2012 till 2025.

Bostadsbyggandet bedöms öka de kommande åren för att plana ut fram till 2021



Figur 1: Antalet färdigställda bostäder 2012 – 2025 (prognos för 2017-2025)

2.2 Klimatbelastningen

Vad gäller klimatbelastningen har Sverige satt ambitiösa mål, som överstiger EUs gemensamma målsättningar, fram till 2030. Inom den s.k. "handlande sektorn" som innefattar tung industri med stora utsläpp så är målsättningen satt på EU-nivå med en minskning mellan 2005 och 2030 på 43 % räknat i CO₂ ekvivalenter. Sverige följer där den kollektiva målsättningen och bedriver arbetet på internationell nivå. Inom den "icke handlande sektorn" ("allt övrigt" inklusive transporter, byggande etc.) är den svenska målsättningen mera ambitiös och fokuserar på en minskning med 58 % för samma tidsperiod. Arbetet med "klimat effektivisering" inom den icke handlande sektorn bedrivs på nationell nivå.

De samlade utsläppen från båda sektorerna är i dagsläget 57 miljoner ton CO₂ ekvivalenter (2015) och de ska till år 2030 vara nere i 33 miljoner ton, varav den icke handlande sektorn har ett utrymme på 18 miljoner ton och den handlande sektorn på 15 miljoner ton. Inte minst för den icke handlande sektorn är detta en mycket ambitiös målsättning. När det gäller klimatbelastningen från bostadsbyggandet så räknas den in i båda sektorerna, framställning av cement och stål ligger inom den handlande sektorn och trämanufaktur, transporter och byggande ligger inom den icke handlande sektorn. Därför är det relevant att jämföra bostadsbyggandets klimatpåverkan med den totala målsättningen för 2030, vilken inkluderar båda sektorerna.

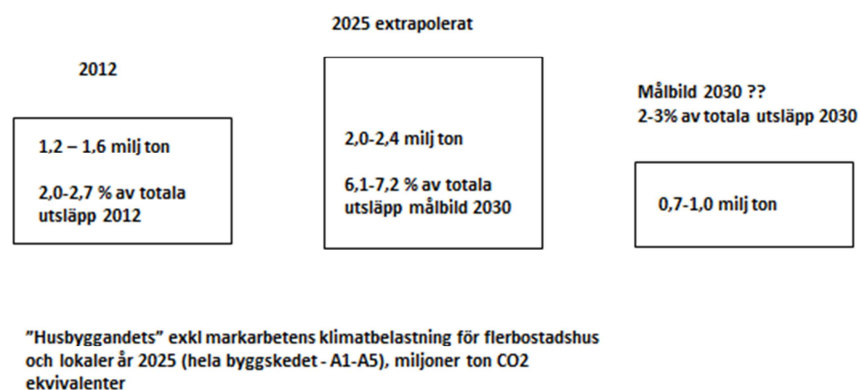
En IVA-utredning baserad på 2012 års siffror har på ett avgörande sätt bidragit till att trovärdigt tydliggöra bostadsbyggandets klimatbelastning (IVA och Sveriges Byggindustrier, 2014). Ett första viktigt resultat ur klimatbelastningsynpunkt var att fastställa att fördelningen mellan byggskedet och det efterföljande driftskedet (inklusive slutskedet) var ca 50-50 med antagandet om ett femtioårigt driftsperspektiv (istället för 15-85 som man utgick ifrån i början på 2000-talet). Drivande faktorer mot energieffektivisering och minskade klimatbelastningar i driftsfasen har främst varit utvecklingen av lågenergihus i kombination med övergången till en energimix med tyngdpunkt på biobränslen. En framtida fördelning av klimatbelastningen mellan byggskedet och resterande delen av livscykeln kan komma att ligga mer emot 60-40 (med ett fortsatt 50-årigt driftsperspektiv).

Ett andra resultat från IVA-studien var de grova skattningar av klimatbelastning fördelad på typ av byggnation – flerbostadshus 1,5 miljoner ton CO₂ ekvivalenter (16 600 lägenheter; 63 miljarder SEK i investering), småhus 0,3-0,5 miljoner ton (9 500 bostäder) samt övriga lokaler 2-3 miljoner ton (107 miljarder SEK i investering). IVA-rapportens resultat byggde på en sammanvägning av makroorienterade output-input-analyser av materialflöden samt mikroorienterade antaganden som bygger på klimatutsläpp per kvadratmeter och per investerad krona i de olika delsektorerna.

Våra justerade beräkningar baserade på IVA-studien tar sin utgångspunkt i två nyckeltal, dels utsläppssiffran på 550 kg CO ekvivalenter per kvadratmeter uppvärmd yta - Atemp (siffran är ursprungligen tagen från Erlandsson, 2014, notera att en tredjedel av utsläppen kommer från markarbeten), dels investeringsnivåerna inom flerbostadshus och övriga

lokaler. Skattningen av klimatbelastningen inom flerbostadshus sker genom att multiplicera utsläppen per kvadratmeter med 75 kvm x 1,15 (för att få Atemp) och sedan ta detta gånger 16 600 lägenheter. Detta ger, exklusive markarbeten, ett utsläpp på 0,5 miljoner ton CO₂ ekvivalenter. Om vi sedan för över nyckeltalet för utsläpp per investerad krona från flerbostadssektorn till övriga lokaler och liksom IVA-utredningen lägger den i ett intervall, så hamnar vi i intervallet 0,7- 1,1 miljoner ton CO₂ (exklusive markarbeten). Sammantaget är CO₂ utsläppet för "hus minus markarbeten" inom flerbostadshus och övriga lokaler 1,2-1,6 miljoner ton CO₂ ekvivalenter.

Vilken är då klimatbelastningen i byggskedet (A1-A5) år 2025 om vi antar samma "betongbaserade" beräkningar som år 2012? Ser vi på en drygt fördubblad produktion av flerbostadshus till 35 000 lägenheter/år så blir belastningen 1,1 miljoner ton CO₂ ekvivalenter. Om byggnationen av övriga lokaler ligger på nivån 25 % över år 2012 års siffra blir belastningen 0,9-1,3 miljoner ton. Sammantaget blir detta en belastning inom flerbostadshus och övriga lokaler (exklusive markarbeten) på 2,0-2,4 miljoner ton. Ökningen ligger således runt 0,8 miljoner ton CO₂-ekvivalenter mellan 2012 och 2025.



Figur 2: "Husbyggandets" klimatbelastning för flerbostadshus och lokaler 2012 och extrapolerat 2025

Räknat i procent av målsättningen för år 2030 på 33 miljoner ton CO₂ ekvivalenter blir klimatbelastningen 6,1-7,2 % av den totala svenska målbilden. Detta förefaller vara en hög siffra. Som jämförelse kan noteras att oförändrad procentuell belastning jämfört med 2012 för år 2025 skulle hamna i intervallet 0,7-1,0 miljoner ton. Huruvida denna senare siffra är en rimlig målsättning är nog tveksamt, med tanke på att 2012 var ett lågkonjunkturår och att vi nu strävar efter ett uthålligt byggande på betydligt högre nivåer. Men skillnaden gentemot det extrapolerade intervallet för utsläppen för 2025 är stor.

3 Industriellt byggande i trä – hur svara upp mot utmaningarna?

De samhällsekonomiska utmaningarna vi fört fram som är kopplade till byggandet av bostadshus och lokaler kan sammanfattas i följande punkter:

1. Öka kapaciteten i nybyggnationen, som år 2025 innebär en dryg fördubbling av flerbostadsbyggandet jämfört med 2012. Flerbostadshus är den sektor som förväntas ha den starkaste tillväxten.
2. Minska klimatbelastningen i själva byggskedet i bostadsbyggandet, då en extrapolering fram till 2025 leder till alltför höga procentuella utsläpp i förhållande till de övergripande målsättningarna.
3. Hitta medel för att motverka den sysselsättningsmässiga obalansen mellan stad och land. I storstäderna drabbas exempelvis bygg- och bostadsmarknaden av överhettning, medan betydande delar av vår landsbygd har haft att tampas med den motsatta utvecklingen.
4. Den bristande resurseffektiviteten inom byggindustrin. Överhettning av bostadsbyggandet och medföljande pris- och kostnadsutvecklingar späder på utvecklingen mot minskad effektivitet.

