



# NESTINBOX – Att bygga på vertikal mark

Redovisning av projekt dnr. 6443/2018/Boverket. Rapport 2020-12-01  
Reviderad 2021-03-15



**LUMA**  
DESIGN

ARCHIGROUND



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

### 1 INLEDNING

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| 1.1 Status och förklaringar.....    | s. 2 |
| 1.2 Bakgrund.....                   | s. 2 |
| 1.3 Syfte och mål.....              | s. 4 |
| 1.4 Arbetsmetod och ambitioner..... | s. 4 |
| 1.5 Avgränsningar.....              | s. 5 |

### 2 VAR?

|                                  |       |
|----------------------------------|-------|
| 2.1 Stockholm.....               | s. 6  |
| 2.2 Övriga Sverige.....          | s. 12 |
| 2.3 Utanför Sverige.....         | s. 14 |
| Sammanfattning av kapitel 2..... | s. 16 |

### 3 HUR?

|  |       |
|--|-------|
| 3.1 Våra konsulter och rådgivare.....  | s. 16 |
| 3.2 Den bärande stommen – teknik.....  | s. 18 |
| 3.3 Den bärande stommen – miljöpåverkan och hållbarhet.....                      | s. 18 |
| 3.4 Den bärande stommen – infästningen i berget - teknik och hållbarhet .....    | s. 19 |
| 3.5 Trästommen – teknik .....  | s. 20 |
| 3.6 Brandfrågor.....   | s. 22 |
| 3.6.1 Brandfrågor trästommen.....  | s. 22 |
| 3.6.2 Brandfrågor utrymning.....   | s. 23 |
| 3.7 Trästommen – miljöpåverkan och hållbarhet .....                              | s. 25 |
| 3.7.1 Trästommen – miljöpåverkan och hållbarhet – studier och källor.....        | s. 27 |
| 3.7.2 Trä i invändiga ytskikt .....  | s. 32 |
| 3.7.3 Trä i stomme och interiör – miljöpåverkan och hållbarhet – slutsatser..... | s. 35 |
| 3.8 Uppvärmning/energi, luftbehandling, V/A – teknik och hållbarhet.....         | s. 35 |
| 3.9 Elförsörjning – teknik och hållbarhet.....                                   | s. 37 |
| 3.9.1 Elförsörjning – teknik och hållbarhet – solpaneler.....                    | s. 39 |
| Sammanfattning av kapitel 3.....   | s. 39 |

### 4 GESTALTNING

|   |       |
|---|-------|
| 4.1 Arkitektur – program och förutsättningar.....         | s. 40 |
| 4.2 Arkitektur – tillgänglighet.....                      | s. 42 |
| 4.3 Arkitektur – gestaltning och material – exteriör..... | s. 43 |
| 4.3 Arkitektur – gestaltning och material – interiör..... | s. 43 |
| 4.3 Arkitektur – materialval och hållbarhet.....          | s. 43 |
| Sammanfattning av kapitel 4.....                          | s. 44 |

### 5 LCA

|   |       |
|---|-------|
| 5.1 LCA-beräkning - Förutsättningar och programvara.....                    | s. 44 |
| 5.2 LCA-beräkning – resultat för vår byggnad - analys och kommentarer ..... | s. 45 |
| Sammanfattning av kapitel 5.....  | s. 48 |

### 6 PRODUKTION OCH KOSTNADER

|  |       |
|--|-------|
| 6.1 Tillverkning och montage - lokalt..... | s.48  |
| 6.2 Export.....                            | s.48  |
| 6.3 Produktions- och byggkostnader.....    | s. 49 |
| Sammanfattning av kapitel 6.....           | s. 49 |

### 7 SLUTORD

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 7.1 Slutsatser och antaganden..... | s. 50 |
| 7.2 Framåt.....                    | s. 51 |

### BILAGOR

# 1. INLEDNING

## 1.1 Status och förklaringar

Denna rapport gör inte anspråk på att vara en vetenskaplig akademisk rapport i traditionell mening. Den följer till viss del en "akademisk struktur" men är att betrakta som en redovisning av vårt arbete till vilket vi beviljats anslag från Boverket. Rapporten är därför tänkt att läsas av i första hand Boverket och personer inom bygg-/miljö- och fastighetsbranschen men också av vem som helst som är intresserad av vårt idéprojekt. Texten kan därför ibland vara komplicerad men också i vissa fall övertydlig, detta för att även den som inte är insatt i byggande och miljöfrågor skall förstå innehållet.

Till rapporten hör ett antal bilagor; ritningar, illustrationer och dokument, varav en del inte är offentliga. I denna rapport återfinns därför inte ritningsbilagor från byggnadsingenjör/konstruktör och inte heller från energi- och V-ingenjör. Källor hänvisar vi till direkt i texten. Bildrättigheter och bildernas ursprung finns listade i slutet av rapporten.

## 1.2 Bakgrund

Nestinbox är ett idéprojekt som startade 2016 då trähusfabrikanten Michel Silverstorm bjöd in arkitekterna Pontus Öhman och Elisabetta Gabrielli att diskutera kring förslag till ett nytt sätt att tänka när det gäller produktion av småhus. Vi ville föra in en ny dimension i byggandet av bostäder, försöka att åsidosätta vedertagna lösningar för att hitta nya sätt att bygga på, och samtidigt se hur man skulle kunna bygga med ett så litet ekologiskt fotavtryck som möjligt. Elisabetta Gabrielli framkastade ett koncept där man utgår ifrån fågelholkar; små lådor monterade på en vertikal yta. En enkel och minimal bostad för en liten familj. Vi ansåg (och anser fortfarande) att det finns ett starkt symbolvärde i att så att säga "lyfta upp" ett hus från en plan yta och bygga det på en vertikal yta, och därmed befria traditionellt byggbar mark från ett fysiskt "fotavtryck". Vi skissade och insåg att vertikala ytor, i praktiken bergväggar, oftast betraktas som impediment. Ingen vill bygga på en tomt som inte har plan eller sluttande mark och som kan ta upp den vertikala lasten från byggnaden. Att kunna bygga på helt lodräta ytor skulle innebära nya möjligheter att använda tomtmark som ingen vill använda till byggande. Därmed skulle bl.a. förtätning av en etablerad stadstruktur i vissa områden kunna genomföras utan att ta värdefull mark i anspråk; mark som istället kan användas till offentlig platsbildning; t.ex. mötesplatser, park, lek eller fritidsaktiviteter. I eller nära städer där det finns bergväggar men där byggbar, mer eller mindre plan mark är en bristvara, eller t.o.m. saknas helt, skulle vertikala ytor kunna innebära en resurssparande förtätning, om än i liten skala.

Vi fortsatte att med egna medel utveckla konceptet med "fågelholkar" och tog fram ett grundläggande ritningsmaterial samt renderingar i 3D för att kunna visa vårt projekt på en hemsida som skapades i april 2017. Vi skickade samtidig ut en pressrelease om projektet och fick ett stort gensvar från både journalister, företag och privatpersoner i stora delar av världen. På nästa sida har vi klippt in ett axplock av publiceringar på nätet 2017.

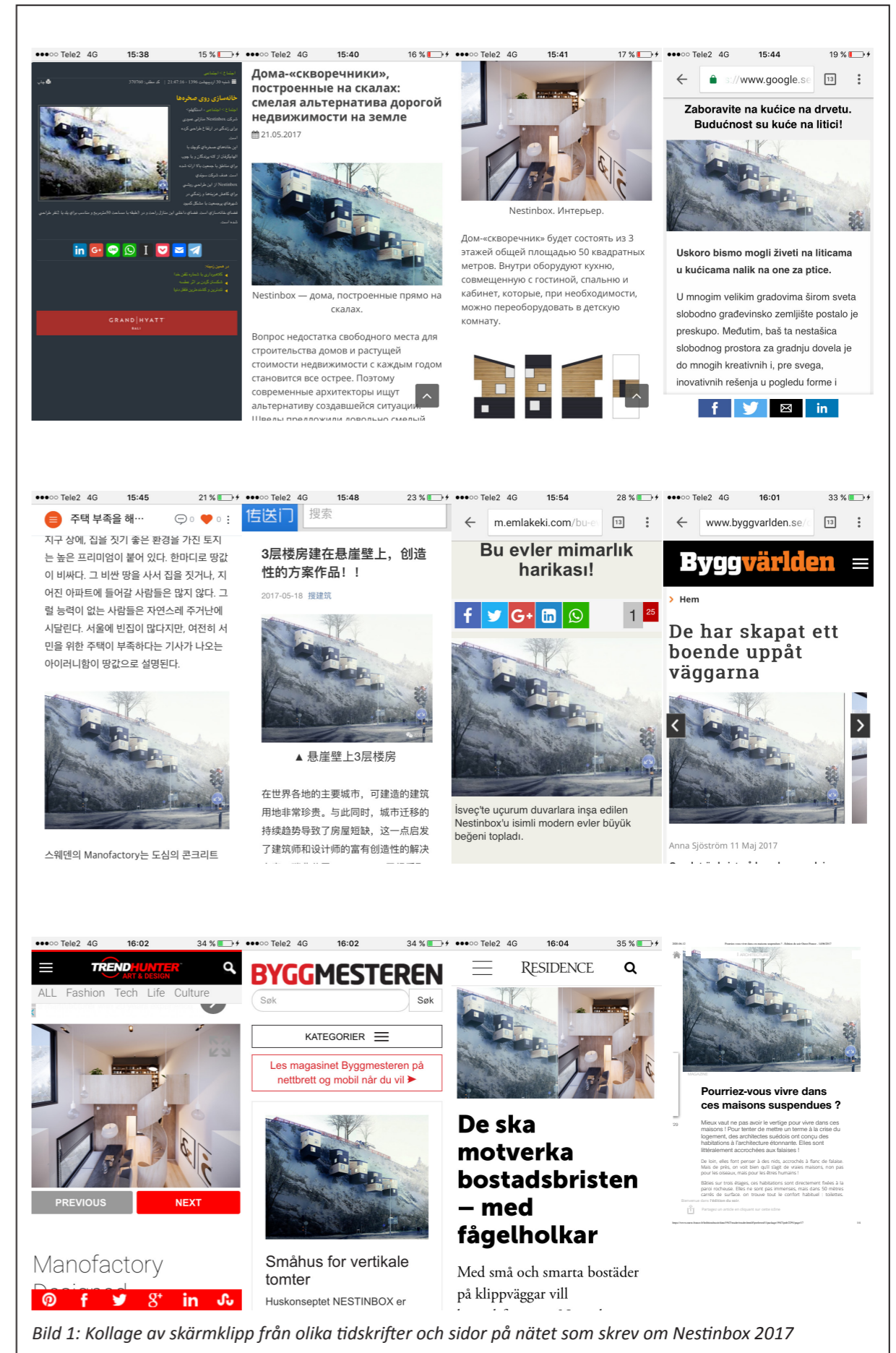


Bild 1: Kollage av skärmlapp från olika tidskrifter och sidor på nätet som skrev om Nestinbox 2017

Under hösten 2018 uppmärksammade vi Boverkets utlysning om ansökan till "Stöd för innovativt och hållbart byggande av bostäder". Vi insåg att vårt projekt passade väl in i de kriterier som angavs, så vi ansökte och till vår stora glädje beviljades vår ansökan. Tack vare detta stöd har vi nu under nästan 2 år haft möjligheten att faktiskt utveckla projektet, analysera och pröva våra tankar och idéer och verifiera om konceptet håller tekniskt, hållbarhetsmässigt och ekonomiskt – samtidigt som vi bibehåller en arkitektoniskt hög nivå. Det betyder att vi i grova drag under dessa 2 år har försökt att svara på följande frågor och pröva våra antaganden:

- **Var skulle man kunna bygga "Nestinboxar"?**
- **Hur? Fungerar konceptet tekniskt, estetiskt och kostnadsmässigt; är det genomförbart utan negativa och orimliga konsekvenser vad gäller hållfasthet, funktion, ekonomi och gestaltning?**
- **Kan konceptet i sig, med rätt förutsättningar, hjälpa till att minska det ekologiska fotavtrycket jämfört med traditionellt byggande?**

I början av 2019 krävdes först ett internt administrativt arbete där vi klargjorde en struktur för det kommande arbetet, budgetarbete, arvodesnivåer, ansvarsfördelning, resurser och projektets infrastruktur m.m. Den 12 februari hade vi vårt interna startmöte där vi drog upp vissa riktlinjer för fortsatt arbete. Därefter följde ett ritarbete där vi bearbetade våra skisser till ett bra utgångsmaterial för upphandling av tekniska konsulter. Vi hade beslutat att konsultera en byggnadsingenjör, en energi- och V-ingenjör (luft/vatten/avlopp), en brandingenjör samt en el-ingenjör.

### 1.3 Syfte och mål

Denna rapport är vår samlade redogörelse för vad vi har åstadkommit under ca: 20 månader då vi har försökt att undersöka och utveckla vårt idéprojekt med målet att så småningom producera och bygga små hållbara hus på lodräta klippväggar. Vi har tack vare det ekonomiska stödet från Boverket haft möjligheterna att dels lägga egen tid och dels köpa konsulttid av sakkunniga experter i frågor som vi inte själva behärskar. Vi har på så sätt utforskat om projektet tillför något för ett ökat hållbart byggande, om det är tekniskt möjligt att realisera och rimligt ur ett ekonomiskt perspektiv. Ur ett arkitektoniskt perspektiv anser vi att dessa små bostäder skulle vara något som visar på ett nytänkande när det gäller vad som anses vara byggbar mark och hur man skulle kunna exploatera och nyttja bergväggar på ett sätt som - såvitt vi vet - inte har gjorts tidigare. Vi anser också att dessa bostäder i vissa sammanhang skulle tillföra stadslandskapet något nytt, intressant, spännande och till och med vackert. I denna rapport vill vi redovisa vad vi har kommit fram till.

### 1.4 Arbetsmetod och ambitioner

Vi hade redan inför vår ansökan till Boverket beslutat att arbetet med att pröva vårt koncept måste innebära en regelrätt byggprojektering av en tänkt Nestinbox. För att fullt ut kunna förstå alla tekniska och funktionella krav på denna lilla byggnad måste vi genomföra en "skuggprojektering", dvs. rita och planera som om vi hade en uppdragsgivare och en tomt att bygga på. I det här

fallet en bergvägg, någonstans i Sverige. Genom en regelrätt byggprojektering, väl samordnad, blottlägger man successivt byggnadstekniska problem som man under projekterings gång måste lösa vilket alltid brukar innebära vissa justeringar av de ursprungliga skisserna. Att byggnaden i det här fallet är liten har inte så stor betydelse för arbetets omfattning som man kanske kan föreställa sig. En liten byggnad ställer ofta ungefär samma grundläggande krav som en stor, allt är bara i mindre skala. Med vår aktuella byggnad har det naturligtvis varit speciellt eftersom själva utgångspunkten för projektet är att huset saknar plan mark att bygga på, och istället skall monteras vertikalt på en bergvägg. Vi har dessutom haft målsättningen att kunna verifiera byggnadens miljöpåverkan i så stor utsträckning som möjligt. Vår ambition har varit att kunna redovisa hur allt från själva konceptet till val av byggmetod och materialval påverkar natur och miljö. Vi har därför under arbetets gång försökt att även svara på följande något mer detaljerade frågor:

- **Är det bra eller dåligt för miljön att bygga små bostadshus på klippväggar i etablerade stadsstrukturer?**
- **Hur tillverkar och monterar vi en Nestinbox med så liten negativ miljöpåverkan som möjligt?**
- **Hur konstruerar vi en Nestinbox så att denna håller så länge som möjligt och inte kräver omfattande underhållsarbeten och frekvent utbyte av material och produkter under byggnadens livslängd?**
- **I hur stor utsträckning kan vi välja både närproducerade (helst inom Sverige) och miljövänliga material; allt från stommaterial till gångjärn?**
- **Hur kan vi utforma och planera en Nestinbox så att den förbrukar så lite energi som möjligt, och vilken/vilka typ/typer av tillförd energi är bäst att använda för drift och uppvärmning ur miljösynpunkt och till rimlig kostnad?**

Svaren på dessa frågor, och en mängd andra relevanta byggtkniska, ekonomiska och gestaltungs-mässiga frågor och svar redovisar vi här i denna rapport. Till rapporten hör ett antal bilagor, både ritningar och beskrivningar, där vissa inte är offentliga. Varsågod och läs – vi hoppas att läsaren finner rapporten intressant och att detta kan bli början på en fortsättning – ett steg närmare att förverkliga våra idéer i praktiken och faktiskt bygga en Nestinbox för utvärdering och analys!

