

3D-printade hus med noll spill under tillverkning, och integrering av träkomponenter vid montage och träflis i cement

ANPASSNING AV EN PRISVÄRD HUSPRODUKTION FRÅN USA TILL DEN SVENSKA KONSUMENTEN





←
SMART BUILT
ENVIRONMENT
→

3D-printade hus med noll spill under tillverkning, och integrering av träkomponenter vid montage och träflis i cement

Anpassning av en prisvärd husproduktion från USA till den svenska konsumenten

Patrice Godonou

Med stöd från

VINNOVA
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

FORMAS 

**Strategiska
innovations-
program**

Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår bebyggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

Programmets mål är att till 2030 uppnå:

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

Projektet 3D-printade hus med noll spill under tillverkning, och integrering av träkomponenter vid montage och träflis i cement är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Patrice Godonou från iConsultingBC AB, och har genomförts i samarbete med Kiano Mottaghian från Argoman AB.

Stockholm, 22 juni 2023

Sammanfattning

Projektet inleddes under hösten 2021 för att undersöka möjligheterna att anpassa en etablerad byggprodukt och byggteknik till den svenska konsumenten samt etablera en fabrik i Sverige. Företaget Mighty Buildings (mightybuildings.com) från USA har sedan år 2017 framgångsrikt utvecklat och lanserat ett koncept för additiv tillverkning (så kallad 3D-printing) av mindre husbyggnader. Husen tillverkas i mobila mikrofabrik där 70–80% av produktionen görs genom 3D-printing av bärande paneler (utfackningsväggar) till tak, väggar och golv. Automatiserat montage följer för att sätta ihop fönster, dörrar och stomkomplement. Tillval för solceller eller solvärme på taket leder till hållbar energiutveckling. Slutligen sätts husmodulen på plats under en mycket kortare tid än vid traditionella byggetableringar. Den tysta, lätta och kompakta mobila mikrofabriken kan finnas så nära sluttomten som möjligt, då den inte tar mer plats än vanliga byggbodar och processen är så tyst att den inte stör omgivningen. Panelerna är så täta att utmärkt fuktskydd, brandskydd och akustik uppnås under tillverkning. Den bärande stomme kompletteras i USA med lätta stålreglar, vilka byts till träreglar med lägre klimatavtryck i Sverige. Konceptet tillåter enklare nedmontering för återbruk och återanvändning, vilket kommer att skapa nya affärsmodeller och värdekedjor.

Projektet ursprungliga plan ändrades och försenades i några månader och vissa aktiviteter modifierades p.g.a. sanktionerna mot Ryssland under 2022, som gjorde det omöjligt att samarbeta med MightyBuildings avdelning i Moskva som det var tänkt från början. Eftersom det blev omöjligt att ta pilotfabrik med robotarm från Moskva till Sverige, fick man söka möjlighet till alternativa källor för teknologi, bland annat genom kontakter med en världsmässa om 3D-printing i Taiwan augusti 2022. Deltagandet i mässan blev omöjligt p.g.a. reserestriktioner under pandemin.

Under perioden dec 2021 t.o.m. feb 2023 har de tekniska, klimat- och miljömässiga som erbjuds av MightyBuildings undersökts. Även anpassning av produkt, marknads och affärsmodell för att kunna lansera konceptet i Sverige har gjorts, med hjälp av en delfinansiering från Smart Built Environment. Framförallt har tekniska möjligheter att ersätta MightyBuildings sten- och bruksbaserat grundmaterial för paneler helt eller delvis med biobaserat material undersökts. Bärförmåga, beständighet och hållbarhet hos den färdiga 3D-printade byggnaden beräknas kunna uppfylla svenska krav enligt PBL, BBR och EKS/Eurokoder. CE-märkning har dock inte kunnat göras då testtillverkning var omöjlig utan pilotfabriken som inte gick att skeppa från Moskva till Sverige under 2022.

Ett systematiskt tillvägagångssätt har undersökts för att kunna införa en smidig hantering av information från kundens skisser på byggnader, till CAD-ritningar för arkitekter och projekörer, BIM-modeller för marknadsföring och vidare format för 3D-printing.

Marknadsmässigt har det ändrade läget för bostadsbyggande i Sverige from hösten 2022 med sjunkande efterfråga på nya byggnader gjort att vissa intresserade affärspartner i Sverige har blivit mer skeptiska. Byggherrar, byggföretag, markägare eller hustillverkare har kontaktats för att diskutera möjligheter att hyra 3D-printerfabriken eller beställa hela paneler och moduler. Intresset var stort under 2021,

men blev avvaktande när den svenska byggsektorn gick i sparlåga vid årskiftet 2022-2023.

Affärsmässigt har möjlighet till att tillverka och leverera byggnadskomponenter vid ROT-arbeten som alternativ till nya byggnader undersökts som ett alternativ under period med låg byggnation av nya objekt. Även möjlighet att tillverka moduler till länder i Västafrika med stort bostadsbehov har undersökts.

Trots det negativt ändrade konjunkturläget, den rådande politiska instabiliteten i Europa och pandemin som hindrade en del planerade aktiviteter, har projektet kunnat uppnå sitt mål med att kartlägga potentialen för att introducera byggkonceptet och produkten i Sverige. Delresultat visar att det går att tillämpa teknologin och affärsidé med viss anpassning, och göra byggnaderna ännu mer miljö- och klimatvänliga genom utökat andel av biobaserat material. Det finns även möjlighet att inhämta teknologin från andra leverantörer utan att behöva binda sig vid enskilda utländska aktörer.