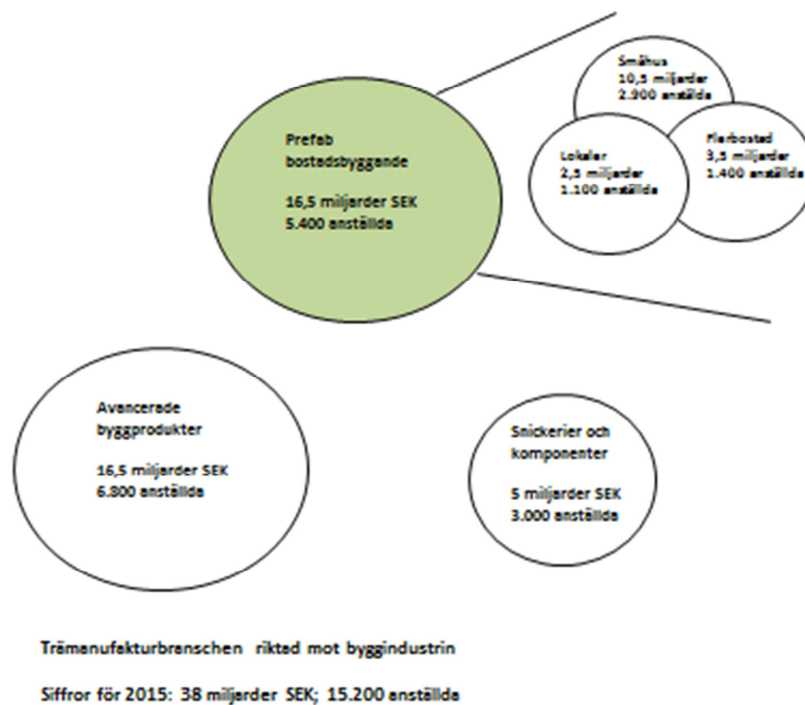
3.1 Kapacitetsutbyggnad av prefabricerat träbyggande

Analysen av kapacitetsutbyggnaden av industriellt/prefabricerat träbyggande tar sin utgångspunkt i branschens nuläge för 2015 (senaste årsredovisningsdata som finns tillgängliga i databaser).

3.1.1 Nuläge år 2015

I ett första steg tar vi ett grepp över hela trämanufakturbranschen riktad mot byggindustrin. Vi skiljer på tre segment: prefabricerat bostadsbyggande (med olika prefabriceringsgrader), avancerade byggprodukter (som inkluderar dörrar, fönster, golv och kök och badrum) samt snickerier och träkomponenter. Utelämnade sektorer eller delbranscher i denna analys är träförpackningar, butiksinredningar och möbler.

Hela trämanufakturbranschen riktad mot byggnation omsatte år 2015 38 miljarder SEK och sysselsatte 15 200 anställda. Prefab-segmentet omsatte 16,5 miljarder SEK och sysselsatte 5 400 personer, avancerade byggprodukter omsatte också 16,5 miljarder SEK och sysselsatte 6 800 personer och slutligen snickerier och komponenter omsatte 5 miljarder SEK och sysselsatte 3 000 anställda.



Figur 3: Trämanufakturbranschen riktad mot byggindustrin uppdelad i sektorer och delsektorer, 2015 års siffror

Om vi i ett nästa steg analyserar det prefabricerade byggandet så faller den sektorn också isär i tre delsektorer: småhus, flerbostadshus samt (övriga) lokaler. Småhusindustrin är den största som år 2015 omsatte 10,5 miljarder SEK och sysselsatte 2 900 anställda (viss export till Japan är här utelämnad). Byggandet av flerbostadshus omsatte 3,5 miljarder SEK och sysselsatte 1 400 anställda. Byggandet av lokaler omsatte 2,5 miljarder SEK och sysselsatte 1 100 anställda. Det bör tilläggas att det till en inte obetydlig del är "kommunicerande kärn" mellan de tre delsektorerna i så motto att ett och samma företag kan leverera till mer än en delsektor. I siffrorna ligger även limträ- och massivträ tillverkning, där en del går till träbroar och där det även finns en betydande export.

Sett över tiden har delsegmenten prefabricering mot flerbostadshus och lokaler (som nedan behandlas som ett gemensamt delsegment) utvecklats starkt både vad gäller tillväxt och lönsamhet. Under perioden 2004 till 2015 har man vuxit med 177 %, dvs. nära tredubblats samtidigt som den genomsnittliga lönsamheten har legat på 9,1 % av totalt kapital (lönsamhets siffran är exklusive massivträ tillverkningen som hos vissa företag är svår att urskilja). Finanskrisen innebar enbart en lite lägre tillväxttakt under några år medan lönsamheten hölls rimligt väl uppe. Småhusindustrin har varit mera drabbad av finanskrisen och andra pålagor vad gäller finansiering. Fram till finanskrisen var utvecklingen stark, men därefter har tillväxten backat med 21 % jämfört med 2008 och

lönsamheten har legat nere på mediokra snittet på 4,8 % på total kapital under perioden 2009 till 2015. Spridningen mellan småhusföretagen har också varit stor, bäst har volymtillverkarna i det undre prissegmentet presterat och sämst har naturligtvis de företag gått som tvingats i konkurs (men som sedan i flera fall har återstartats med nya ägare). Även småhusindustrin är på uppgång både vad gäller tillväxt och lönsamhet. Inför framtiden bådars det starka året 2015 gott för samtliga delsegment.

Tabell 1: Tillväxt- och lönsamhetsutveckling inom delsegmenten småhus och flerbostadshus + lokaler under perioden 2014-2015

	Småhus [%]	Flerbostad + lokaler [%]
<i>Tillväxt 2015</i>	34,2	20,6
<i>Lönsamhet 2015</i>	8,6	10,9
<i>Tillväxt 2008-2015</i>	- 21,5	46,8
<i>Tillväxt 2004-2008</i>	65,8	88,8
<i>Tillväxt 2004-2015</i>	30,1	177,2
<i>Lönsamhet 2008-2015</i>	4,8	7,0
<i>Lönsamhet 2004-2008</i>	13,2	10,6
<i>Lönsamhet 2004-2015</i>	8,3	9,1

3.1.2 Kapacitetsutbyggnad fram till år 2025

År 2025 skulle kapacitet kunna finnas för att svara för ca 50 % av allt flerbostadsbyggande samt uppnå en trämaterialandel inom övriga lokaler på 30-35%. Detta innebär att under perioden har kapaciteten för flerbostadsbyggande stegvis byggts ut från ca 3-4.000 år 2014 till kring 10 000 runt år 2020 samt vidare till 15 000 runt år 2025. Detta skulle, inklusive viss import, komma upp i de 17 500 lägenheter per år som krävs för att nå en 50-procentig andel enligt vår prognos. Inom övriga lokaler kommer en tredubbling av kapaciteten kunna ge en materialandel på 30-35 %, bl.a. genom stark utbyggnad av kapaciteten av limträ- och massivträproduktion. Byggandet av småhus förväntas ligga stabilt och branschen har tidigare varit uppe i den kapacitet på 13-14 000 hus som nu åter kommer att behövas.

Det bör vidare noteras att kapacitetsutbyggnaden upp till 10 000 lägenheter inom flerbostadshus redan är pågående eller ligger långt framme i planläggningen (detta inkluderar även en utökad kapacitet inom segmentet lokaler). Därutöver finns möjligheter att tänja kapaciteten genom att utnyttja ett andra skift i fabriker för både prefabricering av småhus och flerbostadshus. Vi bedömer att redan den första expansionsfasen fram till 2020 kan ha en "tänjd kapacitet" som ligger över 10 000 lägenheter, givet att efterfrågan finns där.

Tabell 2: Kapacitetsutbyggnaden inom Industriellt (prefabricerat) byggande i trä fram till 2025

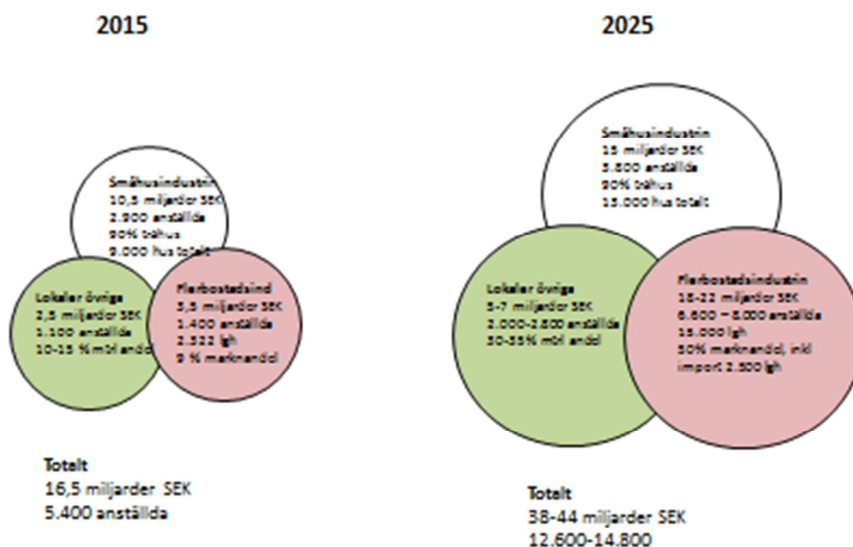
Investeringsfas	Kapacitet
Pilot - etableringsfasen <i>(fram till 2014)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Flerbostadshus 3 000 - 4 000 lägenheter• 9-10 % marknadsandel• Lokaler övriga 10 - 15 % materialandel
Första expansionsfasen <i>(2015-2020)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Flerbostadshus 10 000 lägenheter• 25 % marknadsandel• Lokaler övriga 20 - 25 % materialandel
Andra expansionsfasen <i>(2021-2025)</i>	<ul style="list-style-type: none">• Flerbostadshus 14 000 - 16 000 lägenheter• 50 % marknadsandel (inkl. viss import)• Lokaler övriga 30 - 35 % materialandel