### 1.5 Avgränsningar

Vi har i detta projekt utgått ifrån den basmodell som vi tog fram när idén föddes, 2017, för hur en Nestinbox-byggnad är utformad, vilket även var den projektidé som vi redovisade i vår ansökan om bidrag till Boverket. Vi har sedan arbetat enbart med att utveckla denna basmodell och använda den som objekt för våra studier och utvärderingar. Det finns självklart möjligheter att utveckla basmodellen ännu mer; att göra såväl större som mindre varianter, att spegelvända huset och bygga samman flera "Nestinboxar" till större enheter, att lägga till balkong på framsidan, att öka möjligheten för bättre tillgänglighet genom att koppla till en hiss, m.m, m.m. men projektet hade då blivit alltför omfattande. Nu har vi utvärderat hur en sådan basmodell skulle kunna utformas för att möta de allra flesta gällande krav enligt BBR. Det krav som vi har svårt att uppfylla i grundmodell är kraven på tillgänglighet för rörelsehindrade. Vi har tittat på hur långt det skulle kunna vara möjligt att tillgänglighetsanpassa vår grundmodell. Resultatet

blir att det är omöjligt att tillmötesgå gällande krav på tillgänglighet för rörelsehindrade i hela byggnaden och samtidigt få en rimlighet i storlek, hållfasthet, utformning och kostnader. (Se vidare under kapitel 3.10.2 Arkitektur - Tillgänglighet.) Det ligger i projektets natur att bostäder som byggs högt upp i brant terräng möter stora svårigheter när det gäller anpassning för personer med nedsatt rörelseförmåga. Med tanke på den globala bristen på byggbar mark i och nära stadsmiljö och den ständigt pågående ökningen av människans globala fotavtryck anser vi att man trots allt bör prova våra idéer för att öka möjligheterna att nyttja platser som annars skulle lämnas obebyggda. En bostad som uppförs på en svårtillgänglig plats skulle bidra till att fler människor totalt skulle beredas möjligheter att kunna bo i en eftertraktad kommun eller stad där bristen på byggbar mark är stor.

## 2 Var?

Var i Sverige skulle man kunna bygga små hus på bergväggar? Hur gott om branta berg i och nära stadsstrukturer är det egentligen?

Sverige är ett bergrikt land och vi har en hel del berg även i och/eller nära vissa av våra städer. Man behöver inte särskilt omfattande bergmassiv för att uppföra en Nestinbox. Byggnaden, som vi tänker oss den, har en totalhöjd på ca: 10 m mot bergssidan. För att bygga över allmän plats, cykelbana eller vägbanan bör man hålla undan mellan ca: 2,5 - 5 m uppåt till byggnadens undersida. Nestinbox lämpar sig bäst att byggas i kluster om minst 3 st och kräver då ca: 23 m i bredd. Att hitta bergväggar som är 15 m höga eller mer i eller nära städer i Sverige är inte svårt. Vi kan ta vår huvudstad som exempel:

### 2.1 Stockholm.

Följande står att läsa på en hemsida som handlar om klättring i Stockholm; Plonk:

(<http://plonk.se/stockholm.html>)

Sidan berättar bl.a. om Stockholm som ett bra område för utomhusklättring, vilket säger en del om regionens topografi och förekomst av klippor och bergväggar, här är några citat från sidan: *"Med över 3000 klätterleder fördelade på ca 200 klippor är Stockholm Sveriges mest utvecklade klätterområde. Höjden på klipporna är mellan 10-40 meter och många av bergen ligger väldigt naturskönt"*

*"Antalet klippväggar som lämpar sig för klättring är mycket stort i Stockholm. En del berg kan ligga väl dolda i skogen medan andra kan ligga helt öppet med fantastisk utsikt ut över skärgården. Flera klippor ligger också väldigt centralt och bra klättring finns till och med innanför tullarna eller strax utanför. Något som faktiskt är unikt i världen är att det går att ta sig ut till nästan alla klippväggar med kommunala transportmedel och detta på mindre än en timmes restid. Den största koncentrationen av klippor finns ute på Tyresöhalvön bara 2 mil öster ut från Stockholm. I övrigt är klipporna ganska jämnt utspridda från Slussen och söderut mot Nynäshamn, österut mot Värmdö och västerut mot Södertälje."*

Härmed inte sagt att man skall leta upp alla klättringsbara klippor i vårt land, tränga undan alla glada bergsklättrare och bygga hus där, och exakt vilka berg som är lämpade eller inte ur naturskyddssynpunkt går vi inte in på här. Vi vill bara visa att möjligheterna att hitta vertikala ytor i och nära städer i Sverige är ganska stora. Många gånger är också bergväggar i stadsnära miljöer mer eller mindre otillgängliga (utom för klättrare), platserna är branta, svårtillgängliga och inte sällan omgärdade och bevuxna av träd och grönska, men knappast lämpade för rekreation och skogspromenader. Dessa marker kan vara vackra att uppleva; värdefulla som gröna och orörda oaser för ögat, men rent funktionellt är sådana områden oftast vad man skulle kunna kalla för impediment; mark som inte lämpar sig för varken skogsbruk, jordbruk, byggande eller rekreation – bortsett från bergsklättring.

Eftersom vi känner vår hemtrakt bäst börjar vi med att berätta något om Stockholms södra delar, och här passar vi på att förklara mycket kort om varför Stockholm ser ut som det gör, rent topografiskt, med sina högsta förkastningsbranter. Dessa branter börjar långt öster om Stockholms centrala delar och går längs Södermalm och sedan västerut, s.k. förkastningslinjer som börjar ända ute i ytterskärgården. Se kartbild på nästa sida.



Bild 2: Eric Hallström, Vy över Södra Bergen, 1927

En förkastning är: *"...en brottyta eller brottzon i ett berg där det skett en tydlig förskjutning av bergmassa till följd av rörelse."* (Wikipedia)

En förkastningslinje är således en längsgående sådan bergförskjutning, inte sällan med inslag av förkastningsbranter, vilket alltså är när den ena delen av den vertikala förskjutningen är blottad som en brant eller en "vägg". Med en "bergvägg" avses en relativt vertikal bergyta i inlandet, med en "klippvägg" avses detsamma, men omgärdad av vatten, helt eller längs ena sidan; t.ex. en del av en "kustlinje".

Platsen där Stockholm blev till har i huvudsak 4 större förkastningslinjer, 2 mycket långa linjer går i öst-västlig riktning, och 2 lite kortare branter går i syd-nordlig riktning. Alla dessa förkastningslinjer utgörs i olika omfattning av berg- eller klippväggar som avslutas uppåt med plataer som vi har givit namn som t.ex. Danviksklippan, Åsöberget, Katarinaberget, Mariaberget, Skinnarviksberget och Gröndalsberget.

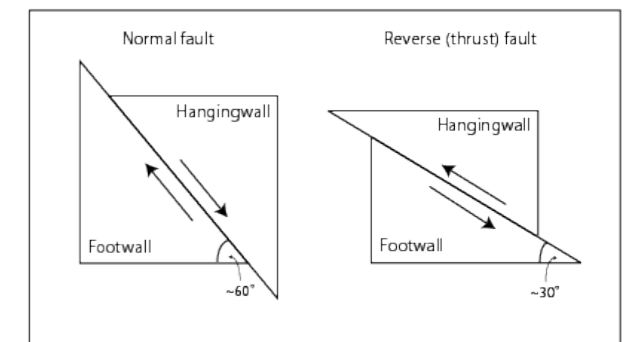


Bild 3: Figur från Wikipedia

Högst inom tullarna är Skinnarviksberget, 53 m, och nedanför löper Söder Mälarstrand, och det är där, men nedanför Mariaberget, som vi har låtit utföra vår numera ganska kända och uppmärksammade rendering av hur det skulle kunna se ut med 5 st. Nestinbox monterade

längs den långa och tydliga förkastningsbranten. (Se omslagsbilden) Om det någonsin kommer att byggas Nestin-box-hus just där är väl skrivet i stjärnorna, men det finns också många andra platser i Stockholm som skulle vara fullt möjliga att bebygga med våra "holkar för människor".



Bild 4: Kartbild från boken "Stockholm, vattnet, öarna och staden", P. Kallstenius/J. Wikström, 2018. Bilden visar förkastningslinjer och sprickdalar i Stockholms topografi, sett från öster. Den kraftigt välvda linjen är en del av den långa brant som inne på Södermalm bildar Åsöberget, Katarinaberget, Mariaberget och Skinnarviksberget.



Bild 5: Danviksklippan vid Danvikskanalen, vy mot Hammarby Sjöstad.

Vid en utflykt längs en av de 2 stora förkastningslinjerna i öst-västlig riktning kommer man förbi Danviken, Henriksdal, Finnboda och Kvarnholmen. Här är topografin starkt kuperad med platåer, branter och bergväggar. Naturen är dramatisk och bebyggelsen slingrar sig ofta runt branterna vid bergens fot, eller som på Henriksdalsberget; ett stort bostadsområde byggt ovanpå den väldiga platån; Henriksdalsringen. Husen som innehåller 770 lägenheter byggdes mellan åren 1964 och 1969.



Bild 6: Henriksdalsberget panoramabild från norr.

Henriksdalsringens bergssidor ner mot planare mark är ett exempel på bergväggar i stadsmiljö som skulle kunna nyttjas för ytterligare bostäder i mindre skala. Terrängen är delvis otillgänglig, helt enkelt därför att den är så brant. Området ligger i stadsmiljö där all infrastruktur i form av anslutande vägar, gator, el, vatten och avlopp finns nära. Här visar vi några bergväggar i detta område, runt Henriksdal. Överst en panoramabild från den norra sidan och sedan följer bilder från områden söder om Henriksdalsberget.



Bild 7: Bergvägg längs Kvarnholmsvägen.



Bild 8: Henriksdalsberget panoramabild från söder, södra Svindersvik.



Bild 9: Henriksdalsbergets sydvästra fot.



Bild 10: Värmdöleden mot Finntorp, vy från Svindersvik.



Bild 11: Finnberget.



Bild 12: Marinstaden, Ryssberget.

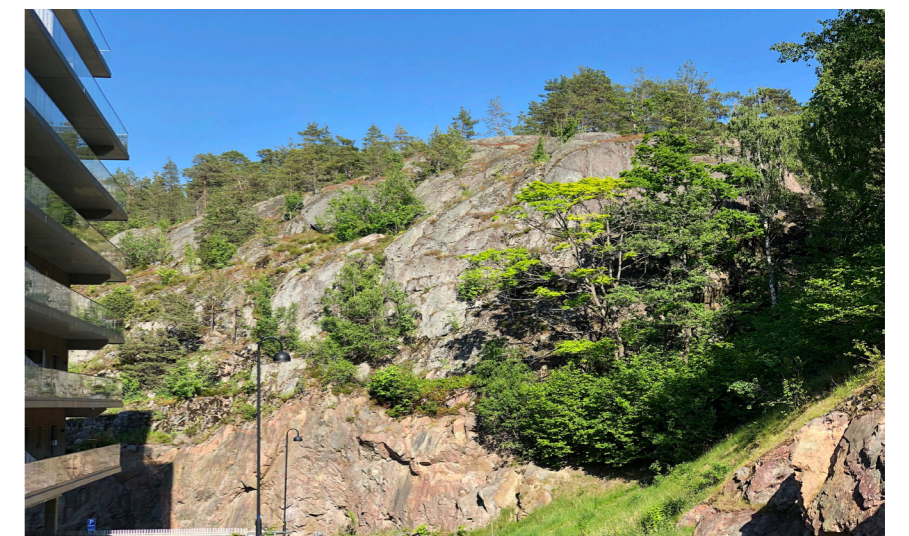


Bild 13: Marinstaden, Ryssberget.

Detta var exempel från berg belägna i Nacka kommun med omnejd, men det finns fler områden i och runt Stockholm där man hittar bergväggar som har potential att kunna bebyggas; Stockholm innanför tullarna, som vi har nämnt tidigare, Gröndal, Lidingö, Tyresö, Botkyrka är fler exempel.

## 2.2 Övriga Sverige.

En annan av våra största städer som har både berg- och klippväggar är Göteborg. Här finns exempelvis områden i Partille: Utby, Kåhög, Lexby, Kyrkåsberget. Angered: Gårdstensberget. Mölndal: Kallebäck och troligen fler bergrika platser än så. På denna och nästa sida visar vi några bilder från ovan nämnda områden, de flesta är skärmbilder från Google Maps, därav den låga kvalitén.



Bild 14: Partille; Utby.



Bild 15: Partille; Kåhög.



Bild 16: Partille; Lexby.



Bild 17: Partille; Kyrkåsberget.



Bild 18: Mölndal; Kallebäck



Sveriges topografiska kartor visar naturligtvis att vi hittar de mest bergrika trakterna i landets norra delar och merparten utanför tätbebyggda områden. Nestinbox är dock inte tänkt att byggas på landsbygden långt utanför städerna; vi vill istället visa ett alternativ till att låta städerna enbart bre ut sig och växa horisontalt; ett alternativ där man förtätar staden och dess ytterområden genom att nyttja byggbara bergväggar.

### 2.3 Utanför Sverige.

Vårt projekt har sin utgångspunkt i svenska förhållanden; geografiska förutsättningar, regler och normer. Men vi tycker att man inte bör bortse ifrån att Sverige i modern tid ofta har ansetts vara ett föregångsland när det gäller såväl bostadsplanering som byggforskning. En ambitiös social bostadspolitik som såg sin gryning redan i början av 1900-talet, och något senare en vilja att optimera vår byggtkniska standard ledde tidigare än i många andra länder till en kvalitetshöjning på såväl bostäder som byggtknik i Sverige. Det är vår uppfattning att även om vi inte är världsledande på utvecklingen av högteknologiskt och hållbart byggande så finns det i Sverige en lång tradition av högt ställda ambitioner för byggda miljöer och bostadsplanering. Vi tycker därför att det borde vara intressant att även titta på möjligheten att kunna exportera idén att bygga på vertikala ytor.

I praktiskt taget hela världen pågår en enorm urbaniseringsprocess där människor i allt mer ökad takt söker sig från landsbygden till storstaden. Landsbygden utarmas, små städer blir stora städer; en ständigt ökad global urbanisering är sedan länge ett faktum. På motstående sida ser vi några grafer hämtade från FN:s hemsida. (Länkar till sidan finns i bildförteckningen) Vi visar bara 4 länder; 2 skandinaviska länder, ett europeiskt och det till ytan näst största landet i världen; Kanada. Gemensamt för dessa 4 länder är bl.a. dels att grafen som visa inflyttningen från landsbygd till stad visar på en till synes oundviklig utveckling mot en allt snabbare urbanisering och dels att dessa länder har gott om berg. Två faktorer som skulle kunna tala för att det kan vara attraktivt att hitta möjligheter att inte bygga bara på marken, utan ovanför den. Kanada sticker däremot ut på en punkt: Befolkningen i detta gigantiska land uppgår till endast ca: 38 miljoner invånare (Källa: Statistics Canada/statcan) och är ett av världens mest glesbefolkade land. Men trots detta söker sig människorna till städerna, precis som i de mer tätbefolkade länderna i världen och följden blir städer som breder ut sig alltmer och skapar oändliga stadsstrukturer med förortsområden och långa resvägar mellan "sovstäderna" och de centralare delarna. Befolkningstätheten i Sverige är ungefär 6 ggr högre än i Kanada (Wikipedia), och då är ju Sverige ändå ett gles befolkat land, men Toronto har nästan exakt samma befolkningstäthet som Stockholm; ca; 3970 inv./km<sup>2</sup>. (Wikipedia) Människan söker sig mot stadskärnorna. Norge har berg inpå knuten i praktiskt taget alla sina större städer som Oslo, Bergen, Stavanger/Sandnes och Trondheim. Visst finns det mark kvar att bygga på i och runt dessa städer, det föreligger ingen bostadsbrist som i Stockholm, men befolkningen växer och det borde vara intressant att i t.ex. Oslo undersöka möjligheterna att bygga på bergväggar, som ett av flera alternativ till att ensidigt fortsätta att låta staden breda ut sig på platt mark allt längre ut från stadskärnan och/eller bygga allt högre och högre byggnader i städernas centrala delar.