Summary

The project initiated in the fall of 2021, investigated the possibilities of adapting a proven building and construction technology from the USA, to the Swedish consumer and establishing a factory in Sweden. The Californian company Mighty Buildings has since 2017 successfully developed and launched a concept for additive manufacturing (so-called 3D printing) of smaller residential buildings. The houses are manufactured in mobile micro-factories where 70-80% of the production is done through 3D printing of load-bearing panels for roofs, walls and floors. Automated assembly follows to assemble windows, doors and remaining frame complements such as stairs and other equipments. Options for solar or solar heating on the roof lead to sustainable energy development are available at client's request. Finally, the house module assembled in a much shorter time than with conventional building methods. The quiet, lightweight and compact mobile micro-factory can be located nearby the final site as possible, as it does not take up more space than ordinary construction sheds. The manufacturing and assembling process is so quiet that it does not disturb the surroundings. The panels are so tight that excellent moisture protection, fire protection and acoustics are achieved through the additive manufacture. The load-bearing frame with light steel from the USA studs, is to be replaced by wooden structural bearing components with a lower climate footprint and as they are readily established in the Swedish residential house industry. The concept allows for easier disassembly for reuse and re-use, which will create new business models and value chains.

The project's original idea was modified and the timeline delayed with a few months and some activities were changed due to the sanctions against Russia in 2022, which made it impossible to cooperate with MightyBuilding's branch in Moscow as originally intended. Since it became impossible to ship a pilot factory with a robot arm from Moscow to Sweden, alternative sources of technology were investigated, among others through contacts with a world fair for 3D printing taking place in Taiwan in August 2022. Attendance to the fair became however impossible due to travel restrictions during the pandemic.

During the period December 2021 to February 2023, the technical and environmental potential of the by MightyBuildings original concept was investigated. Adaptation of the product, its marketing and the business model to Swedish context were also studied, partly thanks to financing from Smart Built Environment. One major consideration investigated was to replace MightyBuilding's stone- and mortar-based base material for panels entirely or partly with bio-based material derived from wood. The final assessment is that the load-bearing capacity, durability and the environmental sustainability of the completed 3D-printed building should meet Swedish requirements according to PBL, BBR and EKS/Eurocodes. However, CE-marking has not been possible as test production was impossible without the pilot factory, which could not be shipped from Moscow to Sweden in 2022.

A systematic method for a smooth handling of information from customer sketches of buildings, through CAD drawings for architects and designers, BIM models for marketing and further formats for 3D printing has also been investigated.

Regarding market penetration, the changed situation for housing construction in Sweden from autumn 2022 with a dramatically decreasing demand for new buildings has resulted some interested business partners in Sweden becoming more skeptical. Builders, construction companies, land owners and contractors have been contacted to discuss possibilities of renting the 3D printer factory or ordering entire panels and modules. Interest was greater in 2021, but weakened substantially with the Swedish construction sector going into austerity at the turn of 2022-2023.

In terms of business, the possibility of manufacturing and delivering building components for renovation and repair works instead of entirely new buildings, has been investigated as an alternative during a period of low demand for new buildings. The possibility of manufacturing modules for countries in West Africa with a bigger and more urgent housing demand has also been investigated

Despite the negatively changed economic situation, the political instability in Europe and pandemic that hindered some activities, the project has been able to achieve its main goal of mapping the potential for introducing the building concept and the product in Sweden. Partial results show that it is possible to apply the technology and business idea with some adaptation, and make the buildings even more environmentally and climate-friendly through an increased share of bio-based material. There is also the possibility of acquiring the required technology from other suppliers without being bound by contract to individual foreign actors.

Innehållsförteckning

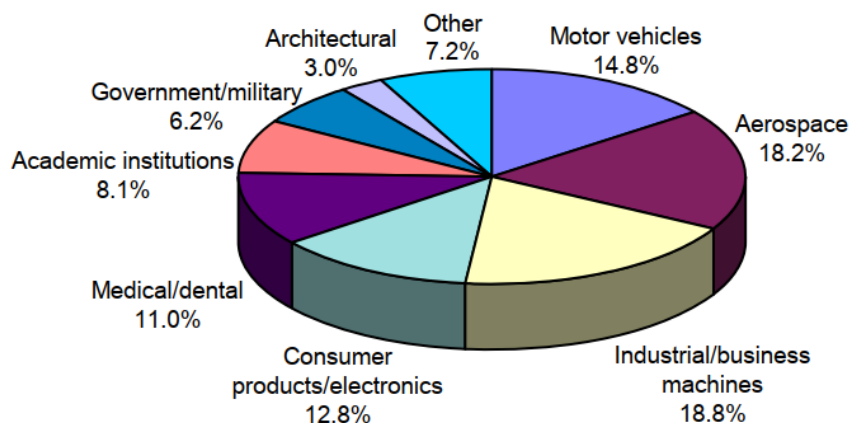
1	TEKNISK UTVÄRDERING	10
1.1	ANVÄNDNING AV 3D-PRINTING FÖR BYGGNADER	10
1.1.1	BEFINTLIG TEKNIK	11
1.1.2	VANLIGT FÖREKOMMANDE BYGGMATERIAL	12
1.1.3	KOSTNAD OCH EKONOMI	12
1.2	TEKNIKEN FRÅN MIGHTYBUILDINGS	13
1.2.1	ANPASSNING AV TEKNIK TILL SVENSKA VILLKOR	17
1.2.2	ANPASSNING AV BYGGMATERIAL	18
1.2.3	REGELVERK, MILJÖ- OCH HÅLLBARHETSASPEKTER	18
2	MARKNADSUNDERSÖKNING	19
2.1	LÄMPLIGASTE BYGGNADSTYPER	19
2.1.1	RELEVANTA MARKNADSSEGMENT	19
2.1.2	RELEVANTA AFFÄRSPARTNER	19
2.2	ALTERNATIVA BYGGNADSTYPER ELLER BYGGKOMPONENTER	20
3	AFFÄRSMODELLER	22
4	REFERENSER	22
5	BILAGOR	22