3.1.3 Prefabricerat träbyggnade – en framskrivning för år 2025

Prefabricerat träbyggnade riktat mot bostadsindustrin beräknas år 2025 omsätta i intervallet mellan 38-44 miljarder SEK och öka antalet anställda till ca 13 500. Detta kan betraktas som ett best-case- scenario och bygger på att efterfrågan följer efter och bitvis drar i tillväxten. Jämfört med år 2012 innebär detta på totalen en ökning av omsättning och sysselsättning 2,5 gånger, vilket innebär drygt 8 000 fler anställda.

Störst är ökningen inom flerbostadsbyggandet som går från 3,5 miljarder SEK 2015 till 18-22 miljarder SEK år 2025 och en sysselsättning från 1 400 anställda till 6 600-8 000, detta för att nå upp till en kapacitet på runt 15 000 lägenheter. Trästommens andel av flerbostadsbyggandet går då från ca 10 % upp till (nära) 50 %.

På motsvarande sätt beräknas byggandet av lokaler öka från 2,5 miljarder SEK till 5-7 miljarder SEK, för att nå en materialandel på 30-35% från i utgångsläget 10-15% (detta är en mycket svårbedömd skattning). Sysselsättningen går samtidigt från 1 100 anställda till intervallet 2 000-2 800 personer. Inom byggandet av lokaler förekommer det en större andel hybridlösningar mellan trä, betong och stål och det går inte att räkna efter materialslaget i stommen för att få en överblick (då sådana statistiska data inte tas fram).



Prefab bostadsbyggande i trä nuläge 2015 och prognos för 2025

(2015 års priser samt ett produktivitetsantagande om 10% för perioden)

Figur 4: Prefab bostadsbyggande i trä nuläge och prognos för 2025

En framtida potential, som vi bara noterar i förbegående i denna rapport, är möjligheterna att bygga upp en framgångsrik exportindustri runt industriellt byggande i trä. Vår inhemska marknad kan i vad gäller detta område räknas som en "tidig marknad" och erfarenheterna från vår tjugoföråriga uppbyggnadsfas i Sverige är möjliga att översätta i olika former av exportstrategier – som spänner från kunskapsöverföring, till lokala etableringar, till ren export från svenska fabriker. Exportmöjligheterna kan vara en ytterligare drivkraft till att kraftigt bygga ut den svenska produktionskapaciteten och export kan i också framtiden vara en viktig faktor för att jämna ut svängningar i byggkonjunkturen och hur det drabbar det enskilda företaget.

3.1.4 Flytta sysselsättning från stad till land

Övergången till en ökad andel industriellt byggande i trä innebär att sysselsättningen vid själva byggarbetsplatsen går ner till förmån för en uppgång i arbetet i fabrik (inklusive underentreprenörer och materialleverantörer kopplade till fabriken). Arbetet på byggarbetsplatsen med den längst gångna prefabriceringen som är volymmoduler beräknas ta ca 15-20 % av de totala resurserna och detta verkar gälla rätt bra räknat i arbetstimmar också. I en utredning från Chalmers rörande traditionellt projekt- och platsbundet byggande (Josephsson, 2013) räknades fram att tidsåtgången per kvm BTA inklusive arbetsledning och exklusive byggherreprojektering låg runt 10,17 timmar/kvm BTA för prefabricerad betong och 11,15 timme/kvm BTA för platsbyggd betong. Genomsnittet blev 10,5 timme/kvm BTA. Det saknas en motsvarande tvärsnittsstudie för tidsåtgång och kostnader för prefabricerat byggande i trä, men summeringen från ett antal diskussioner (runt enskilda företags erfarenheter) pekar på en generellt något lägre timåtgång vid sammanläggning av tid i fabrik och tid på byggarbetsplats. Därutöver finns en rad konkreta exempel på att när verksamheten drivs mera storskaligt och utan alltför stor störningar på byggarbetsplatsen uppnår man betydligt större tidsvinster. I våra jämförande beräkningar har vi "bara" minskat timåtgången med 1 timme per kvm BTA på totalen vid byte från traditionellt byggande till industriellt byggande i trä.

Vid analys av hur mycket arbete som flyttas från byggarbetsplatser i de tre storstäderna plus regioncentren, gör vi följande antaganden. Vad gäller flerbostadshus räknar vi på 17 500 lägenheter á 90 kvm (BTA) och lägger 85 % av dessa inom storstäderna plus regioncentren (troligen en siffra i underkant). Vi räknar vidare med att ta bort 8,5 timme/kvm BTA från byggarbetsplatsen för traditionell byggande och dividerar med en årsarbetstid på 1 700 timmar. Detta leder upp till att ca 6 700 arbetstillfällen lämnar storstäderna. På motsvarande sätt räknar vi med att 7,5 timmar/kvm BTA "flyttar in" i fabriken (inklusive underentreprenörer) från storstäderna vilket ger 5 000 arbetstillfällen (för 15 000 lägenheter), därtill kan adderas att monteringslagen på byggarbetsplatserna även de "kommer från landet". Flytten av jobb gällande segmentet lokaler är synnerligen svårberäknad och är bl a beroende av hur olika grader av prefabricering utvecklas (vilket varierar med vilka olika typer av byggnader som byggs vid det tillfället). Dock räknar vi med att prefabricering av lokaler ytterligare adderar till flytten från byggarbetsplats till fabrik och sammantaget gör vi beräkningen att jobbflytten ut på landet (flerbostadshus + lokaler) rör sig om runt 6 000 personer. Genom att flytta

jobb från byggprojekt i storstäder till industriell miljö utanför storstäder, så minskar trycket på att anställa byggnadsarbetare i överhettade konjunkturlägen liksom i någon mån problematiken runt den långsiktiga försörjningen av byggnadsarbetare. Flytten in i fabrikena ändrar också profil på personalen från snickare till maskinoperatörer, en förändring som öppnar upp för en bredare rekrytering.

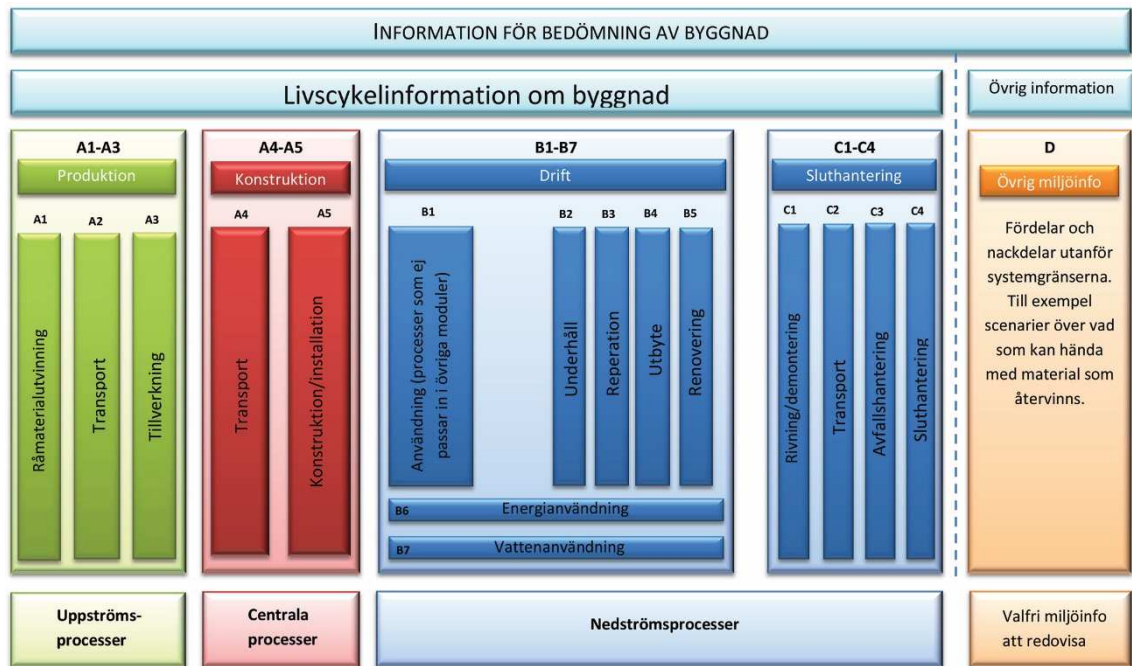
Kommer betongindustrin att drabbas när det sker en så omfattande substitution till trä inom bostadsbyggandet? Betongindustrin uppger själva att branschen omsätter 22 miljarder och sysselsätter 6 500 personer (2015 års siffror enligt Svensk Betongs hemsida). Räknat i kubikmeter betong går 80 % av all svenskproducerad betong till anläggningar och resterande 20 % till bostäder och lokaler. Då prefabriceringsgraden förmodas vara högre på bostadssidan får vi anta att omsättningsmässigt ser fördelningen något annorlunda ut. Samtidigt med förluster i betongproduktionen uppstår genom substitution till trä kommer detta att balanseras av att den allmänna produktionsnivån inom bostadsbyggandet förväntas att ligga på en betydligt högre nivå. Mot denna bakgrund har vi inte i våra kalkyler räknat med någon minskad sysselsättning inom betongindustrin.