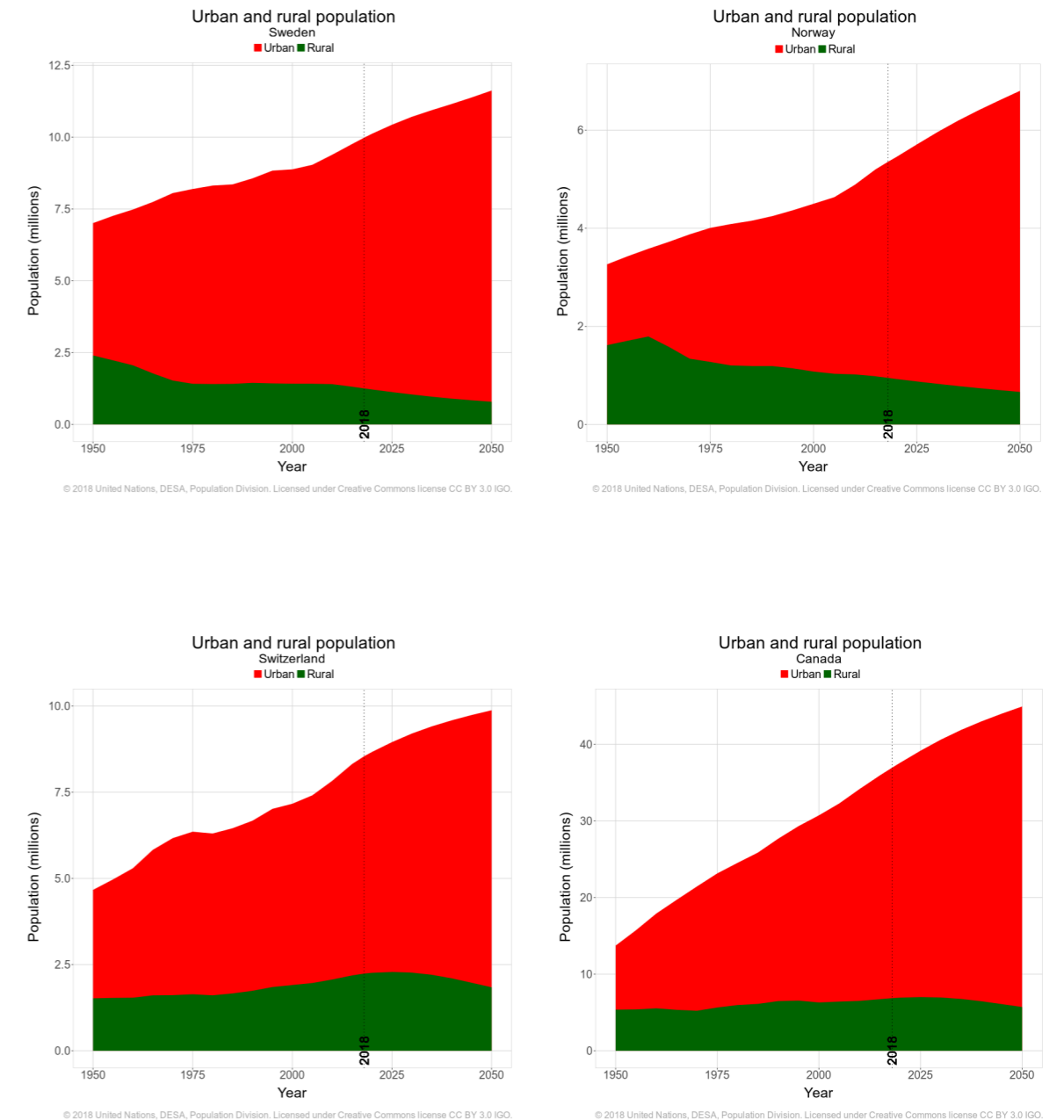


Bild 19: Diagram som visar faktisk och prognostiserad utveckling av skillnaden mellan befolkning i städer och landsbygd i Sverige, Norge, Schweiz och Kanada. Diagrammen är hämtade från FN:s hemsida under rubriken "World Urbanization Prospects / Country Profiles 2018".

De snabbast växande städerna återfinns enligt FN (Pressrelease 21 juni 2017, "World population projected to reach 9.8 billion in 2050, and 11.2 billion in 2100") i Afrika, Indien och Kina, stora och på sina håll bergrika världsdelar och länder där tekniken att bygga lodrätt kanske kan vara intressant. En väsentlig skillnad mellan dessa länder och våra breddgrader i Skandinavien är att majoriteten av dessa platser är varma, och behovet av isolering mot kyla är obefintligt. Stommarna till bergväggsmonterade hus kan därför göras betydligt lättare och istället finns det anledning att här studera möjligheterna att planera för en naturlig kylning, där man kan ta tillvara svalkande vindar längs bergväggen. Vi fördjupar oss inte vidare i detta i det här projektet, det skulle bli för omfattande och ingår inte i vårt uppdrag nu. Men vi vill flagga för möjligheterna att exportera konceptet i framtiden.

### Sammanfattning av kapitel 2:

Sammanfattningsvis beskriver vi i kapitlet ovan att vi är övertygade om att det i vissa regioner i Sverige, och utomlands, finns berg- och klippväggar som är möjliga att bebygga med Nestin-boxbyggnader. Vi säkra på att det tekniskt skulle fungera att bygga på flera platser i och nära t.ex. Stockholm och Göteborg, men vi är självklart medvetna om att inte alla dessa platser är lämpliga med hänsyn till exempelvis naturvårdsbestämmelser och markägoförhållanden. Vi vill framförallt visa på möjligheten att kunna bygga på en bergvägg, sen är det naturligtvis en öppen fråga exakt var man får/vill/bör/kan bygga.

För att en berg- eller klippvägg skall vara möjlig att bebygga med en Nestin-box bör väggen ha en höjd av minst 15 m och plats för minst 3 byggnader sammanlänkade med en spång, vilket i praktiken innebär en byggbar bredd på ca: 23 m.

## 3 Hur?

När idén till Nestin-box föddes visste vi inte säkert hur pass möjligt eller omöjligt det skulle vara att montera en flera ton tung byggnad i en ställning och fästa in den i en bergvägg. Eftersom det finns montage av tunga anordningar i vägtunnlar, gruvor och i anslutning till broar direkt in i berget förstod vi att det inte borde vara helt omöjligt. Men den frågan kändes ändå som den mest grundläggande, och vi ville ha ett åtminstone preliminärt svar från sakkunniga. Vi visste inte heller hur vår tänkta byggnad skulle komma att fungera utifrån ett brandskyddsperspektiv, hur man går tillväga för att få luft, vatten avlopp och uppvärmning att fungera och hur man bäst går tillväga för att mata el och planera belysning och effektbehov. Detta kapitel redovisar hur vi har gått tillväga och vilka konsekvenser de tekniska utmaningarna och myndighetskraven på en Nestin-box har fått på utformningen av vår ursprungliga idé.

### 3.1 Våra konsulter och rådgivare.

Vi fick tidigt kontakt med Prof. Ove Lagerqvist, professor i stålbyggnad vid LTU. Efter lite mailkorrespondens och ett möte med Ove fick vi klart för oss att det knappast skulle föreligga några större problem att på ett säkert sätt kunna konstruera en ställning i stål som med ett antal fästpunkter kan monteras i en bergvägg och bära en Nestin-box. Vi tackar Ove för initialt

engagemang och ett tidigt utlåtande om projektets genomförbarhet utan krav på ersättning!

Exakt hur vi skulle gå tillväga återstod förstås att utreda, vi behövde anlita en bra byggnadsingenjör, och efter ett par intervjuer föll valet på Pontus Rydstern på teknikkonsultföretaget Tyréns. Vid vårt första möte gjorde Pontus klart för oss att inte heller han såg några stora problem med konstruktion och montage i en bergvägg. Nu startade en projekteringsprocess där vi under ca: 9 månader träffades i totalt 11 projekteringsmöten och successivt fyllde på med mer sakkunskap:

Vi anlidade en V-ingenjör för att projektera och ge råd i frågor angående energi, värme, vatten och avlopp; Tomas Engdahl från Bengt Dahlgren AB. Så småningom anslöt brandingenjör Andreas Falegren från Ramböll för de brandtekniska frågorna och slutligen anlidade vi elingenjör Åke Larsson, också han från Tyréns.

Projekteringsmötena, som alltid hölls på Tyréns huvudkontor, förflöt på ett mycket kreativt, konstruktivt och stimulerande sätt. Känslan av att arbeta i ett team med hög kompetens och stort engagemang var tydligt närvarande på våra möten och vi kom verkligen framåt hela tiden. Elisabetta Gabrielli, som bor och arbetar i Italien, (Padova och Milano) var alltid med via länk och det var överhuvudtaget mycket sällan som någon inte hade möjlighet att delta. Parallellt med våra projekteringsmöten med ovan nämnda kontinuerligt anlidade konsulter köpte eller fick vi också råd och sakkunskap från andra:

Vi ville ha en uppskattning av kostnaden för att hänga upp ett litet hus på en bergvägg jämfört med att grundlägga detsamma med platta på mark. För att få reda på det anlidade vi projektledare och affärsutvecklare Oscar Wernram på Tyréns i Malmö som lät göra en utredning kring dessa kostnader. Man bedömde projektet som intressant och i detta skede "icke-kommersiellt" varför man delfinansierade sitt arvode med över 25%. Vi tackar för det! Kostnadsberäkningen finns bilagd i denna rapport, se bilaga 4.

Vi köpte några timmars arbete av "Fastighetskonsulten Torkel Öste" via deras medarbetare Linda Hedqvist och fick därmed ett kortfattat men intressant och belysande utlåtande angående de frågor som uppstår ur ett fastighetsbildningsperspektiv vid uppförandet av några Nestin-box. Dokumentet finns bilagt i denna rapport. Arvodet för uppdraget delfinansierades av konsulten med ca: 20 % eftersom man även här tyckte att projektet var intressant men ännu så länge inte kommersiellt. Vi tackar för det!

Vi fick ca: en timmes kostnadsfri intervju via Skype med Per Tengborg, VD och forskningsdirektör på Stiftelsen Bergteknisk Forskning (BEFO) och Robert Sturk, Design Manager och bergsingenjör på Skanska, ordförande i Swedish National Group of ITA (Bergsprängningskommittén) och ordförande i Svenska Bergteknikföreningen. Vad som framkom vid detta möte återkommer vi till i kapitel 3.4.

Vi fick några timmars kostnadsfri rådgivning och utlåtanden i ett möte med Tove Malmqvist Stigell, seniorforskare och docent vid KTH, avdelningen för hållbarhet, utvärdering och styrning SEED, KTH. Resultatet av detta möte redovisas separat, se anteckningar i Bilaga 2.

### 3.2 Den bärande stommen – teknik.

Vi var tidigt på det klara med att huset måste fästas in i någon slags ”hängsle” av stål; en bärande ram av stål med fästpunkter som förankras i berget. Efter en tids skissarbete i samråd med oss arkitekter kom byggnadsingenjör Pontus Rydstern fram till en ramstruktur av i huvudsak sammansvetsade UPE-balkar i vilken man monterar byggnadens massivträstomme. Vi hade sedan länge tänkt oss att det huvudsakliga materialet i själva byggnaden skulle vara KL-trä (korslaminerat trä) eller massivträ som det också kallas. Mer om detta material; se kapitel 3.5.

Mycket förenklat fungerar stålramen, eller ”hängslet” som vi kallar det, på följande sätt: Mot bergssidan har ramen ett antal infästningspunkter jämnt fördelade längs och tvärs strukturens sida mot bergväggen, detta för att fördela lasten och därmed minska risken för oönskade svängningar och vibrationer vid vindpåkänning och ev. andra asymmetriska belastningar på byggnaden. På infästningspunkterna sitter stag av stål som förankras i borrhål som går långt in i berget och gjuts fast. Nu har man en mycket stabil och trygg infästning av ”hängslet” som enkelt uttryckt kan bära minst 35 ton i minst 50 år för inspekterbara delar (som alltså kan repareras och ersättas vid ev. behov) och 100 år för infästningarna i berget.

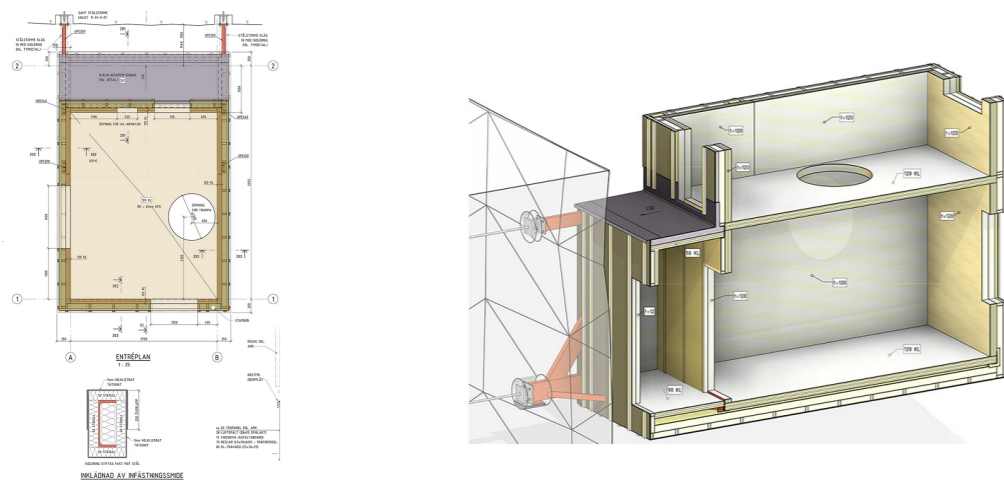


Bild 20: Delar av K-ritningarna som visar konstruktionen för ”hängslet”..

### 3.3 Den bärande stommen - miljöpåverkan och hållbarhet

Av alla material och processer som ingår i uppförandet av en Nestinbox är stålkonstruktionen den del som har störst negativ miljöpåverkan - så som ståltillverkningen går till idag. Tillverkning av stål kräver ännu så länge en ansevärd del tillförd energi och tillverkningsprocessen ger idag upphov till jämförelsevis stora mängder utsläpp av växthusgaser. Enligt Naturvårdsverkets siffror från 2018 var utsläppen av växthusgaser från svensk industri generellt 32% av landets totala utsläpp detta år. Järn- och stålindustrin stod för den absolut största andelen av dessa utsläpp; 34%. (Naturvårdsverkets hemsida: ”Utsläpp av växthusgaser från industrin”) Att tänka sig en infästning av en för byggnaden bärande struktur av något annat än stål är svårt, för att inte säga omöjligt. Stål är utan tvekan det enda möjliga materialet att använda för detta syfte, till en rimlig kostnad. Det är överhuvudtaget svårt att tänka sig en byggvärld helt utan

stål och det är därför mycket glädjande att SSAB och andra aktörer inom svensk stålindustri nu mycket aktivt och sedan flera år arbetar för att minska både energianvändningen och utsläppen av växthusgaser vid tillverkning av nytt stål. Det mest banbrytande exemplet verkar vara projektet HYBRIT (Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology) som i skrivande stund har fått mycket publicitet både här i Sverige och internationellt. (Se Bilaga 6) ett utvecklingsprojekt i samarbete mellan LKAB, Vattenfall och SSAB där man - mycket kortfattat - försöker arbeta fram ett nytt sätt att bearbeta malmen och frigöra järnet med vätgas så att processen kan bli fossilfri och slutprodukten endast blir järn och vatten. Forskning pågår och man siktar på att framställa stål enligt dessa nya metoder i större skala senast 2045. Vi håller tummarna! (Se SSAB och Jernkontorets hemsidor).