1 Teknisk utvärdering

Forskning om 3D-printing också kallad additiv tillverkning började redan på senare delen av 1960-talet. De första industriella tillämpningarna förekom under senare delen av 1980-talet. Det skulle dröja till 1990-talet innan tekniken började användas i kommersiell skala. Genombrottet kom först under 2010-talet när företag som Arcam, ExOne, Materialise, Proto Labs med flera började sälja maskiner för 3D printing (Wohlers, 2017).

1.1 Användning av 3D-printing för byggnader

Som det framgår av Figur 1 från 2017, har byggsektorn haft en relativt mindre andel av marknaden och statistiken har inte ändrats väsentligt under 2022. Inte minst därför att alla industrier har upplevt en liknande ökning av kommersiella produkter. Det är fortfarande framförallt verkstadsindustrin med maskiner, flygindustrin, bilindustrin och konsumentprodukter som står för större andelen av 3D printade produkter (Wohlers, 2017).



Figur 1: Global uppskattning av kommersiella tillämpningar av 3D-printing i olika industrier (Wohlers, 2017)

De första tillämpningar inom byggsektorn har varit i form av prototyper där arkitekter ville ta fram fysiska modeller, som i Figur 2 .



Color 3D-printed architectural model, courtesy of LGM

Figur 2: Arkitektprototyp av en byggnadskomplex (Wohlers, 2017)

2014 uppstod de första 3D-printade husen först i Nederländerna vilket var ett mycket litet demonstrationsprojekt på 8 m², och sedan i Kina. 2018 tillverkades även Frankrikes första 3D printade hus (Nathalie Pettersson & Rikard Touma).

1.1.1 Befintlig teknik

De första användningsområdena för 3D printing har varit komponenter och föremål gjorda av polymerer. Därefter har tillverkning av metalliska produkter haft en stor utveckling. Användningen av dessa material har därför styrt utvecklingen av 3D skrivare under ett par decennier (Jacob Stenswed, Sofie Magne). Följande 3D printingstekniker har legat till grund för senare tillämpningar inom byggbranschen (Jacob Stenswed, Sofie Magne):

- Sprintsning - Material sprutas ut över skrivytan. Oftast förekommer material som är segflytande och kan härddas under kontrollerade former. I början användes silikon och senare kunde tekniken tillämpas på vanligare byggnadsmaterial som lera, murbruk, betong osv.
- Pulverisering – Under denna process läggs jämna lager ut av ett pulver över skrivarytan, utvalda områden härddas därefter med hjälp av kontrollerad smältning eller limning. Framförallt material som polymerer, metaller, plaster eller gips används med den tekniken.
- Fotopolymer över bädd – Här används ljusstrålning av en given våglängd för att härda plast i en bädd där bestämda områden övergår gradvis till fast form.
- Fotopolymer selektiv placering – • En variant av fotopolymer över bädd där mikroskopiska droppar av flytande plast skrivs ut.
- 3D printing m.h.a. folie – Skrivaren skär ut profiler i ett foliematerial som sedan limmas ihop lager för lager, Exempel på material är plast, vanligt papper eller träbaserat material.

Ovannämnda processer används i de 3 mest omskrivna teknikerna av dagens 3D-printing av hus och byggdelar.

1.1.2 Vanligt förekommande byggmaterial

Inte helt olik byggbranschen i övrigt, har betong varit första valet i de flesta 3D printade hus som finns idag. Större anpassade 3D skrivare används i kombination med robotarmar för att få till en effektiv industriell tillverkning. Ett sådant exempel visas i Figur 3



Figur 3: Exempel på munstycke hos 3D-skrivare anpassat till betong (Mikael Ehrensvärd Backebjörk, August Hamelius)

Idag finns skraddarsydda betongsammansttningar som används för att tillverka paneler till hela väggar, bjälklag och tak (A.V. Rahul, Manu Santhanam, Hitesh Meena, Zimam Ghani). Medan en del betongblandningar är patenterade, finns ett flertal fall där tillverkarna behåller sin produkt som en företagshemlighet. Geopolymerer som är bättre lämpade till anslutningar mot marken och som också kan skraddasys för att minimera eller eliminera sprickbildning samtidigt som man har utmärkta reologiska egenskaper under skrivningen, förekommer vid tillverkning av komponenter till grundplattor (P Hájková, A Soukup, J Kohout, E Kohoutová, P Koutník).