3.2 Träbyggandets bidrag till minskad klimatbelastning

Vid våra fortsatta diskussioner om klimatbelastningen i bostadsbyggandet bortser vi från småhusindustrin och fokuserar på flerbostadshus och lokaler. Huvudfrågorna rör vilka minskningar i klimatbelastning vi kan uppnå genom att substituera betong mot trä och även hur dessa besparingar relaterar till den klimatmässiga målbild som finns för år 2030.

3.2.1 Livscykelanalys av en byggnads klimatbelastning

Livscykelanalys (LCA) är den gängse metoden för att analysera den samlade klimatbelastningen av (1) byggskedet som inkluderar produktion av byggmaterial, transporter och själva konstruktionsarbetet, (2) driftskedet som innefattar energiåtgången för att värma upp och leva i bostaden tillsammans med olika typer av underhåll och ombyggnader samt (3) sluthanteringskedet. Därtill finns en post för övrig information, där bl.a. den för träet så viktiga kollagringen kommer in liksom scenarier över materialåtervinning. Tidsförloppen i LCA sträcker sig från 50 till 100 år.



Figur 5: Byggnadens systemgränser vid LCA

I denna studie fokuserar vi på byggskedet A1-A5 och i första hand på tillverkning av byggnadsmaterial A1-A3. Det finns flera motiv till detta.

1. I rapporten är vi fokuserade på effekterna av nybyggnation och vill använda resultaten från IVA-studien som utgångspunkt. Klimatbelastningen från tillverkning av olika byggnadsmaterial ligger i A1-A3. I de flesta LCA:er är inte skillnaderna mellan trä- respektive betongalternativen sådana att de rubbar träets fördelar om vi räknar in A4 och A5.
2. Effekterna från byggskedet rörande minskad klimatbelastning är omedelbara och mycket viktiga i förhållande till de ambitiöst ställda mål som gäller redan 2030. LCA-beräkningar som sker enligt uppställda regelverk jämnställer klimatutsläpp och likaså besparingar som sker tidigt och sent under livscykeln. Det finns ingen nuvärdesberäkning, där en diskonteringsfaktor skulle värdera en tidig besparing mera än en sen. Det finns uppenbara argument som stödjer detta sättet att tänka, bl a att vi inte ska skjuta över klimatproblemen till kommande generationer. Men det finns också skäl som skulle stödja argumenten om att införa en diskonteringsfaktor och lyfta fram värdet av tidiga besparingar ur klimathänseende. Två argument är att den prekära situation som vi befinner oss i för närvarande kräver snabba resultat och att kalkyler 50-100 år framåt i tiden är osäkra. Det som man med säkerhet borde kunna ena sig kring är att bland två LCA-alternativ som ger samma "slutsumma", borde man välja den som har en "tidig profil" i sina klimatvinster.

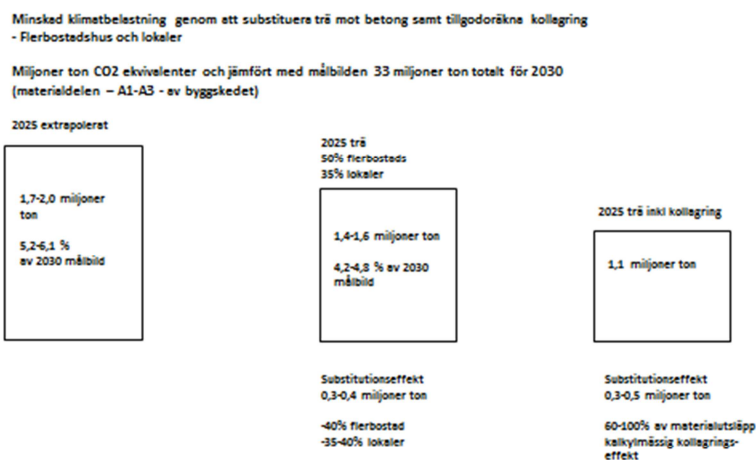
3. Genomgångar av hela livscykelanalyser (Tyréns, 2017; Larsson m.fl., 2016; Penaloza m.fl., 2013) visar att merparten bland LCA:erna inte ger en annorlunda bild av träets lägre klimatbelastning jämfört med betong sett över hela livscykeln. Exempelvis har inte energianvändningen i driftsskedet någon diskriminerande betydelse (jfr Ekvall, 2006). Däremot blir träets klimatmässiga fördelar räknat i procent lägre, då man spänner över hela LCA:n. Detta såvida man inte räknar in (effekterna av) kollagringen, vilket kommer att dramatiskt minska trämaterialiets klimatmässiga belastning och följaktligen dess fördelar gentemot betong- och stålmaterialen.
4. Den av de jämförande studierna av flerbostadshus i Tyréns sammanställning som motsäger dessa slutsatser är analysen av Viva/Johanneberg (Kurkinen et al, 2015), där jämförelserna i driftsskedet påverkas av att utbyte (B4) är minst 10 gånger så hög gentemot betong (i s.k. styrkt träcase) och där också i byggskedet transportkostnadernas (A4) belastning är tre gånger så hög (i s.k. styrkt träcase). LCA:n tar ett hundraårigt perspektiv, vilket ökar driftsfasens betydelse.

3.2.2 Träbyggandets bidrag till att minska klimatbelastningen

Utgående från genomförda LCA-er och med fokus på belastningen i materialdelen av byggskedet (A1-A3) så är en grundläggande uppgift att bestämma ett nyckeltal för minskad klimatbelastning vid substitution från betong till trä. Baserat på Tyréns sammanställning (Tyréns, 2017) och i samråd med Tyréns räknar vi på minus 40 % i klimatbelastning på flerbostadshus (hela huset inklusive stomme och fasad) och minus 35- 40 % för lokaler. Båda nyckeltalen ligger centralt inom ramen för den spridning som råder mellan olika LCA-er (där exempelvis den vanligt citerade jämförelsen mellan Strandparken (träalternativet) och Blå Jungfrun (betongalternativet) i Larsson m.fl. (2016) på flerbostadssidan pekar på en skillnad på minus 55% till träets fördel, både i jämförelse A1-A3 och A1-A5).

När minskningen i klimatbelastning genom att ersätta betong med trä fram till år 2025 ska beräknas får vi en formel med tre komponenter. Utgångspunkten är klimatbelastningen av "husdelen" exkl. markarbeten i nybyggnationen av flerbostadshus och lokaler på 1,2–1,6 miljoner ton CO₂ ekvivalenter från år 2012 extrapolerad till ett utsläpp på 2,0–2,4 miljoner ton år 2025 (A1-A5). För att kunna applicera våra nyckeltal för substitution mellan betong och trä, så behöver vi banta A1-A5 (hela byggskedet) till A1-A3 (materialdelen) och då använder vi faktorn 0,85 och hamnar i intervallet 1,7–2,0 miljoner ton CO₂ ekvivalenter.