Stålet skall också rostskyddsbehandlas och de 6 utstickande delarna mot bergväggen skall kläs in med 50 mm isolering och ett 5 mm tjockt lager av skyddande aluminiumplåt eller liknande. Det senare, inklädnaderna, vågar vi påstå att de kommer att ha en tämligen liten miljöpåverkan. Isoleringen bör visserligen inte vara av cellulosa- eller träfiber då det är svårt att uppnå högsta klass (A1) för brandmotstånd med denna typ av isolering, här måste vi använda stenull. Men mängden isolering kring dessa fästen är relativt liten. Detsamma gäller mängden plåt i det skyddande höljet runt isoleringen. Aluminium kräver relativt mycket energi i tillverkningsprocessen, men det har lång livslängd och är 100% återvinningsbart.

När det gäller rostskyddsbehandlingen har vi dock inte lyckats hitta alternativ till de vanligast förekommande produkterna för att rostskyddsmåla stål (korrosionsklass C3 och C4). De på marknaden förekommande produkterna som anses hålla dessa korrosionsklasser är i hög grad miljövänliga och vi får tills vidare föreskriva de färger som är så miljövänliga som möjligt. Vi får även här hoppas på produktutveckling i en mer miljövänlig riktning så att vi slipper använda ämnen som epoxy och polyuretan i framtida rostskyddsfärger för stål. Skulle vi å andra sidan låta bli att rostskyddsbehandla stålet, eller använda en mer miljövänlig produkt men med sämre korrosionshämmande effekt så skulle byggnadens livslängd sannolikt förkortas; och resultatet blir då att byggnaden blir en större miljöbelastning i sin helhet.

### 3.4 Infästningen i berget – teknik och hållbarhet.

”Hängslet” av stål som monteras enligt punkt 3.2 ovan kräver ett antal borrhål in i berget. Vi har fått principen för denna metod verifierad och godkänd av dels vår konstruktör på Tyréns – som har föreslagit principen - och dels av två av landets främsta experter på bergteknik; Robert Sturk, och Per Tengborg. Se BILAGA 1 som är anteckningar från mitt telefonmöte med dessa två bergtekniska experter. I korthet kan man säga att omdömet var att dessa fästpunkter kommer att bli oerhört starka och att det inte finns något som helst tvivel från våra anlitade sakkunniga om att husen kommer att hänga tryggt i dessa fästpunkter i minst 100 år. När det gäller miljöpåverkan i detta sammanhang har vi alltför dåliga kunskaper om alternativen, om det finns några alternativ. I vår LCA-beräkning (se kapitel 5) kan vi konstatera att själva borrhningen i sig inte är en process som kräver en stor energimängd och ger höga värden för utsläpp av koldioxidkvivalenter. Att borra de 6 hålen är rent tekniskt en mycket enkel process som från det att borrh-utrustningen är på plats tar endast ca: 30 minuter att utföra.

### 3.5 Trästommen – teknik.

Ända från de första skisserna har vi utgått ifrån att byggnadskroppens stomme utgörs av massivträ, vi anser att detta är ett självklart val i detta sammanhang. Trä som huvudsakligt byggnadsmaterial har en mängd fördelar såväl tekniskt som miljömässigt, det senare återkommer vi till i nästa kapitel. Tekniskt sett har träet många fördelar, och nu handlar det om KL-trä. Namnet står för korslaminerat trä, en produkt som enkelt uttryckt utgörs av minst tre skikt av ihoplimmade brädor av barrträ (även lövträ förekommer) där riktningen på brädorna växlarvis ligger tvärs varandra. Brädorna kallas i detta sammanhang för lameller, vilket ger oss det engelska ordet för samma produkt; glue laminated wood eller glue laminated timber, ofta förkortat som glulam. Kärt barn har många namn och en vanlig benämning är också cross laminated timber; CLT. KL-trä är ett mycket starkt material som trots låg vikt klarar stora spännvidder och höga belastningar. Att vi i detta projekt måste välja ett lätt stommateriale är ganska självklart. Trots det vill vi i detta kapitel fördjupa oss i ämnet trä som stommateriale eftersom vi i våra studier har blivit på det klara med att andelen trä i byggandet i Sverige fortfarande ligger på förvånansvärt låga nivåer. Vi har försökt ta reda på varför och vill redovisa vad vi har kommit fram till. Just den låga vikten på byggelementen av KL-trä vid produktion av prefabricerade hus har naturligtvis många fördelar jämfört med betong, som är det material som ligger närmast till hands att jämföra med. En stomme av trä ger följande fördelar:

- **Enklare, billigare och mer miljövänligt att transportera.**
- **Enklare och billigare grundläggning eftersom den totala vikten av en KL-träbyggnad är ca: en femtedel jämfört med om byggnaden hade uppförts i betong.**
- **Lättare att hantera elementen på byggplatsen och lägre påfrestningar på marken vid lyft av större byggnadsdelar; man behöver inte ha lika stora och tunga kranar.**
- **Högre grad av prefabricering av elementen samtidigt som dessa enkelt går att bearbeta på plats med traditionella handverktyg om man behöver borra, fräsa, fälla in dosor m.m. som inte är med i prefab-processen från början.**

KL-trä tillverkas och säljs som skivor i en mängd olika dimensioner upp till standardstorlek max 3 x 16 m (men dom går att göra ännu större) och används i allt större skala i byggnader över hela världen. Den till ytan största byggnaden i världen som byggts med CLT-teknik är

ett bostadskomplex i Hackney, London; Dalston Lane som till ytan uppgår till totalt 14.400 m<sup>2</sup> och innehåller 121 lägenheter samt lokaler för restauranger och arbetsplatser. Byggnadskomplexet färdigställdes 2017, tommen är i CLT-trä. Byggnadens vikt uppskattas till ca: 1/5 av den vikt som skulle ha blivit om hela konstruktionen hade uppförts i betong. Byggtiden blev också kraftigt reducerad och det

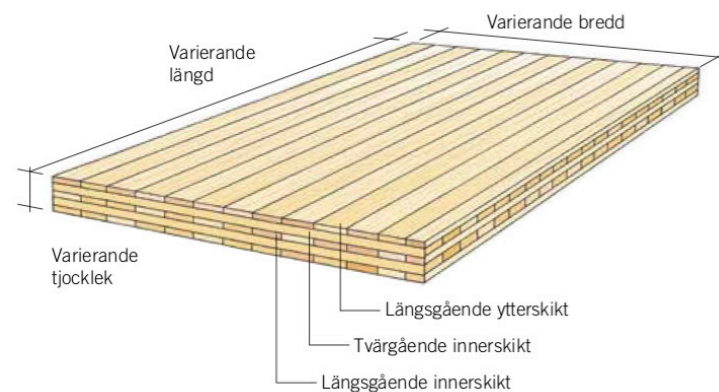


Bild 21: Principen för en KL-träskiva.

ekologiska fotavtrycket anses ha blivit avsevärt mindre med denna CLT-trästomme. Man har dock valt att klä stommen med tegel, troligen ett krav från beställaren eftersom omgivande bebyggelse utgörs av tegelbyggnader .

(Källa: ArchDaily, Dalston Lane, London)



Bild 22: Dalston Lane, London. Waugh Thistleton Architects.

I Nestinbox är samtliga ytterväggar, innerväggar och bjälklag uppbyggda av KL-skivor vilket ger en mycket stabil konstruktion där träets förmåga att anpassa sig efter rörelser är värdefull, för att inte säga nödvändig, eftersom det är oundvikligt att byggnaden kommer att röra sig något av vindar och andra lastpåkänningar. I vårt fall är naturligtvis även den låga vikten en stor fördel och även detta en oumbärlig förutsättning för att hela konstruktionen skall fungera optimalt.

### 3.6 Brandfrågor

Det känns angeläget att skriva några ord om trä och brandmotstånd och hur byggnader av massivträ reagerar vid en eldsvåda. Även utrymningsfrågan var något vi fick bearbeta för att uppnå gällande krav. Här följer en redovisning av dessa punkter.

#### 3.6.1 Brandfrågor – trästommen

Trä som byggnadsmaterial är både urgammalt - och samtidigt nytt; träbyggandet har fått ett uppsving under de senaste 15 åren. Enligt vår uppfattning går utvecklingen emellertid förhållandevis långsamt framåt, trots att trä i högsta grad anses vara miljövänligt, trots att tillgången på skog och sålunda råmaterial är enorm och trots att träbyggnadstekniken har gjort tekniska landvinningar under senare år. Vi tror att detta kan bero på att trä som byggnadsmaterial fortfarande är omgärdat av ett visst konservativt tänkande, halvsanningar och enligt vår uppfattning även okunskap, i synnerhet när det gäller brandfrågor, även inom byggbranschen. För att hitta orsaken tror vi att man måste titta lite på det hela ur ett historiskt perspektiv:



Bild 23: Trä, ett naturligt och förnyelsebart råmaterial.

Människan har historiskt sett i vårt land – och i många andra länder - uppfört byggnader av trä i tusentals år. Hela byar och så småningom städer uppfördes ofta i trä fram till ett viktigt årtal i Sveriges träbyggnadshistoria: 1874. Efter århundraden av många förfärande stadsbränder infördes då i Sverige ett nationellt ramverk med lagar som reglerade hur och med vilka material vi fick bygga i våra städer. Säkerhetsorienterade byggstadgar infördes som gjorde gällande att det lättantändliga träet inte längre fick användas som stommaterial i byggnader med fler än två våningar. Den största stadsbranden i Sveriges historia kom dock 14 år senare, 1888 då Sundsvall – och faktiskt även Umeå samma dag - härjades svårt av förödande bränder, något som ytterligare befäste skräcken för stadsstrukturer byggda i trä. Från och med de nya reglerna kom planeringen av byggnader i

framförallt städer att präglas av ett reducerat användande av trä som byggnadsmaterial och Sverige började att ställa om till nya byggnadsmetoder där sten, tegel, och så småningom stål, betong, lättbetong och andra modernare material kom att användas i avsevärt större utsträckning som stommaterial. Någonstans här förlorade vi tilltro, vilja och kunskaper att bygga i trä, och så har det varit ända fram till mitten av 1990-talet, alltså i drygt 100 år.

1995 kom Boverkets Byggregler BBR (BFS 1995:17 BBR 3) och Boverkets Konstruktionsregler (BFS 1995:18 BKR 2) ut i nya upplagor, med ett flertal ändringar i samtliga avsnitt, där man bland annat lättade på tidigare restriktioner om trähus och våningsantal. Man fick från och

med nu uppföra trähus i fler än 2 våningar, något som öppnade upp helt nya möjligheter för större och högre hus med en stomme helt i trä.

Skräcken för brand i samband med träbyggande verkar i någon mån fortfarande finnas kvar i bygg- och fastighetsbranschen och därför har vi försökt att ta reda på lite fakta i ämnet för att på ett förenklat och generellt sätt redogöra och kanske öka förståelsen för hur brand uppträder i ett hus byggt av massivträ. Vi har hämtat fakta och resonemang från i huvudsak följande källor:

Svenskt Trä (en del av Skogsindustrierna) – Träguiden – Kap. 7.2 Brandmotstånd hos KL-trä. ISBN 978-91-981922-5-4

Råd och anvisningar från projektets brandkonsult, brandingenjör Andreas Falegren, Ramböll.

Det första stadiet av en brand som börjar inifrån en bostad, som påverkar hur branden utvecklas är hur lätt den uppkomna branden får fäste i ytskikten i framförallt väggar och tak. Oskyddat trä i tunna skikt som utsätts för höga temperaturer tar snabbt eld och branden ökar mycket snart i intensitet.

Av denna anledning ställer Boverkets Byggregler krav på ytskikt på tak och väggar i bostäder och lokaler. Kraven varierar mellan väggar och tak där tak har ett något högre krav eftersom en brand sprids som snabbast vid taket om den får fäste där.

Oskyddat trä i tjockare skikt uppträder dock på ett annat sätt; här sker antändningen långsammare och när branden får fäste skapar den ett förkolnat skikt som skyddar veden innanför kolskiktet; brandutvecklingen saktas ner och fördröjer fortsatt inbränning i veden. Inträngningshastigheten för elden är vanligtvis mellan 0,6 – 1,1 mm per minut. Detta innebär att träet innanför kolskiktet och den bärande funktionen i en massivträstomme förblir opåverkad under en tid som är ganska lätt att beräkna. Vår brandkonsult har ställt kravet R60 (=bärförmågan och/eller avskiljande funktion i stommen vid brand skall kunna bibehållas i minst 60 minuter) och vi kan med den konstruktion vi har projekterat uppfylla detta krav.

Nu ställs givetvis krav även på ytskiktets antändbarhet för att fördröja det inledande brandförloppet som anges ovan. I detta fall gäller krav på lägst klass D-s2,d0 på väggar och C-s2,d0 i tak. Oskyddat massivträ uppfyller generellt klass D-s2,d0 vilket är kravet på väggar i detta fall. (Förklaring: D eller C = huvudklass, s2=rökklass, d0=droppklass/risken för brinnande droppar) Krav på ytskikt i tak är som sagt högre än vad oskyddat trä klarar. Ytskikten i Nestinbox är inte tänkta att vara oskyddade, men inte heller klädda med gipsskivor. Vi vill behålla den visuella och upplevelsemässiga känslan av trä även inne i rummen. Kraven som ställs i vårt fall kommer vi att kunna uppfylla med en vid brand skumbildande brandskyddsfärg som i normala fall visuellt upplevs mest som en något tjockare men färglös, ljus lasyr. Detta i de fall där inte massivträet på egen hand kan uppfylla aktuella ytskiktsskrav.

#### 3.6.2 Brandfrågor – utrymning

I vår ursprungliga utformning av Nestinbox hade vi inte klart för oss exakt vilka utrymningskrav som skulle komma att ställas på byggnaden. När vi hade konsulterat vår brandkonsult Andreas Falegren fick vi ganska snart nedslag på utrymningsituationen från det nedersta planet, som är tänkt att inrymma ett sovrum. Här finns ett krav att kunna rymma ut snabbt och enkelt vid en eventuell brand och dessutom måste vi se till att det finns 2 utrymningsvägar. Vi skissade på

olika lösningar där vi försökte att bibehålla den ursprungliga utformningen av huset men ändå uppnå kravet på utrymning. Vi landade till slut i en lösning där vi dels lade till en utrymningsdörr i ytterväggen mot berget och dels adderade en liten plattform nedanför den ovanliggande spången. På denna plattform finns en stege som leder upp till spången ovanför, där räcket har en grind, och på så sätt tar man sig enkelt upp på spången och är därmed i säkerhet. Det bör tilläggas att vi efter det att denna fråga blev löst var vi tvungna att lösa nästa fråga: Var får vi plats med aggregat för uppvärmning och luftbehandling? Detta löste vi genom att minska ytan i sovrummet och skapa ett teknikrum som rymde precis de aggregat (värme- och vatten-) som huset kräver. Utrymningen är nu tänkt att ske genom detta teknikutrymme. Se förändringarna i illustrationen nedan.



Bild 24: Utförande först enligt våra tidigare ritningar och sedan efter krav från och i samråd med brandkonsult; ny utrymningsväg.

### 3.7 Trästommen - miljöpåverkan och hållbarhet

Det råder knappast något tvivel om att trä idag anses som ett av de absolut mest hållbara och miljövänliga byggnadsmaterialen, förutsatt att ursprung och det egna landets regler och kommersiella hantering av skogsbruk och avverkning lever upp till en hållbar helhet i alla led. Men vad är då "fakta i frågan" här i Sverige?

Skall vi bygga något i vårt land är vi i stort sett alltid hänvisade till att använda stål, betong och trä som stommaterial. Eller som ibland en kombination av dessa. Något annat är knappast möjligt. Hur ser statistiken ut idag för dessa material när det gäller flerbostadshus, som står för den övervägande delen av byggda bostäder?

Enligt SCB:s siffror från 2018 är andelen flerbostadshus av totalt byggda bostäder i Sverige 82%. Av dessa 45.800 lägenheter uppförs 85% i stommar av betong, 13% byggs av trästommar och 2% har stommar av stål. (Statistik från 2018, källa: SCB)

Det har under många år pågått en debatt om faktisk miljöpåverkan i olika jämförelser mellan framförallt stommaterialen trä och betong, där förespråkarna (oftast producenterna) för respektive material vill framhålla fördelar och kalkyler som visar att just "deras" material är bäst ur ett helhetsperspektiv med hållbarheten i fokus. Vi har försökt att ta reda på fakta för att förstå hur det verkligen förhåller sig. Det har inte varit helt okomplicerat.