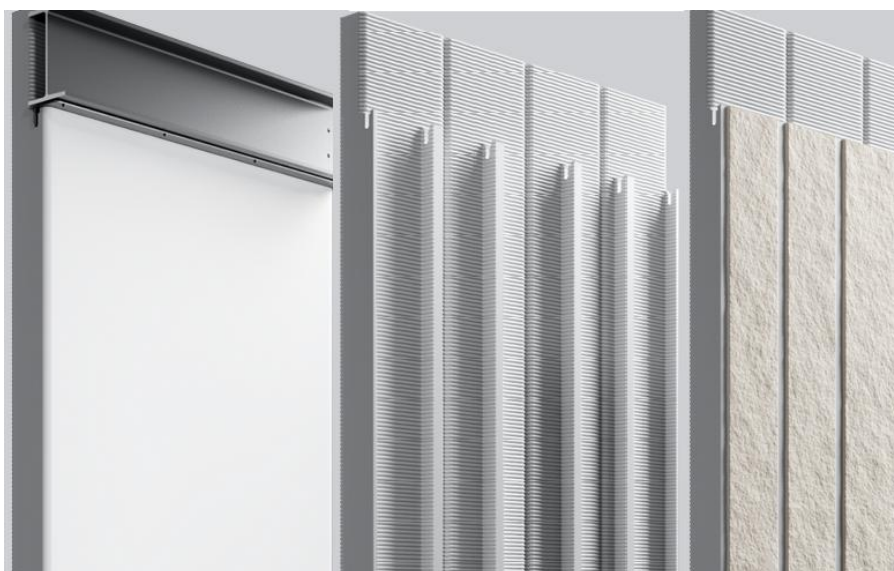
Utöver betong har möjlighet att tillverka med träbaserat material undersökts genom arbeten från tidigare nämnd (Anna Wöhler) samt även (Christopher Bierach, Alexander Alberts Coelho, Michela Turrin, Serdar Asut, Ulrich Knaack) och (Jenevieve Yao, Mohammad Morsali, Adrian Moreno, Mika H. Sipponen, Minna Hakkarainen). Dessa studier visar på stor potential för att få biobaserade materialmodeller som leder till ännu bättre byggnader i klimatsynpunkt.

1.1.3 Kostnad och ekonomi

Till skillnad från industrier som flygindustrin, bilindustrin eller verkstadsindustrin där högre kvalitet, minimering av felaktiga produkter eller effektivare produktion har varit drivande för utvecklingen, har tillämpningar av 3D printing inom byggsektorn hittills utvecklats främst med syfte att uppnå billigare byggnader och på sistone även kunna utveckla klimatvänligare produkter.

1.2 Tekniken från Mightybuildings

Information under detta avsnitt är tillhandahållen av [Mightybuildings](#). Det som särskiljer företagets 3D-rintade byggnader är framförallt det patenterade och egenutvecklade kompositmaterialet som används för att skriva ut byggnadsdelar. Materialet är en termoset kallat "Light Stone Material" (LSM), som härdar när det utsätts för UV-strålning. Sten i LSM består till 60% av återvunnet glass, och därmed behövs mindre jungfruligt material till vägghälsarna, och eliminerar spill med upp till 99%. Ytorna hos färdiga paneler tacks med en epoxibaserad primer och akrylbaserad färg, vilket innebär att inga ytterligare lufttätning eller fuktskydd behövs. I Figur 4 visas ett exempel på vägghäls med ingående delar. Isoleringmaterialet består av PU-skum.



Figur 4: Färdig innersida panel med lättstål balk för takanslutning (vänster), stående regler för anslutning av ytterligare panel till tjockare väggar (mitten) och isolering (höger)

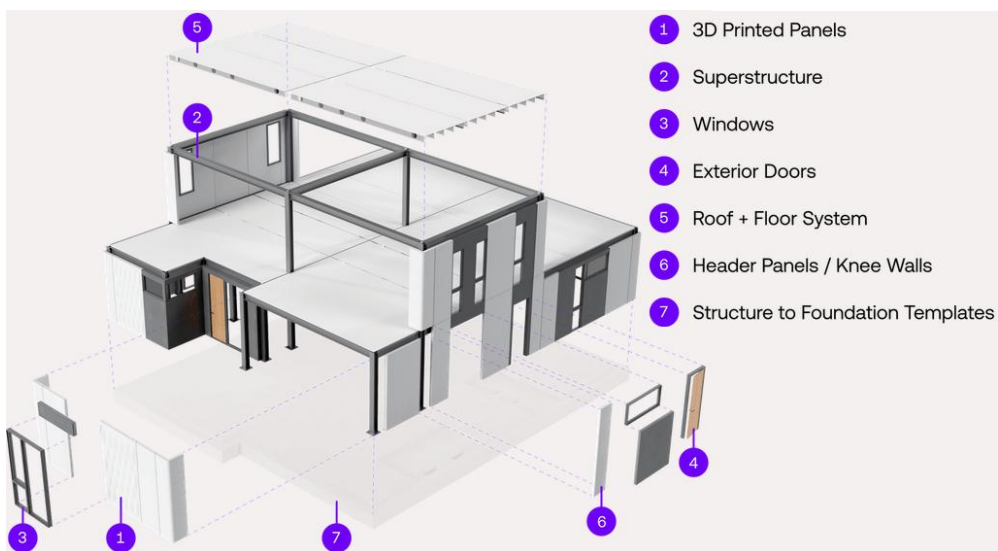
De 20 cm tjocka panelerna som tillverkas med denna teknik resulterar blir 30% lättare än motsvarande i betong med 5 gånger större drag- och böjhållfasthet. Denna innebär bättre utnyttjande av material för samma ändamål.