Till detta intervall ska läggas ovanstående nyckeltal för substitutionseffekt från betong till trä. Tillsammans med att materialandelen är 50 % för flerbostadshus och 30-35 % för lokaler (jämfört med ett "betongalternativ" från 2012 som vi uppfattar är IVA-studiens utgångspunkt) kan vi gå vidare. Den fortsatta beräkningen visar att sammantaget ger detta en besparing i utsläpp på 0,3-0,4 miljoner ton CO₂ ekvivalenter år 2025, fördelat på 0,2 miljoner ton för flerbostadshus och 0,1-0,2 miljoner ton för lokaler. Klimatbelastningen har nu sjunkit till 1,4–1,6 miljoner ton CO₂ ekvivalenter.



Figur 6: Substitutionseffekter vid övergång från betong till träbyggnade

Om effekterna av kollagringen räknas in och görs i enlighet med Tyréns rekommendation att räkna på att 60-100% av klimatutsläppen i A1-A3 för prefabricerat träbyggnade (som vi antar utgör 85 % av A1-A5) återvinns av kollagringen, så dubblas (de sammantagna) substitutionseffekterna till träets fördel. Räknat på ovanstående materialandelar för trä och nyckeltal för substituering så blir effekten av kollagringen 0,3-0,5 miljoner ton CO₂ ekvivalenter. Detta sänker klimatbelastningen för "husdelen" (exkl. markarbeten) av flerbostadshus och lokaler för år 2025 till 1,1 miljoner ton och ger en besparing på 0,6-0,9 miljoner ton CO₂ ekvivalenter.

Om målsättningen mot år 2030 sätts högre än materialandelar på 50 % (flerbostadshus) respektive 30-35% (lokaler) finns möjligheterna till högre besparingar – runt 0,5 miljoner ton substitutionseffekt och över 1 miljon ton i kombinerad substitutions- och kollagrings-effekt (den senare är ju i sig ytterligare en substitutionseffekt).

Besparingarna på 0,3-0,4 miljoner ton respektive 0,6-0,9 miljoner ton bör också sättas i relation till den svenska målbilden för år 2030 på 33 miljoner ton CO₂ ekvivalenter (inkluderande både den handlande och icke-handlande sektorn). Besparingarna är till synes blygsamma på makronivå, 1-3 procentenheter beroende på hur man räknar, men med så pass ambitiösa målsättningar är varje miljon och även tiondels miljon i besparing värdefull.

Avslutningsvis en kommentar rörande vårt val att jämföra träets klimatmässiga fördelar med en statisk bild av betongens klimatpåverkan. Betongindustrin har en mycket ambitiös vision att år 2030 vara klimatneutrala. Detta ska ske genom att (1) effektivisera energianvändningen vid cementtillverkning (gå över till biobränslen), (2) optimera cementrecepten för olika användningsområden samt (3) fånga och lagra den koldioxid som

bildas vid cementproduktionen. I likhet med Larsson m.fl. (2016) har vi inte tagit med denna mera dynamiska bild, då det i dagsläget i stort saknas siffror som publikt validerar dessa målsättningar.

3.3 Prefabricering är resurseffektivare

Till att börja med måste vi konstatera att det finns behov av en bred produktivetsstudie rörande industriell träbyggande, av samma karaktär som har genomförts av Josephson inom traditionellt byggande (Josephson, 2013). Det finns ett antal studier av industriellt träbyggande gjorda inom ramen för forskningsprogrammet Lean Wood Engineering (där författarna har varit verksamma i snart tio år), men det saknas en systematisk tvärsnittstudie från hela populationen av industriella byggare i trä och i vissa lägen är informationen yttermera av konfidentiell natur. Därför blir rapportens diskussion av det industriella byggandets fördelar av mera generell karaktär.

Sammanfattningsvis är vår erfarenhet att industriellt byggande har lyckats väl med att effektivisera arbetet i fabrik och att de främsta problemen ligger på byggarbetsplatsen där den industriella logiken möter den traditionella projektbaserade bygglogiken. På byggarbetsplatsen uppstår fortsatt flaskhalsar med bl.a. långa ledtider hos underentreprenörer och det finns fortfarande en osäkerhet om vilka resurser som behövs för att exempelvis "slutmontera" ett flerbostadshus (där man lätt överdimensionerar resurserna).

Arbetet i fabriksmiljö är effektivt jämfört med traditionellt byggande med ökad kontroll över processer som ger fördelar i såväl tids-, som kostnads-, som kvalitetsplanering. Vi konstaterar att industriella byggprojekt har generellt lägre ÅTA-arbeten, att andelen materialspill går ner och att större volymer ger kostnadseffektivare processer. Underentreprenörer och även konsulter integreras på ett bättre och tydligare sätt och över tiden uppstår mera partnerskapsliknande relationer. Samtidigt kan vi konstatera att det finns olika strategier hos de industriella byggarna och att man exempelvis har kommit olika långt ifråga lean-tänkande. Därför så skiljer sig nyckeltalen åt mellan de olika företagen.

Lägger vi samman en effektiv fabriksproduktion och en mindre effektiv produktion på byggarbetsplatsen, så visar våra analyser av enskilda fall på att prefabricering är konkurrenskraftigt och lönsamt - med stabilare kvalitet, lägre kostnader, lägre timåtgång per kvadratmeter samt kortare ledtider. Vår slutsats är även att industriell byggande skapar ett produktionssystem som över en konjunkturcykel är stabilare - som en följd av industriellt kontrollerade processer, ökad integration och ökad grad av partnerskaps-tänkande. Att förlägga produktion utanför storstadsregionerna och att bemanna med maskinoperatörer bidrar till att man möter en annorlunda arbetsmarknad och även att löneutvecklingen blir mera kontrollerad.

4 Olika prefabriceringsstrategier – tillväxt kräver flera vägar

Av de ca tiotusen lägenheter som har producerats med industriell träbyggande så är ungefär 90 % uppförda med modulelement-tekniken. Inte sällan har den industrielle byggaren också varit byggherren. Sett i backspegeln kan denna strategi ha varit avgörande för att det industriella byggandet i trä fick fotfäste på den svenska marknaden, där de dominerande aktörerna tycks ha upplevt sig ha haft mest att vinna på att agera passivt och kanske t o m att motarbeta. Strategin kan liknas vid en "kringgående rörelse" för att nå till målet och etablera pilotprojekt och växa sig starka inom lämpliga nischer som exempelvis studentbostäder. På ett överordnat generellt plan visar forskningen att denna strategi är vanlig bland utmanare med ny teknik inom en rad andra branscher.

Men om målsättningen är att nå en 50-procentig andel av flerbostadshus och en stor andel inom lokaler är det tveksamt och t o m osannolikt att det räcker med kringgående rörelser. Då måste även de dominerande storföretagen, både bostadsbolagen och byggbolagen, mera kraftfullt komma in i bilden. Den kringgående rörelsen måste kompletteras med strategier som skär rakt igenom "centrum" av bygg- och bostadsindustrin. Denna "centrumstrategi" verkar hittills vara mest utvecklad i samarbeten med de större bostadsbolagen, där den sedan ett antal år har utvecklats parallellt med "kringgående rörelse-strategin". Motsvarande centrumstrategi i samarbete med de stora byggbolagen upplever vi inte har kommit lika långt. I vissa fall kan också centrumstrategin innebära att prefabriceringsgraden behöver sänkas och att byggarbetet blir mera likt det som redan görs med betongelement som stommaterial. För den industrielle byggaren kan detta innebära en satsning på planelement och s.k. "precut".

En tredje strategi är underleverantörstrategin, där "vanliga snickeriföretag" skulle kunna rikta in sina resurser mot en standardiserad produktion. I den här strategimodellen är det de stora bostadsbolagen som tar fram helt standardiserade system avsedda för större volymer och lägger ut för produktion hos dessa (från början) mindre snickeriföretagen. Förädlingsgraden hos dessa standardiserade system kan variera från hela hus till mindre avancerade komponenter i trä.

För att lyckas att komma upp i de materialandelar och volymer som har skissats i denna rapport är det troligt att alla tre strategityperna måste utvecklas. Det kräver en anpassning i strategitänkandet och produktionssystemen hos både de stora byggbolagen och de stora bostadsbolagen liksom hos trä- och byggföretagen som sysslar med fabriksmässig prefabricering i trä.