Att jämföra utsläpp av koldioxid från trä respektive betong i en livscykelprocess, på ett sätt som är sakligt och rättvist är komplext.

Till att börja med redovisas i vissa beräkningar utsläpp av enbart just gasen koldioxid, CO<sub>2</sub>, i synnerhet om vi läser äldre rapporter. Den vedertagna enheten som bör användas vid utsläppsberäkningar relaterat till koldioxid – och som ger en bild av vilka utsläpp som faktiskt påverkar den globala uppvärmningen – är koldioxidekvivalenter, CO<sub>2</sub>e som inbegriper även andra växthusgaser (förutom koldioxid även metan, dikväveoxid och fluorerade gaser), (Källa: Naturvårdsverket) och alla dessa gasers samlade påverkan på den globala uppvärmningen, enligt beräkningssystemet GWP (Global Warmth Potential). Detta system ger ett värde för varje enskild växthusgas där koldioxid har värde 1 som uppvärmningspotential. Exempelvis metan har värde 25, vilket då innebär att metan har 25 gånger högre uppvärmningspotential än koldioxid. (Källa: Naturvårdsverket) Resultatet av beräkningar i en LCA är, förutom komplexiteten i antalet påverkansfaktorer som beaktas, också avhängigt av hur långt man har gått i LCA-processen och vad man redovisar där. En fullständig LCA, från "vaggan till graven" skall innehålla följande moduler (=skeden): A=Byggskedet (A1-A5) B=Användningsskedet (B1-B7) och C= Slutskedet (C1-C4). En sådan beräkning är dock väldigt omfattande och komplicerad och många LCA som vi har tittat på stannar vid endast "vaggan till grind"; dvs produktion av byggprodukterna från och med råmaterialets anskaffning till och med leveransen till byggplatsen, vilket innefattar modulerna A1 – A3.

Förutom avsaknaden av gemensamma och globala standarder för hur man beräknar en LCA, och hur man kan/bör jämföra olika LCA-resultat, beräknade på olika sätt, så finns ett stort antal ytterligare faktorer som påverkar hur det framräknade resultatet blir vid en jämförelse i syfte att redovisa koldioxidutsläpp från dessa två material.

På nästa sida ger vi några exempel:

När det gäller just gasen koldioxid så råder det knappast något tvivel om att betong vid både brytningen av kalksten och vid tillverkningen kräver stora mängder energi och i anslutning till processen släpper ut stora mängder koldioxid, dels p.g.a. den höga upphettning som krävs och dels p.g.a. den sk. kalcineringsprocessen som sker vid tillverkning av cement. Det råder inte heller något tvivel om att betongkonstruktioner är tunga, i jämförelse med träkonstruktioner, och därmed bidrar till mer utsläpp av koldioxid vid transporter. Samtidigt lagrar en tung betongkonstruktion tillförd värme under en längre tid än en lättare träkonstruktion under byggnadens livstid.

|                                  |    |                                |
|----------------------------------|----|--------------------------------|
| <b>A1-5 Byggskede</b>            |    |                                |
| <b>A1-3 Produktskede</b>         | A1 | Råvaruförsörjning              |
|                                  | A2 | Transport                      |
|                                  | A3 | Tillverkning                   |
| <b>A4-5 Byggproduktionsskede</b> | A4 | Transport                      |
|                                  | A5 | Bygg- och installationsprocess |
| <b>B1-7 Användningsskede</b>     | B1 | Användning                     |
|                                  | B2 | Underhåll                      |
|                                  | B3 | Reparation                     |
|                                  | B4 | Utbyte                         |
|                                  | B5 | Ombyggnad                      |
|                                  | B6 | Driftsenergi                   |
|                                  | B7 | Driftens vattenanvändning      |
| <b>C1-4 Slutskede</b>            | C1 | Demontering, rivning           |
|                                  | C2 | Transport                      |
|                                  | C3 | Restproduktsbehandling         |
|                                  | C4 | Bortskaffning                  |

Bild 25: Moduler/skeden som används vid en LCA-beräkning.

per ton träprodukter. (Källa: Hemsidan för Svenskt Trä - Om trä - Träprodukter lagrar kol). När det gäller mycket långa tidperspektiv kan det vara intressant att väga in att betongens livslängd generellt är lång i jämförelse med de flesta träkonstruktioner, och att underhållsbehovet för betong är litet i en jämförelse med trä, lite beroende på vilken typ av konstruktion man avser. När det gäller rivning måste man å andra sidan komma ihåg att betong vid rivning är energikrävande, tar längre tid att riva än en träkonstruktion, att betong visserligen anses kunna återvinnas till ballast och fyllnadsmassor men att det kan vara svårt att separera betongen från armeringsjärnen och att bortforsling av betongmassor är tyngre och mer energikrävande än att forsla bort rivningsmassor av trä, o.s.v., det finns många fler faktorer att väga in. Men dessa axplock av påverkansfaktorer kan ge en bild av komplexiteten; av allt som bör tas med vid en beräkning av den totala bilden av ett materials livscykel om bilden skall bli rättvisande.

När det gäller trä vet de allra flesta att trä binder koldioxid, att trä är ett lätt och förnyelsebart material som inte ger upphov till några jämförelsevis stora mängder utsläpp av koldioxid vid vare sig avverkning, förädling eller transport. Men det är mindre känt att även betong lagrar koldioxid (kallas för karbonatisering, och sker under betongens hela livstid i en begränsad del av den ytliga betongen), även om det är i betydligt mindre omfattning än för trä, i synnerhet om man sätter det i relation till koldioxidutsläppen som sker vid cementtillverkning. Vi har tyvärr inte hittat några tillförlitliga uppgifter om betongens förmåga att binda koldioxid under sin livstid. Träprodukter binder enligt träindustrins egna uppgifter under sin livstid ca: 0,9 ton koldioxid per kubikmeter träprodukt, eller 1,8 ton

### 3.7.1 Trästommen - miljöpåverkan och hållbarhet – studier och källor.

Vi har studerat några examensarbeten på högskolenivå som handlar om jämförelser mellan olika byggmetoder och material och från dessa uppsatser extraherar vi författarnas slutsatser och drar vissa egna:

Uppsatserna som vi har studerat är utförda vid Chalmers Tekniska Högskola och Uppsala Universitet där man har jämfört just trä- och betongkonstruktioner i byggnader och beräknat vilken miljöpåverkan dessa material har med hjälp av olika typer av LCA-system. Uppsatserna är:

#### A. "Vad bidrar mest till hållbar bebyggelse; småhus i trä eller betong?"

Examensarbete av Andrea Ingemarsson och Kristine Lisle, Chalmers 2012.

#### B. "Korslimmat trä som konstruktionsmaterial.

##### En teknisk jämförelse och lämpliga användningsområden"

Examensarbete av Mathilda Lundblad och Linnea Stjärnberg, Chalmers 2018. Examensarbete ACEX20-18-23

#### C. "Utsläpp och lagring av koldioxid"

Examensarbete av Emil Johansson, Uppsala universitet, 2019

ISRN UTH-INGUTB-EX-B-2019/011-SE

Den första och äldsta uppsatsen, **A**, är visserligen intressant eftersom den jämför inte bara koldioxidutsläpp från de olika väggkonstruktionerna "träregelvägg och betongvägg" utan även väger in effekterna av användande och livsstil i de aktuella byggnaderna i jämförelsen. Däremot har man gjort vissa förenklingar i beräkningarna och hämtat föråldrade data vad gäller koldioxidutsläpp vid tillverkningen av de olika materialen, något man är tydlig med att också påtala i uppsatsen. Man har inte heller använt sig av enheten koldioxidekvivalenter utan enbart redovisat utsläppen av koldioxid. Sammantaget känns slutsatserna i uppsatsen därför något osäkra. Samtidigt kan man konstatera att skillnaden mellan utsläppen av koldioxid från 1 m<sup>2</sup> yttervägg uppbyggd av träregelstomme och samma volym uppbyggd med betongstomme, i skedena "vagga till grind" (modul A1 – A3) enligt författarnas beräkningar är så pass stor att även en korrigerigering av indata och beräkningsmetod med största sannolikhet ändå skulle ge ett resultat som talar till trästommens fördel.

Vi citerar första delen av uppsatsens sista del, kapitel 8:

#### "8 Slutsatser

*I livscykelanalyserna vagga-grind för trä respektive betong bedöms trä bidra till mindre koldioxidutsläpp än betong, där en m<sup>2</sup> trävägg ger upphov till knappt 8kg CO<sub>2</sub> jämfört med 25kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> för en betongvägg. Betongväggen bidrar således till tre gånger så mycket koldioxidutsläpp som träväggen gör.*

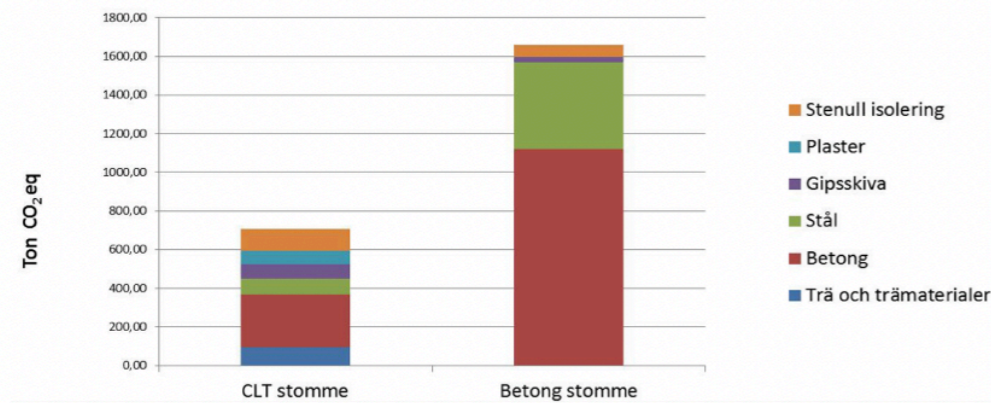
*Ytterligaren en slutsats är att det är viktigt att planera huset från vagga till vagga, dvs. för att huset ska kunna återvinnas, då detta underlättar vid rivning och avfallsflödena kan minska."*

I den andra uppsatsen, **B**, har författarna jämfört konstruktioner av stål, KL-trä och betong i en tämligen omfattande och resonerande uppsats som baseras på dels en litteraturstudie och dels en fallstudie med tillhörande livscykelanalyser, granskning av ritningar samt intervjuer. De viktigaste avgränsningarna i studien är att jämförelserna mellan de olika materialen är applicerade på i huvudsak bjälklag, inte hela byggnadsstommar och att jämförelserna inbegriper

i huvudsak modulerna A1 – A3. Vilken typ av LCA-metod som använts är oklart. Vi citerar grafik och text från kapitel 7.1.4 samt en del av sammanfattningen i uppsatsens inledande kapitel:

### 7.1.4 Jämförelse betong- och KL-trästomme

I referensprojekt 2, som beskrivs i avsnitt 7.4, gjordes en undersökning mellan en stomme i KL-trä och en i betong med avseende på koldioxidutsläpp. Syftet med studien var att ge en indikation på vilket alternativ som totalt gav minst utsläpp. Det som studerades i undersökningen var koldioxidutsläpp från materialproduktion, lagring av koldioxid under driftfasen, potential för rivning och hur mycket energi som var möjligt att utvinna vid rivning. Resultatet visar att stommen i KL-trä genererar mindre än hälften så mycket koldioxidutsläpp som betongstommen, se Figur 7.4.



Figur 7.4. Koldioxidutsläpp från materialproduktion för en KL-trästomme och betongstomme (Integra, u.å.).

Resultatet visar även att samtliga ingående byggnadsdelar i KL-trästommen har mindre utsläpp än betongstommen, se Figur 7.5. Betongbjälklaget har fyra gånger så mycket koldioxidutsläpp och för loftgångsplattorna samt lägenhetsskiljande väggar är skillnaden mest märkbar.

Figur 7.5. Koldioxidutsläpp per byggnadsdel för en KL-trästomme och betongstomme (Integra, u.å.).

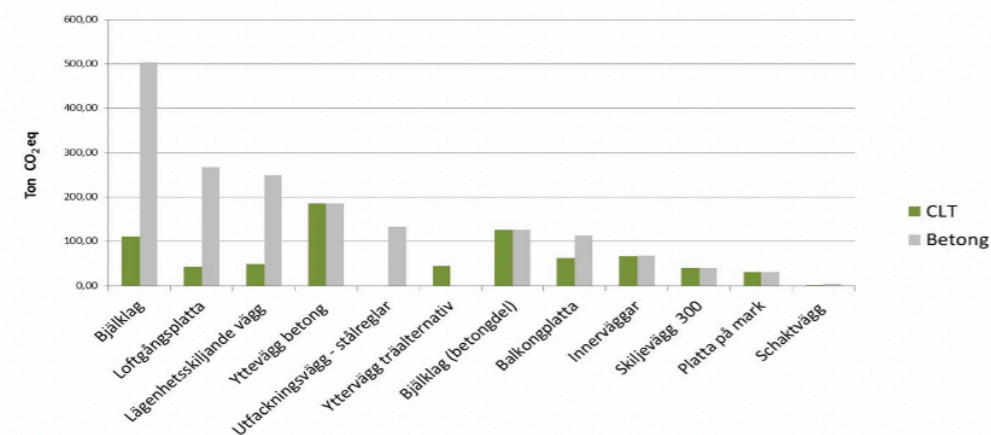


Bild 26: Text och grafik hämtad från uppsats B.

”...Efter utredning i fallstudien kan det konstateras att trä är det mest miljövänliga materialet och att KL-trä är en metod som kan tillämpas i större utsträckning på byggnader i Sverige. Metoden kräver vissa tekniska lösningar för att uppfylla ljudkrav och avseende brand och fukt behövs säkerhetsåtgärder utföras. Fler krav som skapar problem vid dimensionering i KL-trä är totalhöjd, då bjälklagen bygger mer på höjden. Förutom att KL-trä genererar minst koldioxidutsläpp är det en produkt som är lätthanterlig och flexibel vid byggplatsen, har hög prefabriceringsgrad och ger kort byggtid. För att metoden skall utvecklas på svenska marknaden behöver utbudet bli större, detta för att det ska bli mer ekonomiskt fördelaktigt för företag att välja produkten. Krav och planbestämmelser kan också behöva ses över för att förenkla projekteringen i trä. KL-trä som metod hade på så sätt gynnats och i sin tur hade en grön framtid blivit lättare att uppnå. ...”

I uppsats C. har författaren gjort följande avgränsningar:

”Detta examensarbete har begränsats till att undersöka utsläpp av koldioxidekvivalenter och upptag av koldioxid för en referensbyggnad med hänsyn till val av stommaterialen trä eller betong. Samma funktion eller krav eftersträvas i byggnaden oavsett material beträffande, hållfasthet, ljud, brand samt isoleringsvärden i yttreväggar. Fukt och andra byggtekniska aspekter har lämnats utanför.

Generella siffror på utsläpp (och upptag hos träprodukter) har använts för varje byggmaterial. Utsläpp av koldioxidekvivalenter från utvinning av råmaterial till färdig produkt har beaktats, det som i en livscykelanalys innefattar A1-A3.”

Vi tycker att denna uppsats har varit mest intressant att studera därför att den har haft en enkel frågeställning och redovisar ett konsekvent, sakligt och tydligt avgränsat sätt att svara på den frågan. Vi citerar kapitel 1.3 i uppsatsen, frågan som skall besvaras i studien är:

”Hur skiljer sig utsläpp och upptag av växthusgaser vid val av stommaterialen trä eller betong i en specifik byggnad?”