I Figur 5 visas de paneler som ingår i väggar, bjälklag och tak. Resterande ramverk består av lätta tunnplåtsprofiler. Mighty Kit System (MKS) inkluderar 3D-tryckta paneler till ett mycket flexibelt och mångsidigt bärande system. Den vattentäta klimatskärmen skräddarsys med stor precision för att sedan kompletteras med dörrar, fönster och takkomponenter.

Några av kraven enligt USA-normer är följande:

- Fuktskydd: beständigt mot vatten, mögel, och insekter. UV-strålningsskydd

- Brandskydd: Klass A för ytorna, självsläckande material med Index 5, samt skydd mot rökutveckling med Index 10.
- Akustik: 18 mm isolerad 3D-printad panel uppfyller luftljudkrav (USA)
- Vindlast: Klarar orkanvindmotstånd, och har 4–5 gånger större böj- och draghållfasthet än betongpaneler
- Jordbävningsmotstånd: klarar USA-krav ICC-EO AC156
- Uppskattad livslängd: > 50 år enligt USA-standard EAD 040287-00-0404



Figur 5: Exploderade 3D-vyer att byggnadsdelar som ingår i husets klimatskal

Som det framgår av Figur 6, är den estetiska kvaliteten på yttersidan av panelerna utmärkt.



Figur 6: Vyer över färdiga fasader med naturliga konturer från 3D printing

4 floor-plans ready to cater most of single-family customer demand



Figur 7: Grundutformning med olika storlekar. Bärande delar: paneler till tak, vägg och golv

Mighty Kit System - Exterior



Figur 8: Kundanpassning – val av yttre gestaltning

Mighty Kit System - Interior

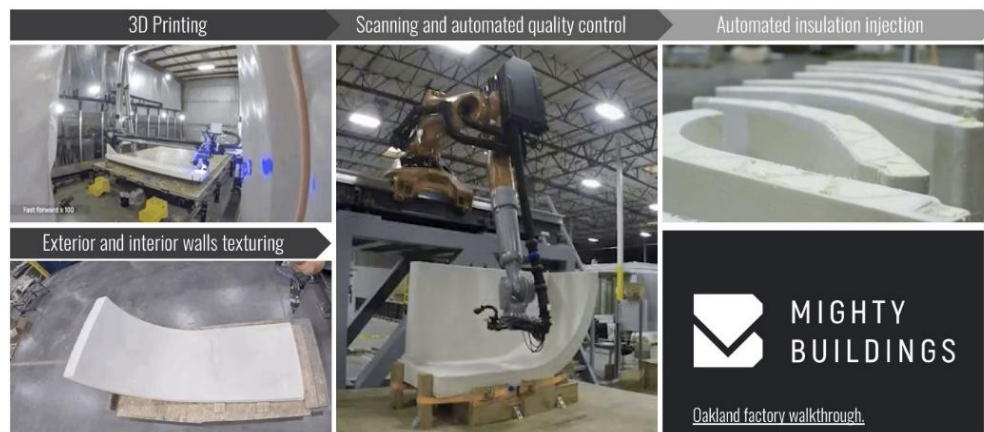


Figur 9: Kundenpassning – val av interiörer, inredning och utrustning

Figur 7, Figur 8 och Figur 9 visas ett varierat urval av husmodeller och möjligheter till kundenpassning för både interiör och yttre fasader.

Mighty Buildings Prefab Technology

Unlocking productivity in a sustainable way via automating up to 80% of prefab operations



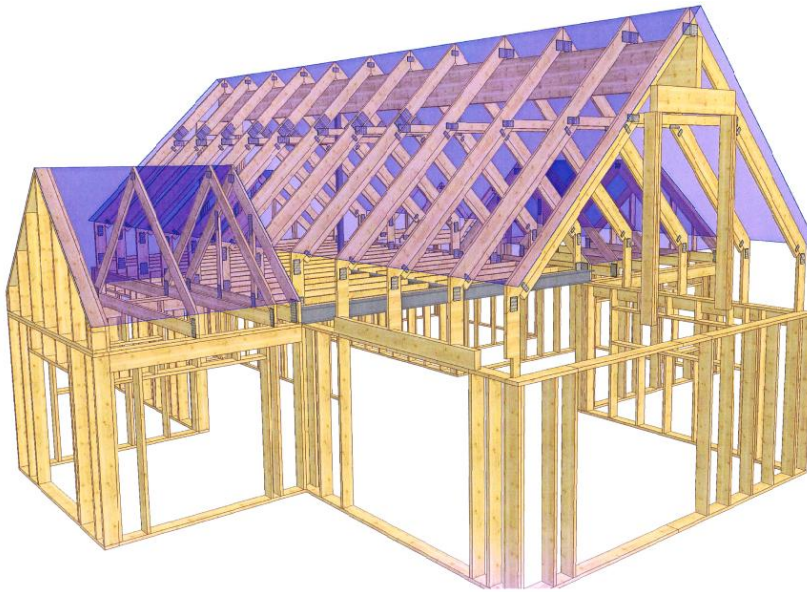
Figur 10: Schematisk beskrivning av tillverkningsprocess

I Figur 10 återges en schematisk bild av olika etapper under tillverkningsprocessen i den så kallade mobila fabriken.