5 Summering och avslutande kommentar

Mot bakgrund av de samhälleliga utmaningarna kopplade till demografi, klimat, sysselsättning och krav på resurseffektivitet kan industriellt träbyggande bidra med följande i ett tidsperspektiv fram till 2025:

- Bygga upp en kapacitet för industriell träbyggande som kan leverera 50 % av flerbostadshusen som byggs på den svenska marknaden (17 500 lägenheter varav 15 000 producerade inom landet) och samtidigt nå en 30-35%-ig materialandel inom segmentet lokaler.
- Därigenom skapa 8 000 nya jobb inom prefabricering i fabriksmiljö och bidra till att flytta 6 000 jobb från storstad till landsbygd. Detta kan vara en delösning på bristen på inhemsk byggarbetskraft – att ”flytta ut jobben på landet” och att ”föra över arbetsuppgifter från snickare till maskinoperatörer”. Detta kan även vara en möjlighet för integrering av nyanländ arbetskraft.
- Utnyttja träets potential för minskad klimatbelastning jämfört med andra byggmaterial. Ett industriellt flerbostadshus har 40 % lägre CO₂ utsläpp än ett jämförbart betonghus (i materialdelen av byggskedet). Motsvarande siffra för lokaler är minus 35-40% (valda nyckeltal är framtagna i samråd med samhällsbyggarkonsulterna Tyréns).
- Minska klimatbelastningen med 0,3-0,4 miljoner ton CO₂ ekvivalenter genom att substituera från betong till trä (flerbostadshus + lokaler) – en besparing som utgör ca 1 % av den totala mängd utsläpp som Sveriges handlande och icke handlande sektorer ska anpassa sig till för år 2030. Om träets kollagring adderas till substitutionseffekten så blir den kalkylmässiga besparingen 0,6-0,9 miljoner ton CO₂ ekvivalenter. Målsättningen mot 2030 skulle kunna ytterligare skruvas upp till besparingar på 0,5 miljoner ton i substitution från betong till trä och till drygt 1 miljon ton om kollagringen adderas (utifrån antagandet om en statisk betongindustri vad gäller klimatanpassning).
- Bygga resurseffektivare med industriellt byggande och framförallt utnyttja den potential till fortsatta effektivitetsförbättringar som ligger i att öka volymerna. Industriellt byggande har bättre kontroll över förädlingsprocesserna, vilka inkluderar underentreprenörer, konsulter och materialleverantörer och kan genom skapandet av bättre integration och partnerskap verka dämpande på en volatil marknad.
- Industriellt byggande i trä riktat mot flerbostadshus och lokaler har också möjlighet att bli en framtida exportframgång. Erfarenheter från den inhemska

marknaden, som är att betrakta som en "tidig marknad", kan inbakade i olika typer av affärsmodeller kapitaliseras i en framgångsrik exportverksamhet.

En avslutande kommentar gäller den framtida tillgången på kapacitet på den svenska marknaden för bostadsbyggande. Om det kraftigt ökande behovet av ska tillfredsställas, så talar vi om betydande kapacitetstillskott. Samtidigt tycks svensk skogs- och träindustri i dagsläget vara den enda aktören som stiger fram med påbörjade och långt framskridna planer på stora kapacitetsutbyggnader. Vi bedömer exempelvis att osäkerheten vad gäller klimatfrågan är för stor för att man från betongindustrin (i dagsläget) ska ge sig in på stora expansionsplaner. De stora byggbolagen verkar dessutom ägarmässigt frikoppla sig från betongproduktionen och är därmed mindre bundna till det traditionella byggandet i betong. Utbyggnaden av industriellt, prefabricerat byggande i trä har en stor potential som kan nyttiggöras av både svensk skogs- och träindustri, av byggbranschen i sin helhet och av samhället i stort.

Referenser

Boverket (2016) Boverkets rapport 2016:18.

Erlandsson, M. (2014) Hållbar användning av naturresurser – andelen nedströms klimatpåverkan (BWR7), IVL.

IVA och Sveriges Byggindustrier (2014) Klimatpåverkan från byggprocessen – En rapport från IVA och Sveriges Byggindustrier.

Josephson P.E. (2013) Produktivitetläget i svenskt byggande 2013 – Nybyggnad flerbostadshus och kontor, SBUF, ID:12713.

Larsson, M, Erlandsson, M, Malmqvist, T, Kellner, J (2016) Byggandets klimatpåverkan för ett nyproducerat flerbostadshus av massiv stomme i trä, Sveriges Byggindustrier.

Penaloza, D, Norén, J, Eriksson, P-E (2013): Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälludden Case Study, SP Report 2013:07.

Sveriges Byggindustrier (2017) Byggkonjunkturen nr 1.

Tyréns (2017) PM - Framtidsstudie: Indata för bedömning av klimateffekt av ökat träbyggande, slutrapport 2017-04-12.

Veidekke (2017) Den svenska bostadsmarknaden – konjunkturanalys och prognos för det framtida bostadsbyggandet, april.

**FRAMTIDSSTUDIE: INDATA FÖR
BEDÖMNING AV KLIMATEFFEKT AV
ÖKAT TRÄBYGGANDE**



UPPDRAG 277158, Framtidsstudie - Bedömning beräkning av klimateffekter av ett ökat träbyggande

Titel på rapport: Framtidsstudie: Indata för bedömning av klimateffekt av ökat träbyggande

Status: Slutrapport

Datum: 2017-04-10

MEDVERKANDE

Beställare: ARBIO AB

Kontaktperson: Mikael Eliasson

Konsult: Tyréns AB

Uppdragsansvarig: Ulf Wiklund

Handläggare: Ida Bohlin

Kvalitetsgranskare: Sara Malmgren

REVIDERINGAR

Revideringsdatum 2017-04-24

Version: 1.1

Initialer: IB Tyréns AB

INEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INLEDNING.....	4
2	INDUSTRIBYGGNAD.....	5
3	KOMMERSIELL BYGGNAD.....	5
4	FLERBOSTADSHUS.....	6
4.1	VIVA JOHANNEBERG.....	6
4.2	WÄLLUDDEN.....	6
4.3	STRANDPARKEN.....	7
4.4	FLERBOSTADSHUS MED MASSIV STOMME AV TRÄ.....	7
4.5	FOLKHEMS KONCEPTUS.....	8
5	INFRASTRUKTUR.....	8
6	METOD FÖR BERÄKNING AV KOLDIOXID BUNDET I BIOGENA MATERIAL.....	9
6.1	BERÄKNINGSEXEMPEL FÖR FLERBOSTADSHUS STADSHAGEN.....	9
7	REFERENSER.....	11

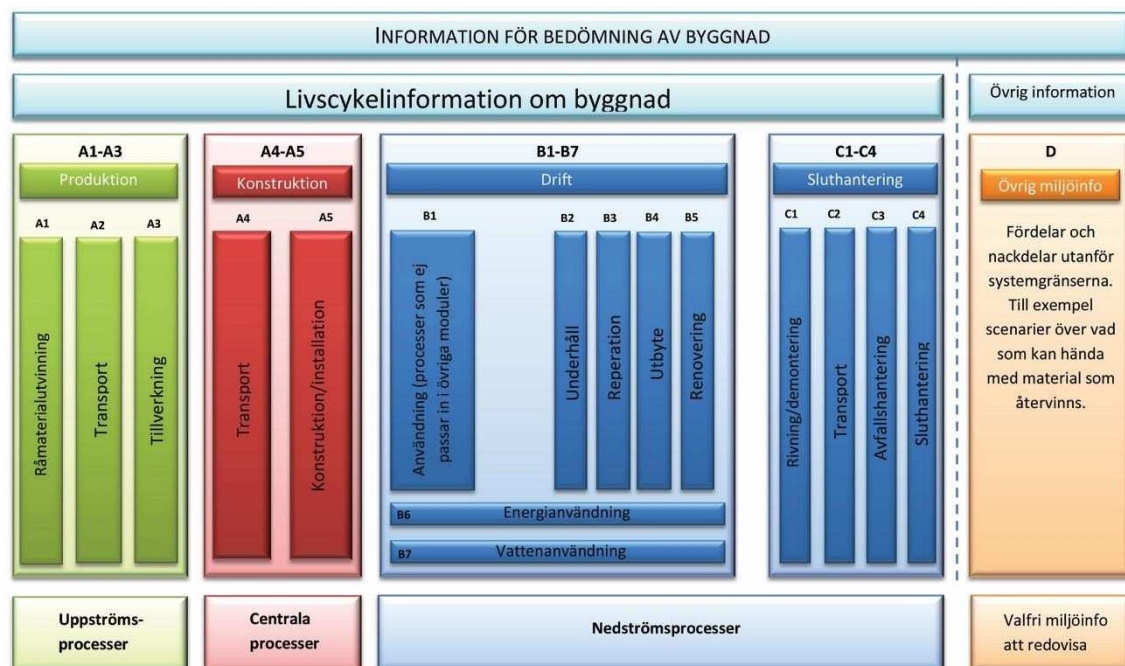
1 INLEDNING

Tyréns har av Skogsindustrierna fått genomföra sammanställning av tidigare utredningar och beräkningar av klimateffekten mellan träbyggande och traditionellt byggande.

Sammanställningen ska utgöra underlag till en framtidsstudie om träbyggandets potential som utförs av Staffan Brege m fl på Linköpings Universitet.