Författaren har också använt ett och samma referensobjekt och alltså identiska förutsättningar vid de jämförande analyserna:

”Den enhet som använts för utsläpp är koldioxidekvivalenter (CO<sub>2</sub>e) som är en sammanvägning av främst växthusgaserna koldioxid, metan och kväveoxid. Det bundna kolet i träprodukter är inräknat som koldioxidupptag (CO<sub>2</sub>u). Utsläpp av CO<sub>2</sub>e och upptag av CO<sub>2</sub>u har beaktats för varje material i respektive stomme. En förenklad livscykelanalys har använts där de utsläpp som genereras från utvinning av råmaterial till färdig produkt är medräknade. Det innefattar steg A1-A3 i en livscykelanalys. Dessa tre produktionssteg i livscykelanalysen bidrar till klart störst utsläpp i en byggprocess lik den som analyserats. Genom projektering av en och samma byggnad med två olika stommar har mängden byggmaterial för respektive stomme räknats fram med hjälp av ritningar, materiallistor och kalkylprogram. Egenskaperna för de olika stommarna har eftersträvas att matcha varandra gällande ljudklasser, brandskydd, hållfasthet och värmeisoleringsförmåga. Fukt och andra byggtekniska egenskaper har lämnats utanför.”

På nästa sida visar vi några intressanta grafiska redovisningar i uppsatsen samt delar av författarens slutsatser:



Digrammet nedan visar att betongstommens utsläpp uppgår till 212 ton CO<sub>2</sub>e. Trästommens utsläpp uppgår till 171 ton CO<sub>2</sub>e. De gröna staplarna visar koldioxidupptaget i träprodukterna för respektive stomme.

### Ton CO<sub>2</sub>e och CO<sub>2</sub>u

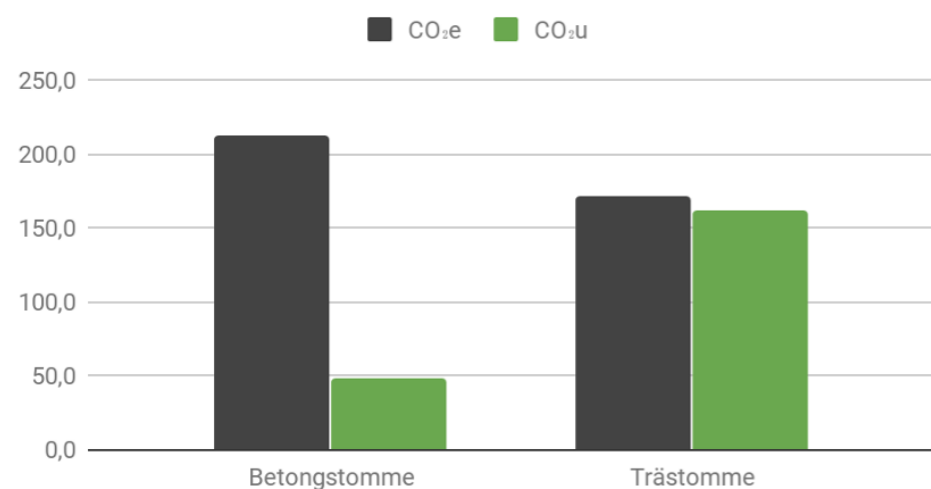


Bild 27: Stapeldiagram, "figur 19", hämtad från uppsats C.

### CO<sub>2</sub>e per byggnadsdel

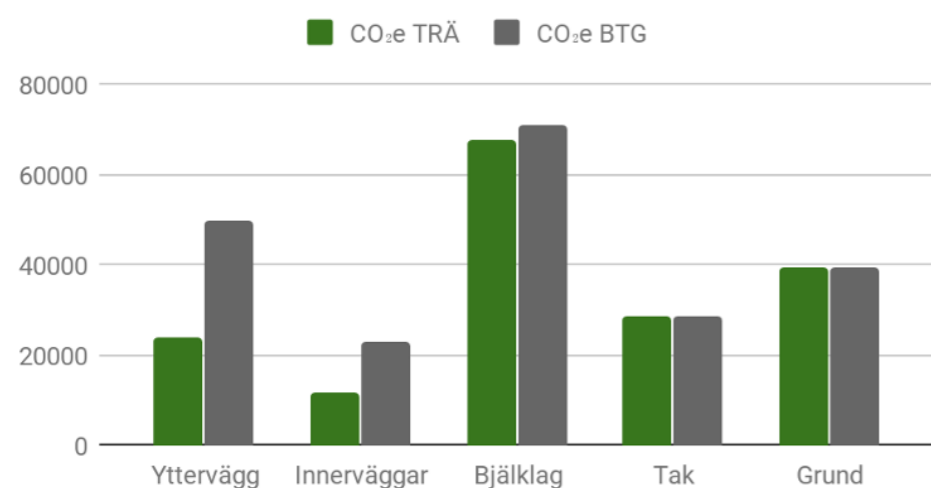


Bild 28: Stapeldiagram, "figur 26", hämtad från uppsats C.

Diagrammet ovan visar att även när det bundna kolet inte räknas in släpper betongstommen ut mer koldioxid än trästommen i varje byggnadsdel men att skillnaden i bjälklagen är små.

Vi citerar en del av kapitel 6.1, författarens slutsatser:

*"Med de insamlade data och de uträkningar som gjorts är resultatet entydigt. Trästommen släpper ut mindre koldioxidekvivalenter, detta gäller för varje byggnadsdel. När hänsyn tas till det bundna kolet i träprodukter blir skillnaden stor. Nettoutsläpp från trästommen är 9,08 ton CO<sub>2</sub>e. Det bundna kolet i träprodukterna har alltså nästan samma dignitet som de samlade*

utsläppen av koldioxidekvivalenter i hela trästommen. Betongstommens nettoutsläpp är ungefär 18 gånger större och uppgår till 164 ton CO<sub>2</sub>e.

När det kommer till olika byggnadsdelar visar det sig att skillnaden i utsläpp av CO<sub>2</sub>e från stommarna varierar. Den största differensen hittas i ytterväggarna, där betongstommens ytterväggar släpper ut lite mer än det dubbla. Minsta skillnaden hittas i bjälklagen där trästommen släpper ut 94 % av vad betongstommen bjälklag gör. Förutsatt att inte det bundna kolet räknas in.."

### Övriga källor vi har studerat:

På Skogsindustriernas och ett flertal trätekniska organisationers hemsidor finns också en del fakta som måste anses som vedertagen och väl underbyggd, även om dessa organisationer inte är opartiska. (Svenskt Trä, Träbyggnadskansliet, Trä- och Möbelföretagen/TMF)



Bild 29: Svensk skog - vacker och rik på resurser och bunden koldioxid.

**Trä:** Själva råvarans ursprung; skogen, är både en förutsättning och en tillgång för hela det ekologiska kretsloppet och i vårt land har vi en enorm resurs i vår mycket stora skogsareal som uppgår till 70% av landets yta och motsvarar 28 miljoner hektar skogsmark. (Källa: Skogsindustrierna) Denna stora skogsareal är också något som i sig bidrar positivt till miljön eftersom träd binder och lagrar koldioxid, en lagring som bibehålls i träet under hela dess livslängd, det är först när trä bränns eller förmultnar som den lagrade koldioxiden frigörs och återgår till naturen. Trä är ett förnyelsebart material och resursen – till skillnad mot fast råvara

som bryts eller utvinns ur jordens inandöme – är oändlig, så länge vi sköter vårt ekologiska system, här hemma och globalt. Ett fortsatt ökat användande av trä verkar alltså vara något att sträva efter. Träd binder koldioxid i luften och vi minskar därför utsläppen av koldioxid och andra växthusgaser när vi ersätter produkter som har hög klimatbelastning med träprodukter, tillverkat av såväl nytt som återvunnet trä, s.k. substituering. Ett exempel är när möbelindustrin istället för plast eller metall i uppbyggnaden av en stol istället använder trä. Om vårt svenska skogsbruk anses vara alltigenom hållbart är däremot inget som alla parter tycks vara eniga om. Enligt FN:s jordbruks- och livsmedelsorganisation, FAO, definieras ett hållbart skogsbruk enligt följande:

*“Förvaltning och nyttjande av skog och skogsmark på ett sådant sätt, och i en sådan takt att dess biologiska mångfald, produktivitet, förnyingskapacitet, vitalitet och förmåga att både nu och i framtiden fylla viktiga ekologiska, ekonomiska och sociala funktioner på lokal, nationell och global nivå bevaras, utan att andra ekosystem skadas.”*

Enligt skogsbolagen har vi ett hållbart och miljövänligt skogsbruk i Sverige, men Naturskyddsföreningen har andra åsikter, vi har hämtat följande citat från organisationens hemsida:

*“Det är tydligt att det råder stora meningsskiljaktigheter kring vad ett hållbart nyttjande av skogen innebär. Samma oenighet finns även i frågan om dagens skogsbruk kan anses hållbart eller inte. Skogsbruket menar ofta att dagens sätt att bruka skogen ska anses vara hållbart eftersom man avverkar mindre än tillväxten, återplanterar träd efter avverkning och tar en viss naturhänsyn. Naturvården menar dock å andra sidan att skogsbruket inte är hållbart eftersom det skadar en lång rad av skogens värden.*

#### **Det största hotet mot rödlistade arter i Sverige**

*Med drastiska metoder som kalhyggen, markberedning, dikning och återplantering har skogslandskapet i stora delar av Sverige omvandlats från varierad skog med hög biologisk mångfald till monotona trädodlingar där många arter trängs undan.”*

*Det finns samtidigt en stor efterfrågan hos konsumenter efter hållbara råvaror och höga politiska förväntningar kring ett hållbart nyttjande av naturresurser. Men då det råder delade meningar om vad begreppet “hållbart skogsbruk” innebär blir det svårt för inblandade parter att enas kring hur arbetet ska tas vidare.”*

Härom tvistar de lärde, uppenbarligen. Vi kan bara kräva och hoppas att det svenska skogsbruket tar sitt globala miljöansvar och lyssnar på opartiska naturvetare och inte sätter enbart optimal vinstmaximering i första rummet.

### **3.7.2 Trä i invändiga ytskikt**

Från hemsidan för Svenskt Trä, under rubriken *“Hållbarhet – Välbefinnande”* citerar vi följande meningar:

*“Trä har en positiv inverkan på inneklimatet och reglerar temperatur, fukt och ljus på ett bra sätt. Träinredning kan ge ett ökat välbefinnande och studier tyder på att trä kan ge både lägre hjärtfrekvens och blodtryck och därmed ha en lugnande effekt på oss människor.”*

Detta kan lätt uppfattas som overifierad ”lobbyism”, vi vill gärna veta vad om det går att verifiera innehållet i dessa 2 meningar. Går man vidare på hemsidan för Svenskt Trä kan man hitta förtroendeingivande uppgifter som faktiskt verifierar innehållet i den första meningen ovan; hur man med beräkningar kan påvisa att massivträ i en byggnads ytter- och även innerväggar genom sin förmåga att ta upp och lagra och sedan avge såväl fukt som värme skapar ett behagligt inomhusklimat. Vi hänvisar till hemsidans kapitel 9.1 *KL-trä, värmelagring och fuktbuffring*.

Sammanfattningsvis handlar detta om ett komplicerat samspel mellan det massiva träets specifika värmekapacitet (=värmelagringsförmåga), **värmekonduktivitet** (=värmeledningsförmåga och i praktiken även ett materials isoleringsförmåga), **värmediffusivitet** (=hur snabbt en temperaturförändring sprider sig i ett material) samt de yttre och inre temperaturernas **fasförskjutning** (=den tidsförskjutning inom vilken den högsta dagstemperaturen vandrar från ut- till insidan genom en byggnadsdel och avger utomhustemperaturen till rummens inomhustemperatur). Krångligt, men intressant och viktig kunskap för att förstå hur ett material kan påverka inomhusklimatet.

Kortfattat kan man säga att flera av de positiva egenskaper som nog de flesta av oss upplever när man vistas i ett rum där trä dominerar, går att förstå på ett ”mätbart” sätt genom att ha kunskaper om och rätt utnyttja träets fysikaliska egenskaper. Som ett exempel kan nämnas att de allra flesta av oss upplever det som behagligt att beröra trä; vi gillar att gå barfota på trägolvet och att stryka handen mot en träpanel, men det är kanske inte lika mysigt med nakna fötter mot ett klinkergolv, inte i vårt kyliga klimat i Skandinavien i alla fall, och att stryka händerna mot en målad gipsskiva är det nog inte heller många som upplever som något direkt behagligt. Detta beror på träets jämförelsevis mycket låga värmeledningsförmåga som gör att vår kroppsvärme inte avleds vid direktkontakt med materialet; värmen stannar kvar mellan vår hud och materialet, kroppsvärmen ”isoleras” och vi upplever nästan att det är materialet självt som är lite varmt, men egentligen är det vår egen kroppsvärme vi känner, i kombination med avsaknaden (eller i alla fall den mycket låga effekten) av värmeavledning från träet.

När det gäller den andra meningen är det svårare att hitta vetenskapliga fakta, och vi måste gå utanför hemsidan för Svenskt Trä för att eventuellt hitta stöd för dessa påståenden. Nu står det ju ”trä kan ge.....” (och sedan följer en rad positiva upplevelser och hälsofördelar), men om det faktiskt förhåller sig så vore bra att få verifierat. Det kan man faktiskt få: I en omfattande



Bild 30: Kumiki mat av bambu formgiven av Sei Yoshikawa.

européisk studie om trä, som påbörjades 2014 och slutfördes 2017, går man till botten med frågor kring hur trä i byggandet påverkar både natur/miljö och vår psykiska hälsa, och man har även studerat emissioner av främmande ämnen i inomhusmiljön. Namnet på projektet är *“Competitive wood based interior materials and systems for modern wood construction”* och utgick ifrån Aaltouniversitetet i Espoo i Finland

samordnat av Yrsa Cronhjort, arkitekt och känd trä-forskare, tidigare vid ovan nämnda universitet, numera Manager på VTT Technical Institute of Finland.

Rapporten kan laddas ner här: [https://www.researchgate.net/publication/314094780\\_Competitive\\_wood-based\\_interior\\_materials\\_and\\_systems\\_for\\_modern\\_wood\\_construction\\_Wood2New](https://www.researchgate.net/publication/314094780_Competitive_wood-based_interior_materials_and_systems_for_modern_wood_construction_Wood2New)

Sammanfattningsvis redovisar rapporten dels studier och resultat som visar en rad positiva miljörelaterade egenskaper hos trä (som vi redan nämnt här i tidigare kapitel) som verifieras genom olika mätningar och dels slutsatser efter diverse tester och laboratoriestudier som pekar på att trä i byggnader, möbler och på väggar är bra för vårt psykiska välbefinnande, bland annat p.g.a. den enastående förmågan hos trä att adsorbera (=binda till sin yta, alltså inte absorbera) och avge både fukt och värme i långsamma cykler vilket är en starkt bidragande orsak till att inomhusklimatet i ett trähus upplevs som behagligt.

Något som också är mycket intressant i den rapporten är att när man med värmekamera registrerade ytemperaturen på trä när det utsätts för ökad fuktighet märkte att träets yta, när denna tar emot den ökade fukten, avger värme.

Man gjorde tester med norsk gran och fann att ytan på obehandlat trä som får en ökad fukt-påkänning med 40% avger en temperaturhöjning med 2° C. Detta kan förklara fenomenet med en oväntat låg energiförbrukning i lägenheterna i ett av Sveriges största trähusbygge i KL-trä för bostadsändamål; Strandparken i Sundbyberg som färdigställdes 2013.