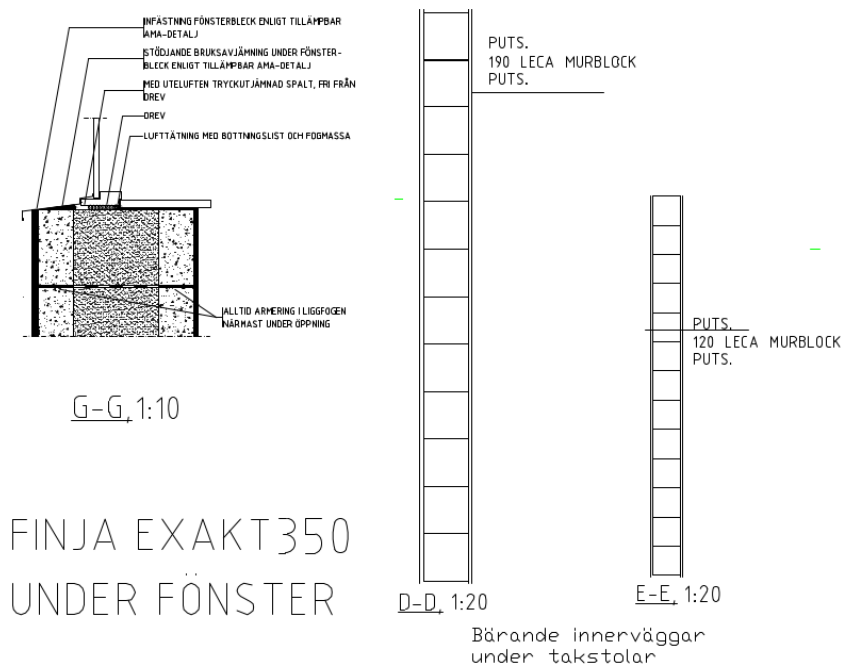
Länkar till videor som visar förfarande under tillverkning kan ses genom att klicka på följande länkar: [Fully Printed 350 sq ft Studio in Less than 24 hours by Mighty Buildings](#) , [Mighty Buildings Facility & UV 3D Printer](#) och [Mighty Studio Production and Installation](#).

1.2.1 Anpassning av teknik till svenska villkor

Nedan visas exempel på byggnader som har studeras för anpassning i Sveige.



Figur 11: vanligt förekommande 1½ plan hus med bärande stomme av K-virke



Figur 12: Väggdelar till villa i lättbetong

1.2.2 Anpassning av byggmaterial

Utifrån svenska alternativen enligt Figur 11 och Figur 12, har bedömningen gjorts att det är fullt möjligt att tillverka liknande byggnader eller byggnadsdelar genom tekniken från Mighty Buildings.

1.2.3 Regelverk, miljö- och hållbarhetsaspekter

Det har också bedömts att produkterna som motsvarar de i Figur 11 och Figur 12 kan uppfylla svenska krav utan problem.

2 Marknadsundersökning

För att kunna etablera ett nytt koncept i Sverige inom byggbranschen behöver man ha tidigare erfarenhet av marknadsmekanismerna. De teoretiska modellerna fungerar inte i verkligheten. Därför har vi satt ihop ett team som dels har på egenhand erfarenhet både på individuell basis så väl som tillsammans som ett team.

Vårans målsättning är att kunna få produkten introducerad till marknaden som en av de existerande paketlösningarna. Detta med förbättringsegenskaper både med de mjuka som de hårda värdena som enkelt kan jämföras med likvärdiga produkter. Vi ser en plans hus i varierande storlek mellan ca. 65 till 140 kvm i tre olika varianter. Dessa tillsammans ska bilda ett komplex som formar framtida villastäder.

Dessutom ska vi rikta oss in på olika aktörer inom marknaden. Detta för att kunna tydligt påvisa fördelarna för de involverade i olika värdekedjor så väl som slutkunden.

Efter etablering i Sverige öppnas nya marknader för oss. Sverige får en ny exportprodukt och tillhörande tjänster. Vi etablerar nya fabriker med anpassning till de andra marknaderna samtidigt som vi exporterar kvalificerade ingenjörstjänster för uppbyggnad och support..

2.1 Lämpligaste byggnadstyper

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Maecenas porttitor congue massa. Fusce posuere, magna sed pulvinar ultricies, purus lectus malesuada libero, sit amet commodo magna eros quis urna.

Nunc viverra imperdiet enim. Fusce est. Vivamus a tellus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Proin pharetra nonummy pede. Mauris et orci. Aenean nec lorem. In porttitor. Donec laoreet nonummy augue. Suspendisse dui purus, scelerisque at, vulputate vitae, pretium mattis, nunc. Mauris eget neque at sem venenatis eleifend. Ut nonummy.