I efterföljande kapitel beskrivs de sammanställda projekten i korthet och hänvisar till respektive källdokument. Värdena är avrundade och anges i denna rapport med två värdesiffror. Kapitlen är uppdelade efter vilken byggnadstyp de representerar, dvs industribyggnad, kommersiell byggnad, flerbostadshus samt infrastruktur.

Systemgränser beskriver vilka processer samt vilka delar av en byggnad som ingår i livscykelanalysen. Den miljöbelastning som uppstår till följd av aktiviteterna inom systemgränserna är den som ska redovisas. Systemgränserna som presenteras nedan är framtagna i enlighet med standard SS-EN 15804:2012+A1:2013 och standard SS-EN 15978:2011. Hänsyn har också tagits till det internationella EPD-systemets generella programinstruktioner för miljödeklarationer. I Figur 1 beskrivs de olika faserna i en byggnads livscykel och vad som ingår i varje fas. Dessa har delats in i uppströms-, centrala- (huvudprocesser) samt nedströmsprocesser, som i sin tur har delats upp i olika samlingsmoduler (A1-3, A4-5, etcetera). För mer information se *Kortversion av Tyréns handbok för livscykelanalyser och miljödeklarationer avseende byggnader* (Tyréns, Kortversion av Tyréns handbok för livscykelanalyser och miljödeklarationer avseende byggnader, 2014).



Figur 1. Byggnadens systemgränser.

2 INDUSTRIBYGGNAD

För fullständig rapport se *Jämförande LCA för industribyggnad* (Tyréns, Jämförande LCA för industribyggnad, 2016).

Resultaten för en industrifastighet av storleken 90x24 m, konstruerad med främst trä eller stål, redovisas i Tabell 1. Fastigheten är en stor hall med alla bärande pelare i ytterväggarna och har en bruttoarea (BTA) på 2187 m². Rapporten är en partiell LCA-screening där enbart material analyserats *från vagg till grind*, A1-A3.

Funktionell enhet:

1 m² BTA (bruttoarea) för ett industribyggnadsverk

Tabell 1. LCA-resultat för ett industribyggnadsverk

Byggnadstyp	kg CO ₂ e per m ² BTA A1-A3
Industribyggnad Stål	370
Industribyggnad Trä	280

Stålnalternativet ger cirka 30 % högre klimatbelastning än träalternativet när det gäller materialframställning med valda specifika leverantörer.

3 KOMMERSIELL BYGGNAD

För fullständig rapport se *Jämförande LCA screening varuhus* (Tyréns, 2015).

Rapporten beskriver en jämförelse av potentiell klimatpåverkan (Global Warming Potential) från ingående material mellan ett "konventionellt" varuhus i betong med motsvarande konstruktionsalternativ i trä med hjälp av materialscreening. Resultaten redovisas för takalternativet för bärande takkonstruktion med limträbalkar och profilplåt då den konstruktionslösningen anses mer trolig. Specifika indata har använts då de anses mer representativa för den svenska marknaden. Rapporten är en partiell LCA-screening där enbart material analyserats *från vagg till grind*, A1-A3. Resultaten redovisas i Tabell 2.

Funktionell enhet:

"Stomme för plan ett och två med tillhörande bjälklag ovan plan ett (11700m²) samt bärande takkonstruktion (20500 m²) för ett varuhus med samma mått och funktion som det redan färdigbyggda varuhuset"

Tabell 2. LCA-resultat från kommersiell byggnad

Stomme	Ton CO ₂ ekv. A1-A3
Trä	1 900
Konventionellt	3 200

4 FLERBOSTADSHUS

Styckena nedan är en sammanfattning från flera källor. Rubriken beskriver fastighetsnamnet eller projektets namn.

4.1 VIVA JOHANNEBERG

För fullständig rapport se *Energi och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika stomalternativ*. SP Rapport 2015:70 (Kurkinen, 2015).

Viva är ett bostadsområde som planeras i stadsdelen Johanneberg i Göteborg intill Chalmers Tekniska Högskola. Totala boarean är 6 078 kvadratmeter fördelade på tre låga och tre höga huskroppar som ligger i en sluttning. De olika alternativ som har utvärderats är flerbostadshus med en stomme med prefabricerad betong, en stomme i platsgjuten betong samt en massivträstomme. Resultaten redovisas i *Tabell 3*.

Funktionell enhet:

1 m² boarea (BOA) under 100 år

Tabell 3. LCA-resultat för Viva Johanneberg. Resultaten visar CO₂-ekv/m² BOA

Stomme	A1-A3	A4	A5	B2	B4	B6	C1
Betong prefab	180	10	5	0	0	130	5
Betong platsgjutet	170	10	10	0	5	130	5
Trä (scenario 1)	110	20	5	5	10	140	5
Trä (scenario 2)	110	30	5	10	50	140	5

4.2 WÄLLUDDEN

För fullständig rapport se *Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälludden Case Study* (Peñaloza, 2013).

En LCA för åtta olika utföranden av ett flerbostadshus i Wälludden, Växjö, har genomförts. Tre olika moderna träbyggnadssystem, ett med volymelement, ett med stomme av massiva trärelement och ett pelar-balk system har analyserats med ett standard- respektive passivhusutförande med avseende på byggnadens energieffektivitet. En jämförelse görs också med byggnadens originalutförande i trä samt ett betongalternativ. Resultaten redovisas i *Tabell 4*. Living area har tolkats som boarea, BOA.

Funktionell enhet:

One square meter (m²) of living area for one hundred years

Tabell 4. Avrundade LCA-resultat för samtliga alternativ för Wälludden. Tabellen visar kg CO₂ ekv/m² BOA. B1 Use phase innehåller bara betongens karbonatisering.

Stomme	A1-A3	A4-A5	B6	B2	B1	C1-C4	D	Carbon Storage
Trä original design	140	10	670	30		60	240	170
Trä Modular system Co	140	10	600	30		60	260	180
Trä Modular system PH	150	10	310	30		70	270	190
Trä CLT system Co	140	10	600	30		70	310	220
Trä CLT system PH	150	10	280	30		70	330	240
Trä Column-beam Co	170	10	600	30		70	280	210
Trä Column-beam PH	170	10	310	30		70	300	210
Betong original design	250	30	670	30	-30	80	170	1.

4.3 STRANDPARKEN

För fullständig rapport se *Screening avseende klimatpåverkan från flerbostadshus. En studie av Folkhems projekt Kv. Strandparken* (Tyréns, 2012).

Folkhem har byggt fyra flerbostadshus i området kvarteret Strandparken, Sundbyberg. Husen byggs med trästomme och uppgår till 8 våningar. I rapporten görs en jämförelse med byggd trästomme mot antagen betongstomme samt mot ett motsvarande byggt hus (Porla Brunn). Screeningen är gjort från vagg till grind, d.v.s. A1-A3. Resultaten redovisas i Tabell 5.

Funktionell enhet

$$1 \text{ m}^2 A_{temp}$$

Tabell 5. LCA-resultat för Strandparken

Stomme	Kg CO ₂ ekv/ m ² A _{temp} A1-A3
Trä - Strandparken	150
Betong - Strandparken	350
Betong - Porla Brunn	300

4.4 FLERBOSTADSHUS MED MASSIV STOMME AV TRÄ

För fullständig rapport se *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä.* (Larsson, 2016).

Det här projektet är en uppföljning av Blå Jungfrun-studien med syftet att studera klimatpåverkan i ett livscykelperspektiv av ett nybyggt flerbostadshus i flera våningar med stomme i massivträ jämfört med ett flerbostadshus med stomme av betong. Den studerade byggnaden är ett av de två åttavåningshusen i kv. Strandparken i Sundbyberg med Folkhem som entreprenör och byggherre. Resultaten redovisas i Tabell 6.

Funktionell enhet:

$$1 \text{ m}^2 A_{temp}$$

Tabell 6. LCA-resultat för flerbostadshus med stomme av trä respektive betong. Resultaten redovisas i Kg CO2 ekv/ m² Atemp. Observera att för en rättvisande jämförelse skall Blå Jungfrun jämföras med "Strandparken 55 kWh, fristående utan garage" (Larsson, 2016).

Hustyp	A1-A3	A4-A5	A1-A5 (markarb)	B2+B4	B6	C1-C4
Trä- Strandparken i originalutförande med garage	230	40	24	50	370	9
Trä- Strandparken 55kWh, fristående utan garage	140	30	-	60	290	8
Betong- Blå Jungfrun	300	55	-	60	300	20

4.5 FOLKHEMS KONCEPTHUS

För fullständig rapport se *EPD Folkhem's concept building* (Folkhem, 2015).