Enligt en intervju 2018 med Sandra Frank, marknadschef för dåvarande Folkhem (numera

ARVET) i Byggprojektledningsföretaget Forsens tidskrift FFW, ([länk se nedan](https://www.forsen.com/blogg/ffw-tra/)) gjordes beräkningar innan byggstart som prognostiserade att uppvärmningen i det blivande bostadshuset skulle landa på knappt 75 kWh/kvm/år, men det visade sig efter inflyttning att behovet bara blev 55 kWh/kvm/år. (<https://www.forsen.com/blogg/ffw-tra/>) Detta verifieras också i en rapport från 2016 från Sveriges Byggindustrier där man gjorde en omfattande LCA för just den byggnaden. Rapporten heter "Byggandets klimatpåverkan – Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä." (Se IVL:S hemsida under [download](#))

Att upplevelsen av trä inomhus skulle påverka rent fysiologiska egenskaper som hjärtfrekvens och blodtryck kan vi inte hitta verifierat vetenskapligt någonstans,



Bild 31: Strandparken, Sundbyberg.  
Arkitekt: Wingårdhs

därmed inte sagt att det inte existerar sådana bevis. Vi antar att man i vissa av alla de rapporter och artiklar kring detta ämne som vi har hittat – trä och hälsa – drar slutsatser att en ökad psykisk hälsa och mindre stress per automatik ger bättre värden för hjärtfrekvens och blodtryck. Och så kan det ju vara. Kanske. Klart och till och med mätbart är i alla fall att trä har enastående förmågor att bidra till ett behagligt inomhusklimat, kan lagra och återge värme in i rummet och att många människor upplever trä i interiörer och ytskikt som något positivt och i vissa fall t.om. välgörande.

### 3.7.3 Trä i stomme och interiör - miljöpåverkan och hållbarhet - slutsatser

Våra slutsatser är kortfattat att av de källor och uppsatser som vi har studerat pekar alla beräkningar och analyser mot att trä som huvudsakligt byggnadsmaterial är det mest miljövänliga av de i vårt land mest förekommande stommaterialen; betong, trä och stål. I en LCA förhåller det sig tveklöst så i A-modulen/Byggskedet och med största sannolikhet även i ett längre tidsperspektiv till och med C-modulen/Slutskedet. Men vi reserverar oss för hur det förhåller sig med hållbarhet i ett mycket långt tidsperspektiv, dvs. vi kan inte hitta tillförlitliga fakta som bevisar att trä är det mest hållbara stommaterialet om man gör beräkningar som inbegriper en livscykel som sträcker sig bort emot 100 år framåt i tiden. Vi förmodar att det är så, men vi vet inte.

Detta var en lång utveckling om trä och träbyggande, men vi har ansett att denna fråga är viktig i sammanhanget eftersom vi inte är opåverkade av det faktum att träbyggandet i Sverige ännu utgör en så pass liten andel av allt som byggs, och vår övertygelse att ett ökat användande av trä i byggandet i hög grad skulle bidra till ett betydelsefullt minskat utsläpp av växthusgaser. Av detta – och flera andra – skäl är vi övertygade om att trä som huvudsakligt byggnadsmaterial i just vårt projekt är det absolut mest optimala valet.

### 3.8 Uppvärmning/energi, luftbehandling, V/A – teknik och hållbarhet.

Dessa frågor hanterades av projektets V-konsult; Tomas Engdahl från Bengt Dahlgren AB, som bl.a. brottades med att få plats med ett komplett system för alla dessa funktioner i denna lilla byggnad. Med mycket jämkande av höjder mellan bjälklag, plats för vertikala dragningar och optimering av aggregat och installationsutrustning lyckades vi tillsammans klämma in det som behövs i huset utan att ge avkall på de huvudsakliga måtten och volymerna i vår tänkta byggnad. Huset stannade på de knappt 50 m<sup>2</sup> boarea (BOA) som vi hade räknat med från början. Volymmässigt har vi ökat på totalhöjden något för att få plats med vissa ventilationsmatningar, men inget som påverkar proportionerna negativt.

Huset är nu projekterat med ett balanserat ventilationssystem med återvinning, s.k. FTX-system (står för Frånluft och Tilluft med värmeväxling) komplett med el-värmebatteri. Vi blev alla först förvånade att vår Energi- och V-konsult landade i ett uppvärmningssystem med el som enda energikälla. Vi hade alla i gruppen förväntat oss ett system med luftvärmepump, en förväntan byggd på känsla mer än på kunskap, skulle det visa sig.

Efter noggranna beräkningar visade Tomas Engdahl att det inte går att inom rimlig tidsrymd försvara kostnader och komplexitet för en sådan lösning i ett såpass litet hus. Det är både enklare och billigare i förhållande till överskådlig tid att använda sig av enbart köpt el-energi, med dagens energipris, och en ev. minskad miljöbelastning och/eller besparing av rena kostnader med ett lufvärmeaggregat skulle bli mycket liten. Dessutom anses vår elproduktion i Sverige vara förhållandevis miljövänlig jämfört med i stort sett alla andra länder i världen. Svensk el produceras främst med hjälp av vatten, kärnkraft, vind och sk. konventionell värmekraft, d.v.s. kraft- och industrivärme där en ytterst liten del kommer från fossila bränslen. Vi är i Sverige näst bäst i världen på att producera el med mycket liten andel fossila källor. Endast Island slår oss på fingrarna. Se diagrammet i bild 32 nedan och bild 33 på nästa sida.

Sammantaget gör detta att Tomas rekommenderar oss att använda FTX med köpt el-värme och ett vattenburet golvvärmsystem. Totalt har vi fått en uppskattning av Tyréns som visar att en Nestinbox skulle kräva ca: 10 000 kWh/år, inkl. hushållsel och uppvärmning - exklusive ev. tillskott från solpaneler. Se följande kapitel, **3.9** och **3.9.1**.

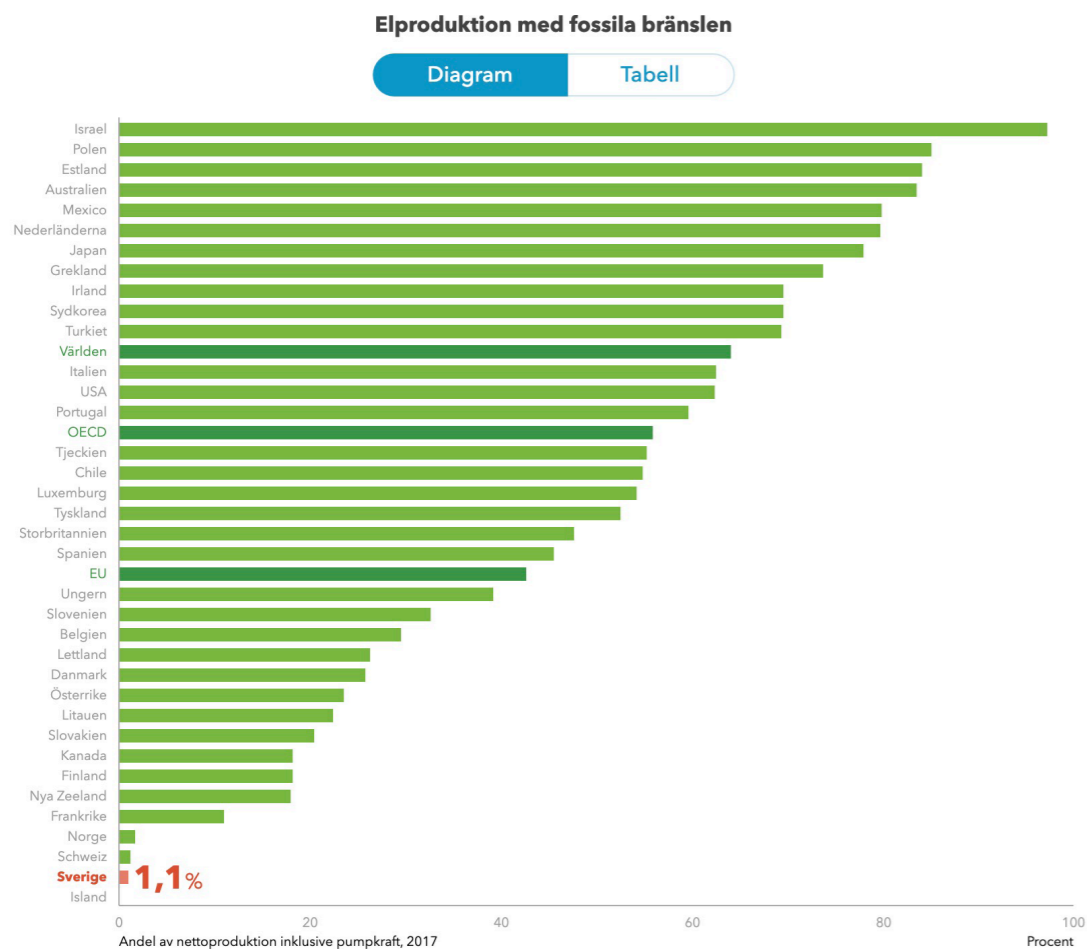


Bild 32: Grafik från Ekonomifaktas hemsida.

På nästa sida visar vi ett diagram från Energimyndighetens hemsida, där man också noterar att solenergin i Sverige ännu är på en låg nivå, och inte ens medräknad i detta diagram. År 2017 låg denna siffra på, m 0,24% enligt SCB. Sedan dess har efterfrågan på både solenergianläggningar och sol-el för privatpersoner ökat kraftigt. Se kapitel **3.9**.

## Andel av elproduktionen 2019

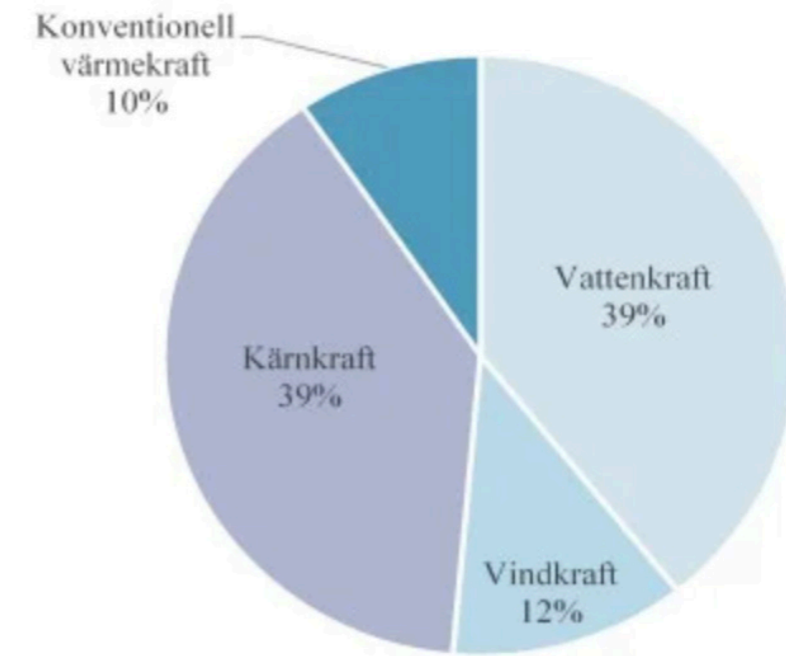


Bild 33: Diagram från Energimyndigheten.

### 3.9 El-försörjning - teknik och hållbarhet

Ambitionen när det gäller el-dragningen är att vi har strävat efter dels att använda så lite plast som möjligt och dels, som med alla produkter, försökt att välja närproducerade komponenter vad gäller kablage och armaturer. Det senare är mycket komplicerat dels för att marknaden för el-produkter är gigantisk och dels för att det innebär ett mycket stort "detektivarbete" att försöka förstå varifrån de olika delkomponenterna i en färdig produkt härstammar. Oftast landar svaret på frågan i samma land: Kina. Kina har som vi alla vet under decennier, med låga löner, dunkel eller obefintlig miljöpolicy och enorm tillverkningskapacitet, exporterat el-komponenter till hela världen och gör så fortfarande. Vi måste tillstå att när det gäller el-relaterade produkter har vi misslyckats med att hitta särskilt mycket som vi kan hävda är närproducerat och bevisligen miljöcertifierat i någon större utsträckning. Vi har dock försökt att hitta armaturer som åtminstone innehåller så lite plast och kemiskt instabila material som möjligt och armaturer som åtminstone delvis är producerade och distribueras i första hand inom Sverige. När det gäller montaget av alla ledningar i huset har vi en princip som vi antar ger minst miljöbelastning och förenklar produktionen (= minskar produktionstid och kostnad):

Vi undviker dragningar med sk. VP-rör ("plaströr" som tidigare var tillverkade av VinylPolykorid) i största möjligaste mån och när vi måste använda sådana har vi föreskrivit Svanen-märkta VP-rör från företaget Pipelife som har en förtroendeingivande miljödeklaration. Genomföringar och därmed också dragningar i VP-rör är nödvändiga när vi matar vertikalt, genom bjälklagen mellan de olika planen. Väl igenom aktuellt bjälklag kan vi dra utanpåliggande ledningar, och

gör så överallt där vi skall mata från bjälklag och vidare upp eller ner till uttag och armaturer. (Se princip nedan, bild 34) Vår ambition var att man skulle kunna dra ledningarna utanpåliggande, som i gamla tider (se bild 35 nedan) och som fortfarande görs i många andra länder; i tvinnad textil och med porslinssocklar, men det finns inga typgodkända produkter som svarar upp mot brandskyddskraven som möjliggör en sådan lösning.

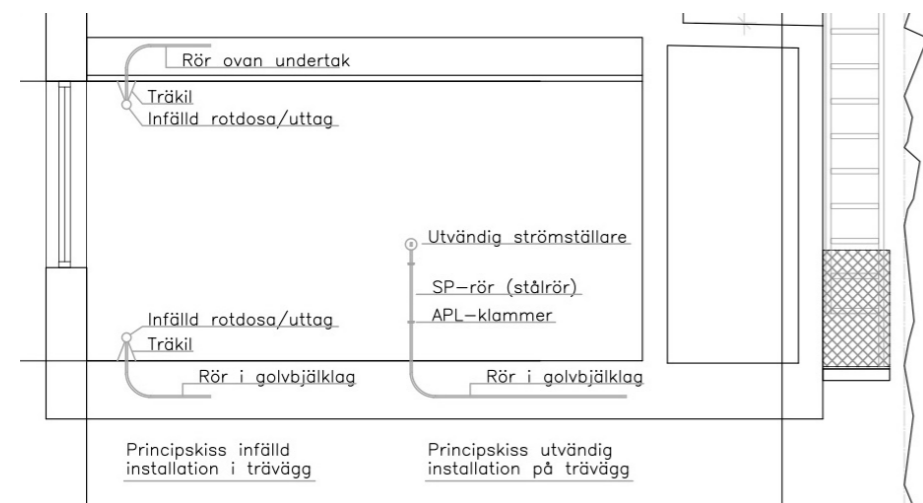


Bild 34: Princip för el-dragning enl. el-ingenjör Åke Larsson/Tyréns.

Vi föreslår istället tvinnade kablar monterade i utanpåliggande stålrör. Montaget blir enkelt och kan, precis som i äldre tider, bli ett uttryck i sig i rummet; elen blir synlig på ett helt annat sätt än när det bara ligger dolt i väggar och tak och "dyker upp" i enskilda punkter lite här och där. Vi tror att detta i sig kan vara något positivt; man påminns om elens existens och varifrån den kommer, och KANSKE finns det en pedagogisk aspekt i detta; KANSKE blir man mera varse att man ska hushålla med den!? När det gäller själva el-försörjningen har vi räknat med att man generellt ansluter sig till det lokala el-nätet på platsen där en Nestinbox byggs.



Bild 35: Gammal men ännu fullt fungerande el-dragning i uthus på Gotland. Vackert och enkelt - men brandfarligt?

### 3.9.1 El-försörjning – teknik och hållbarhet – solpaneler

Som ett tillskott har vi projekterat in ett tak som är täckt i så stor utsträckning som möjligt med solpaneler, vi får plats med 13 st. Solpaneler är en produkt i ständig och snabb utveckling och där både utformning och prestanda hela tiden tycks förändras till det bättre. En standardpanel är ca: 100 x 160 cm, alltså ca: 1,6 kvm. Det är svårt att hitta statistik över solceller och den tekniska utvecklingen av dessa produkter, troligen för att utvecklingen går så snabbt. Enligt en artikel i tidningen ELINSTALLATÖREN, publicerad på organisationens hemsida 2020-04-16, gör man gällande att bara mellan år 2019 och 2020 har effekten hos en standardpanel ökat med ca: 30%. Tidigare var effekten på en standardpanel ca: 280 W, men idag är den siffran ca: 365W. Detta hävdar Samar Nath, försäljningschef på IBC Solar, en del av Solkompaniet. Att räkna fram hur mycket el man faktiskt får ut av en solpanel är lite krångligt, och som alltid beror resultatet på en rad faktorer, framförallt:

- Geografiskt läge för aktuell anläggning/byggnad.
- Panelens verkningsgrad.
- Panelens angivna och faktiska effekt.