2.1.1 Relevanta marknadssegment

Under rådande omständigheter på den svenska byggmarknaden är det tänkt att sattda på komponentdelar till renovering och annat ROT-arbete samt till Attefallshus.

2.1.2 Relevanta affärspartner

De aktörer som vi främst riktar oss in på är;

- Slutkonsumenter
- Mäklarfirmor
- Byggherrar
- Byggföretag
- Markägare

- Hustillverkare

För att dessa aktörer ska kunna vara med och identifiera sig i en process samt kunna i verkligheten se fördelar med 3D-print husbygge startar vi ett pilot projekt. Detta i verkligheten handlar om att bygga ett komplex med hus som ska säljas som Brf. Vi involverar markägare, mäklare samt byggföretag för slutförande av husen där vi levererar på vår teknologi. Detta är första steget i att kunna påvisa hur helheten fungerar samtidigt som vi får grunden i marknadsföringen, ett referenscase. Genom PR samt faktiskt underlag får vi verifiering på våra hypoteser och kan därmed skapa "pull strategi" med minimal insats.

För att ovannämnda aktörer ska vilja engagera sig och medverka i utvecklingsprocessen för en ny produktionsteknik och en ny affärsmodell, och verkligen uppfatta fördelarna med 3D-printing vid husbygge startas ett pilotprojekt. Det kommer att handla om att bygga ett komplex med hus som kan säljas som en del av en bostadsrättsförening. Involverade markägare, byggföretag och mäklare kommer att delta i konceptutveckling, marknadsföring och slutförande av byggnation. Teamet iConsulting AB och Argoman AB ansvarar för teknisk produktutveckling och tillhandahållandet av den nya tillverknings teknologin. Detta första steg ska påvisa hur helheten fungerar samtidigt som man skapar grunden till en bredare marknadsföring, genom detta referenscase. Genom det PR som projektet skapar samt det slutliga faktiska underlaget med synliga billiga och klimatsmarta hus av hög kvalitet, får man en verifiering på hur väl konceptet accepteras. Man får även möjlighet att ta in eventuella synpunkter för förbättringar och vidareutveckling, och kan därmed en "pull strategi" med minimal insats för att nå en bredare marknad och få flera kunder.

Därefter kommer vi att rikta oss in på olika aktörer enskilt med nedanstående prioritering.

- Byggherrar
 - Byggherrar får ett färdigt koncept att arbeta med.
- Byggföretag
 - Byggföretag kan dels spara på arbetet och dels få tillgång till nya kunder genom att kvalificera sig som det innovativa och hållbara bolaget som dessutom konkurrerar på prisnivån.
- Hustillverkare

Hustillverkare kan utöka sitt produktsortiment utan att behöva lägga resurser på forskning och utveckling..

2.2 Alternativa byggnadstyper eller byggkomponenter

Istället för kompletta färdiga byggnader som projektet utgick ifrån före den rådande byggkrisen, ska man istället börja titta på mindre enstaka byggnadsdelar som behövs vid renovering eller om- och tillbyggnad.

Det kan handla om icke bärande innerväggar eller t.o.m. mindre bärande lagenhets-skiljande väggar, som går att 3D-printa med mindre avancerade maskiner som kräver mindre investeringar.

Det blir ett bra sätt att introducera produkten och testa dess acceptans hos olika potentiella kunder i väntan på en nystart på bostadsbyggandet.

3 Affärsmodeller

Det är tänkt att i första hand hyra tillverkningsmaskiner från närliggande länder som Tyskland och vid växande marknad, skaffa egen maskinpark.

4 Referenser

MightyBuildings' website (2023) <https://www.mightybuildings.com/>

Terry Wohlers, Ian Campbell, Olaf Diegel, Joseph Kowen, Ismael Fidan and David L. Bourell.: "3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry". Annual Worldwide Progress Report. Wholers Report (2017), 344 pages.

Anna Wöhler: "Sustainability assessment of 3D-printed cellulose components". PhD thesis with German as original language (2022), 111 pages.

Nathalie Pettersson och Rikard Touma (2021): "3D-printing med trä. En möjlighet för framtiden?". Examensarbete, Örebro universitet.

Jacob Stenswed, Sofie Magne (2016): "Etablering av 3D-printing i byggbranschen". Examensarbete, LTH.

Mikael Ehrensverd Backebjörk, August Hamelius (2018): "Betong till 3D-printning. Egenskaper i färskt och hårdnat tillstånd". Teknisk rapport.

A.V. Rahul, Manu Santhanam, Hitesh Meena, Zimam Ghani (2018): "3D printable concrete: Mixture design and test methods". Cement and Concrete Composites, Elsevier.

P Hájková, A Soukup, J Kohout, E Kohoutová, P Koutník (2023): " Geopolymers for 3D print". Jouurnal of Physics: Conference Series. ICBMPT-2023, IOP Publishing.