Koncepthuset är framtaget enligt strategin "flerbostadshus i massivträ ovan mark" och består av 10 våningar. Det nedersta planet samt halva plan 2 ligger under mark och uppförs därför i betong, medan övriga våningsplan ovan mark och uppförs huvudsakligen med KL-trä (korslimmat trä). Resultaten redovisas i Tabell 7.

Funktionell enhet:

$$1 \text{ m}^2 \text{ temperaturkontrollerad yta } (A_{temp}) \text{ för ett flerbostadshus med en referensstudieperiod (kalkyltid) om 50 år}$$

Tabell 7. LCA-resultat för Folkhems koncepthus, angivet i kg CO2 ekv/FU (1 m² Atemp)

Hustyp	A1-A3	A4-A5	B2-B5	B6	C1-C4
Trä - folkhem koncepthus	210	50	70	5	5

5 INFRASTRUKTUR

För fullständig rapport se *LCA för vägbro. Analys av en byggd betongöverbyggnad och en alternativ träöverbyggnad* (Pousette, 2014).

Vid renovering av en befintlig bro byggdes en betongbro (broöverbyggnad) på befintliga betongfundament, arbetet utfördes 2013-2014 och bron öppnades våren 2014. Martinsons och Moelven har gemensamt tagit fram hur en motsvarande träöverbyggnad kunde ha utförts för denna bro. LCA-beräkningar har genomförts för dessa två broalternativ.

För betongöverbyggnaden har LCA-beräkningar utförts av Tyréns och för den alternativa träöverbyggnaden av SP Trä. I beräkningarna ingår "vagga till grind", dvs. fram till bron står på plats samt underhåll i 80 år som är bronns uppskattade livslängd. Inget avfallsscenario finns med i beräkningarna. Beräkningarna följer PCR för broar, 2013:23, men funktionell enhet har i stället för

en meter bro per år valts till en vägbroöverbyggnad med bestämda mått per 80 år. Resultaten redovisas i Tabell 8.

Funktionell enhet:

En vägbroöverbyggnad med spännvidden 15 m och fri brobredd 7,5 m som uppfyller samma funktion under en livslängd av 80 år.

Tabell 8. LCA-resultat för bro.

Typ av bro	ton fossila CO ₂ -ekvivalenter
Träbro	80
Betongbro	130

Specifika tekniska data till studien var:

- Teoretisk spännvidd: 15,07 m (ett spann)
- Fri brobredd: 7,5 m
- Broyta: 118 m²
- Trafikbelastning EG A/B: Trafik över hela bron: 740/180 kN, Fordon i bromitt = 1050/300 kN - Teknisk livslängd: 80 år

6 METOD FÖR BERÄKNING AV KOLDIOXID BUNDET I BIOGENA MATERIAL

Koldioxid som upptagits från atmosfären och binds i biogent material beräknas enligt Greenhouse Gas Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard (wbcsd, 2011) enligt följande:

$$kg\ CO_2ekv = M_{w,tot} \times C \times MW_{CO_2}$$

där

$M_{w,tot}$ = Mängden trämaterial i kg som ingår i byggnadsverket

C = {konstant som anger andelen kol i trämaterialiet} = 0,5

MW_{CO_2} = {konstant som anger molekylvikten för koldioxid} = 44/12

Enligt Greenhouse Gas Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard bör upptaget av koldioxid från atmosfären endast återspegla den mängd kol som finns lagrat i produktens ingående biogena material.

6.1 BERÄKNINGSEXEMPEL FÖR FLERBOSTADSHUS STADSHAGEN

Det trä som byggs in i en byggnad lagrar koldioxid och i Tabell 7. LCA-resultat för Folkhems koncepthus, angivet i kg CO₂ ekv/FU (1 m² Atemp) presenteras ett räkneexempel för Folkhems flerbostadshus, koncepthus (Folkhem, 2015). Här jämförs de totala utsläppen av fossil koldioxid från materialproduktionen (A1-A3) till huset med hur mycket koldioxid som lagras i byggnaden så länge den står. I materialproduktionen (A1-A3) ingår produktion av alla material till huset så som betong, trä, gips, isolering, spikar etc.

Tabell 9. Beräkningsexempel där totala utsläpp av fossil koldioxid (kg CO₂) under materialproduktionen (A1-A3) för alla material till Folkhems flerbostadshus, koncepthus, jämförs med lagring av koldioxid (kg CO₂) bundet i de trämaterial som byggs in i huset och därmed fungerar som en kolsänka så länge byggnaden står. Resultat angivet i kg CO₂ ekv/FU (1 m² Atemp)

Flerbostadshuset Folkhem koncepthus	Totalt utsläpp fossil CO ₂ under A1-A3	Koldioxid inbundet i trä under byggnadens livslängd	Utsläpp: (A1-A3) – (CO ₂ inbundet i byggnadens livstid)
Trä – folkhem koncepthus original med KL-trä (Epdnorge, EPD KL-tre Martinsons Såg AB, 2015) och Limträ från Martinsons (Epd-norge, EPD Limtre Martinsons Såg AB, 2015)	210	270	-60
Trä – folkhem koncepthus original där Svenskt medel* för KL-trä och Limträ använts i beräkningarna	230	270	-40
Trä – folkhem koncepthus original där Europeiskt medel** för KL-trä och Limträ använts i beräkningarna	430	270	160

* Svenskt medel utgår från (Epd-norge, EPD KL-tre Martinsons Såg AB, 2015) (Epd-norge, EPD Limtre Martinsons Såg AB, 2015) (Epd-norge, EPD Standard limtrebjelke Moelvven Limtre AS, 2015) (Epd-norge, EPD Glulam Beams and

Pillars Moelvven Töreboda AB, 2016)

** (Ecoinvent 3.3) Ecoinvent Processer

I tabell 12 visas tre olika beräkningsexempel för utsläpp av CO₂ under materialproduktionen (A1A3) och lagringen av CO₂ i trämaterial i en byggnad (lagring/kolsänka under byggnadens livslängd). Det man ser är att det är väldigt stora skillnader i resultat. Skillnaderna beror på processerna i materialproduktionen, alltså hur trämaterialiet är tillverkat. Utsläppen ("nettoutsläppen") från materialproduktionen vid träbyggande reduceras med 60-100% om lagringen/kolsänkan inkluderas i beräkningarna. Det råder delade meningar inom bygg- och anläggningsbranschen och akademien/forskningen om lagringen kan inkluderas i beräkningar. Enligt gällande PCR (Product Category Rules) i det Internationella EPD-systemet för livscykelanalyser, LCA och miljödeklarationer, EPD för byggnader kan lagringen/kolsänkan i trämaterial särredovisas.

7 REFERENSER

- Ecoinvent 3.3. (n.d.). Processes: Glued laminated timber, for indoor use {RER}| production | Alloc Rec och Laminated timber element, transversally prestressed, for outdoor use {RER}| laminated timber element production, for outdoor use | Alloc Rec.
- Epd-norge. (2015). *EPD KL-tre Martinsons Såg AB*. NEPD-345-236-NO.
- Epd-norge. (2015). *EPD Limtre Martinsons Såg AB*. NEPD-346-236-NO.
- Epd-norge. (2015). *EPD Standard limtrebjelke Moelvven Limtre AS*. NEPD-336-222-NO .
- Epd-norge. (2016). *EPD Glulam Beams and Pillars Moelvven Töreboda AB*. NEPD-456-318-EN .
- Folkhem. (2015). *EPD Folkhem's concept building*. Retrieved from http://gryphon.environdec.com/data/files/6/11176/epd652_Folkhem-concept-building.pdf
- Kurkinen, E. N.-A. (2015). *Energi och klimateffektiva byggsystem. Miljövärdering av olika stomalternativ*. SP Rapport 2015:70.
- Larsson, M. E. (2016). *Byggandets klimatpåverkan. Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä*. Sveriges Byggindustrier.
- Peñaloza, D. N. (2013). *Life Cycle Assessment of Different Building Systems: The Wälludden Case Study*. SP Report 2013:07.
- Pousette, A. N. (2014). *LCA för vägbro. Analys av en byggd betongöverbyggnad och en alternativ träöverbyggnad*. SP Rapport 2014:73.
- Tyréns. (2012). *Screening avseende klimatpåverkan från flerbostadshus. En studie av Folkhems projekt Kv. Strandparken*.
- Tyréns. (2014). *Kortversion av Tyréns handbok för livscykelanalyser och miljödeklarationer avseende byggnader*.
- Tyréns. (2015). *Jämförande LCA screening varuhus*.
- Tyréns. (2016). *Jämförande LCA för industribyggnad*.
- wbcSD, W. &. (2011). *Greenhouse Gas Protocol Product Life Cycle Accounting and reporting Standard*.