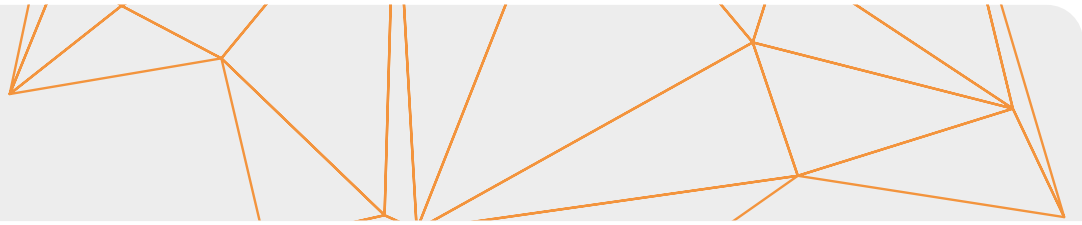
Christopher Bierach, Alexsander Alberts Coelho, Michela Turrin, Serdar Asut, Ulrich Knaack (2023): Wood-based 3D printing: potential and limitation to 3D print building elements with cellulose & lignin. Architecture, Structures and Construction.

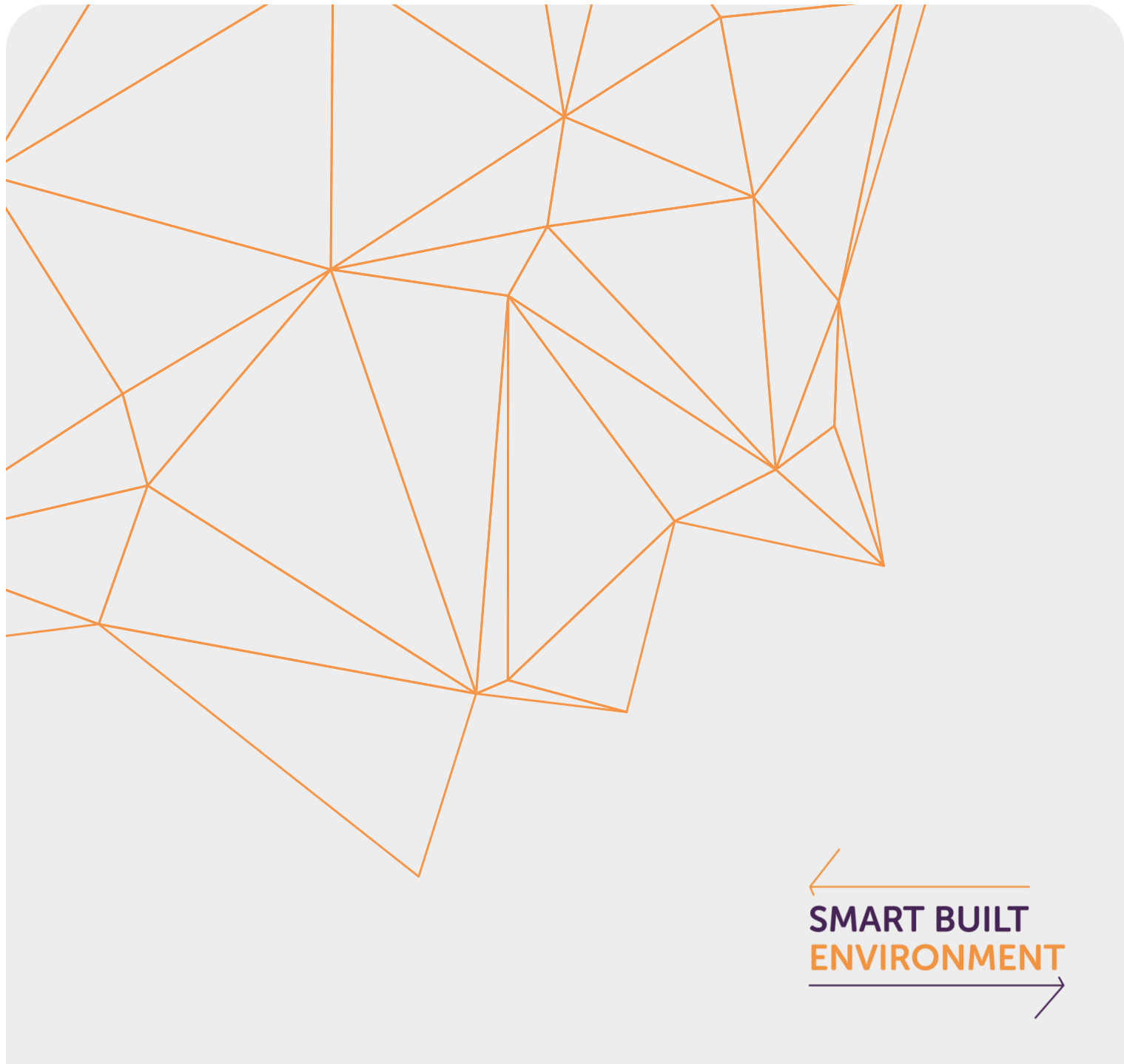
Jenevieve Yao, Mohammad Morsali, Adrian Moreno, Mika H. Sipponen, Minna Hakkarainen (2023): Lignin nanoparticle-enhanced biobased resins for digital light processing 3D printing: Towards high resolution and tunable mechanical properties. European Polymer Journal 194.

5 Bilagor

Länkar med videoklipp som visar hela tillverkningsprocessen.

- [Fully Printed 350 sq ft Studio in Less than 24 hours by Mighty Buildings](#)
- [Mighty Buildings Facility & UV 3D Printer](#)
- [Mighty Studio Production and Installation.](#)





←
**SMART BUILT
ENVIRONMENT**
→

Med stöd från



Strategiska
innovations-
program