Enligt våra beräkningar, utförda av Tyréns, kommer den totala förbrukningen för en Nestinbox som byggs i ett inte alltför ogynnsamt läge uppgå till ca: 10.000 kWh/år; hushållsel ca: 3.700 kWh/år och uppvärmning och varmvatten ca: 6.200 kWh/år. Enligt Tyréns, som har räknat med genella siffror och inte med en specifik produkt, skulle solcellerna ge ett tillskott på ca: 3.300 kWh/år. El-tillskottet från solpanelerna skulle under gynnsamma förhållanden alltså inte bli försumbart, tvärtom ett ganska betydande tillskott, kanske i bästa fall motsvarande förbrukningen av hushållsel.

Numer finns inte bara paneler som man monterar utanpå det underliggande traditionella takmaterialet; under senare år har man börjat lansera paneler som är integrerade i själva takmaterialet; vågformade material som påminner om korrugerad plåt eller takpannor, släta "falsade" skivor som ser ut som falsad plåt m.m. Vi har inte tagit ställning till dessa produkter utan räknar med "klassiska" utanpåliggande paneler.

Vi har inte heller fördjupat oss i kvalitet och miljökonsekvenser när det gäller solpaneler, vi vill bara att man väljer produkter som är närproducerade och med material och produktionsmetoder som inte anses vara påtagligt negativa för miljön.

#### Sammanfattning av kapitel 3:

I kapitlet ovan har vi redogjort för nästan allt det tekniska som vi har arbetat med under 2 år. Hur vi utifrån våra ursprungliga planer och idéer, tillsammans med en rad konsulter och andra experter inom byggande och samhällsplanering, har försökt att verifiera hur en Nestinbox skulle fungera i verkligheten. Vi redogör också för hur vi har haft ambitionen att konstruera en Nestinbox på ett så miljömässigt hållbart sätt som möjligt. Vi har haft projekteringsmöten och internmöten, ändrat och justerat, studerat och implementerat för att få en så optimal lösning som möjligt och ändå försökt att hålla fast vid våra ursprungliga idéer. Vi redogör i kapitlet för valen av olika material och hur man tekniskt på ett säkert och kostnadsmässigt rimligt sätt skulle kunna bygga och montera en Nestinbox på en bergvägg. Vi förklarar också i kapitlet något om förutsättningarna att fästa tunga konstruktioner i berg och varför vi har valt massivträ som stomme och det huvudsakliga materialet i den tänkta byggnaden.

## 4 GESTALTNING

Sist men inte minst vill vi i detta kapitel redogöra för hur vi har resonerat kring Gestaltningen av själva byggnaden och varför den ser ut som den gör. Arkitektur är i stort sett den enda av de discipliner i ett byggprojekt som inte innehåller enbart mätbara värden; det vi anser vara "god arkitektur" kan bara "mätas" i begränsad utsträckning. Vad som är "god arkitektur" är oftast subjektivt, och definitionen man får om man ställer frågan beror på kulturell bakgrund, kunskaper och utbildning, intresse och personliga referensramar. Det som skulle kunna anses vara mätbart och verifierbart i en byggnad som har ambitionen att vara "arkitektur" överhuvudtaget är i första hand funktionen. Fungerar byggnaden bra utifrån brukarens behov, beställarens målsättning och givna förutsättningar? På den frågan finns i allmänhet ett svar, och definitivt när det gäller bostäder. Men enbart "god funktion" skapar inte per automatik "god arkitektur". För att uppnå det målet måste också andra värden uppfyllas, värden som ibland är svåra att definiera på ett entydigt sätt. En mycket enkel och bra definition på vad som ÄR arkitektur är den som myntades av den numera bortgångne professorn i arkitekturhistoria under 1970-80-talen vid Chalmers Tekniska Högskola, prof. Elias Cornell som ansåg att:

**"Arkitektur är estetisk organisation av praktisk verklighet."** En kortfattad men lysande definition som slår fast att arkitektur förutsätter ett även konstnärligt angreppssätt vid lösningen av praktiska problem; inte enbart tekniska och praktiska värden skall tillgodoses. Utan den konstnärliga/estetiska ambitionen och verkshöjden/kvalitén i ett byggprojekt blir det ingen arkitektur; det blir bara - en byggnad rätt och slätt.

I första kapitlet redogjorde vi kort för grundtanken vi hade 2017; vi ville skapa en "fågelholk" för människor! Utifrån denna grundtanke skissade vi fram en basmodell som skulle rymma det allra viktigaste och mest nödvändiga för 2 personer som kan tänka sig att bo smått på en bergvägg. Allt för att komma ner i storlek och vikt för att uppnå en minimal volym, men ändå skapa en byggnad med en uttalad och väl gestaltad formgivning samt en bostad med god standard och kvalitet enligt det som enligt Svensk Standard (SS 914221\_2006) kallas för "Sänkt nivå, utan krav på tillgänglighet".

### 4.1 Arkitektur – program och förutsättningar

Under de inledande skisserna kom vi fram till att avstå från hiss som hjälpmedel att nå bostadens entré, av följande skäl:

Kostnaden skulle öka dramatiskt och även påverka utformningen och hela grundidén som innebär en nästan osynlig och enkel konstruktion nära bergväggen som kan hålla byggnaden på plats. Förutsättningar för att bygga en hiss är långt ifrån alltid optimala och ens möjliga vid vissa platser där det finns en bergvägg. Vi skulle då tvingas inkräkta på och ianspråkta mark som befinner sig nedanför en Nestin-box-byggnad, vilket inte behöver bli fallet i samma omfattning om man når byggnaden med endast trappor nerifrån eller uppifrån den övre bergskanten. Nu når man en Nestin-box med hjälp av trappor och en spång som löper längs bergväggen och angör varje byggnad från bergssidan. Byggnaderna (som helst bör byggas i kluster om minst 3 st) kan hänga på samma nivå eller på olika nivåer med trappor integrerade i spången som då fungerar som en slags allmän "trottoar" och länk mellan de olika byggnaderna.

(Se även nästa kapitel 4.2 Tillgänglighet)

En eller flera hissar skulle också inverka negativt på vår ambition att bygga nära inpå bergväggen och göra så lite åverkan som möjligt med konstruktioner och installationer för att inte visuellt och rent praktiskt förstöra naturen. Vi kan kalla det för att vi vill minimera även det "visuella fotavtrycket".

När det gäller planlösningen och funktionsprogrammet beslutade vi, att bostaden skall innehålla och inbegripa följande:

- en hall med kapphylla och viss förvaring
- ett wc med dusch
- ett kök med matplats och plats för minst 4 personer
- ett samvarorum med plats för grundläggande vardagsrumsmöbler och en bokhylla
- ett sovrum med plats för 2 personer och eventuellt ett litet barn (upp till max 1,5 år) samt viss klädförvaring och en arbetsplats.
- ett teknikrum med plats för nödvändig utrustning för uppvärmning, vatten- och elförsörjning samt luftbehandling.

Husets struktur inbegriper också en utrymningsplattform mot berget med steg upp till en spång, som angör bergets överkant och/eller nedre fot via trappor, samtidigt som den utgör "gångväg" och förbindelse mellan flera hus längs bergväggen.



Bild 36: Kollage av arkteypen för fågelholk, som på engelska heter *nesting box*.

Efter ett inledande startmöte och 11 st. projekteringsmöten, noggrann samordning och mycket skissarbete har vi uppnått ovanstående program, inom den grundläggande gestaltningen som vi hade från början. Bostaden är planmässigt att likställas vid en 2,5-rumslägenhet i 3 plan med en BRA (bruksarea) på 48,5 m<sup>2</sup>.

Processen påbörjades 2016 då vi började tänka "fågelholk" och att det faktiskt borde gå att montera hus på helt vertikala ytor. Vi skissade och och det har nu tagit oss ganska precis 4 år att bearbeta och förfinas, att tekniskt undersöka och modifiera våra första skisser för att nå en produkt som nu är väl genomarbetad och redo att provas i verkligheten!

#### 4.2 Arkitektur – tillgänglighet

Syftet med själva projektet har varit att utreda om det är möjligt att bygga ett litet bostadshus på en vertikal yta. Eftersom det ligger i själva grundidén och i projektets förutsättningar att göra ett så resurssnålt hus som möjligt blir det motsägelsefullt att öka ytan, volymen, vikten och därmed den bärande stommens omfattning och kostnaden för produktion, transport och montage. För att nå målet, som är en minimal bostad med ett så litet ekologiskt fotavtryck som möjligt, krävs det att man håller ner storlek, utbredning och vikt. En anpassning fullt ut enligt gällande krav på tillgänglighet för rörelsehindrade skulle bli omöjligt att genomföra praktiskt utan orimliga kostnader och huset hade då sett helt annorlunda ut, fått en avsevärt högre vikt och därmed ställt andra och mer omfattande krav på hållfasthet. Själva grundidén med ett litet, lätt hus monterat på en bergvägg skulle gå förlorat och möjligheterna att faktiskt producera och låta bygga en Nestinbox med dessa förutsättningar skulle bli starkt reducerade, kanske omöjliga.

Däremot har vi gjort studier för att se vilka konsekvenserna skulle bli om man försöker anpassa vår grundmodell så att en person med nedsatt rörelseförmåga i rullstol skulle kunna besöka en Nestinbox och ha tillgång till entréplanet som innehåller hall, wc och kök. Resultatet redovisas på ritning **A-40.1-02 TILL** i en ritningsbilaga som är benämnd **A**. Förutsättningar för att denna lösning skall fungera är att besökaren kan nå loftgången från marken nedanför huset med en utvändig hiss som leder upp till loftgången utanför entréplanet, eller att man kan ta sig från bergets ovansida och ner till loftgången, antingen via en ramp i lutning 1:12 (eller 1:20 beroende på var man befinner sig i Sverige) eller via en utvändig trapphiss. Konsekvenserna för denna lösning (förutom ovan nämnda hissar eller ramp) är att samtliga 3 plan i Nestinbox blir större och totalytan/BRA kommer att öka från 48,5 kvm till 62,2 kvm. Att ta fram en variant av Nestinbox som fungerar som fullvärdig bostad enligt gällande tillgänglighetsregler "Normal nivå" skulle kräva ett helt annat hus än vår grundmodell. Det skulle t.ex. inte vara rimligt att göra ett sådant hus i flera plan; den tillgängliga bruksarean skulle behöva bredas ut till helst en enplanslösning vilket skulle ge en helt annan volym och utformning av huset. Det är helt enkelt ett annat projekt, något man skulle kunna studera i ett senare skede om det visar sig att efterfrågan skulle komma att uppstå.

#### 4.3 Arkitektur – gestaltning och material – exteriör

Vi vill att en Nestinbox skall vara formmässigt enkel och tydlig. En klassisk fågelholk är utformad just så; den utstrålar en tydlighet där funktionen är uppenbar och volymen enkel och okomplicerad. En låda med ett lätt sluttande tak som hänger på en vertikal yta. I linje med den ambitionen och vår strävan att skapa ett så litet ekologiskt fotavtryck som möjligt blir det självklart att fasadmaterialet är trä och vi vill att hela byggnaden skall vara en träbyggnad, och upplevas som en sådan, utifrån och in. Därför har vi valt massivträ som stommaterial och träpanel som utvändigt yttskikt.

I det utvändiga fasaduttrycket vill vi i grundmodellen spela med bergets oregelbundenhet och kontraster av mörkt och ljus; vi skriver "grundmodellen" för självklart både kan och bör man anpassa en Nestinbox till platsens förutsättningar. Men som ett bas-utförande tänker vi oss byggnaderna som individer som spelar mot och med varandra med hjälp av mörka och ljusa partier i fasaderna som kan variera mellan de olika "individerna". Det konceptet kan självklart omprövas, ändras och förändras beroende på plats och kontext. (Nestinbox bör inte byggas som en ensam byggnad, annat än i ett pilotprojekt, det handlar om kostnader och även fastighetsbildningsprinciper. Se bilaga om frågor kring fastighetsbildning från firma Torkel Öste, fastighetskonsult.)

Det är också viktigt att framhålla att den lilla byggnad på 48,5 m<sup>2</sup> (BOA) som vi har arbetat med är en basmodell och att denna basmodell går att utveckla på flera sätt. (Se i tidigare kapitel **1.5 "Avgränsningar"**)

#### 4.4 Arkitektur – gestaltning och material - interiör

Trä som uttryck tycker vi är vackert och rogivande, vi vill att träkänslan skall upplevas även invändigt i huset och vi har därför valt att projektera huset med den blottade massivträstommen som den är, utan att klä den med gipsskivor eller andra skivmaterial.

Det finns forskning som stödjer teorier om att upplevelsen och kontakten med naturligt trä i interiörer har en positiv inverkan på människans välbefinnande. Se mer om detta i ett tidigare kapitel **3.7.2**.

Vi har valt att skapa interiörer som har träets uttryck som bas, men vi har adderat grundfärgerna vitt i zoner och fält på vissa väggar och svart som en tydlig kontrast, och förtydligande av vissa byggnadsdelar såsom exempelvis fönsterbågar och smiden. Till dessa 3 bas-kulörer; trä, vitt och svart, kan man tänka sig accenter, något som den som bor där skulle kunna välja utifrån sin egen personliga smak. I ett pilotprojekt skulle vi välja grönt eftersom grönt och trä är en konceptuellt klockren och vacker kombination som vi kan se varje dag i naturen och eftersom grönt har ett självklart symbolvärde i ett miljöprojekt.

#### 4.5 Arkitektur – materialval och hållbarhet

Utifrån ett hållbarhetsperspektiv har vi självfallet ambitionen att i så stor utsträckning som möjligt välja material och produkter som är närproducerade och återvinningsbara. Överhuvudtaget har vi försökt att tänka oss så få material som möjligt i byggnaden. Människan och naturen

exponeras ständigt i modern tid för många, nya och ofta sammansatta material, där det ibland råder stor osäkerhet kring hur kombinationerna av dessa material påverkar oss och vår miljö. Vi anser generellt att det finns anledningar att försöka hålla ner antalet material i en byggnad för att minska exponeringen från svårbedömda substanser och materialkombinationer. Istället vill vi att man försöker uppnå en "renhet" där ett fåtal naturliga och (helst) förnyelsebara material kan bilda en behaglig helhet, en helhet som vi tror är:

- positiv för människans rumsliga upplevelse
- positiv för människans hälsa
- mindre skadlig för vår natur

Människan har historiskt sett omgivit sig med en mycket begränsad omfattning av olika material, i såväl byggnader som i interiörer. Under de senaste 200 åren har vi med galopperande fart satt igång att uppfinna och omge oss av nya material i en gigantisk omfattning. Vi vet alla vad detta har fått för effekter på vår natur i hela världen – vi håller på att förstöra hela vår planet, våra livsbetingelser - och det finns mängder med rapporter som visar hur främmande/artificiella material och materialkombinationer skapar ohälsa i form av allergier, exempel, lungsjukdomar m.m. Tillbaka till naturen! Låts oss reducera antalet material i våra byggnader, låt oss prioritera förnyelsebara och närproducerade material med lång livslängd!

#### Sammanfattning av kapitel 4:

I detta kapitel har vi resonerat kring vad vi anser är arkitektur och vilka utgångspunkter vi har haft vid gestaltningen av en Nestinbox. Fågelholken som artefakt är vår förebild: En enkel låda med ett lätt sluttande tak som hänger på en vertikal yta. Vi redogör för våra val av material där våra ambitioner är att en Nestinbox har få, närproducerade, återvinningsbara och giftfria material med så låga värden för CO<sub>2</sub>e som möjligt. Vi har valt trä som huvudsakligt material, i såväl stomme som ytskikt, både exteriört och interiört.

## 5 LCA

### 5.1 LCA-beräkning – förutsättningar och programvara

Vi har genomfört en LCA (livscykelanalys) för vår byggnad med följande förutsättningar:

Huset förväntas byggas i Stockholmsområdet och på en bergvägg som är vänd mot söder.

Husets ytterväggar inkl. fönster och dörrar, tak inkl. solceller, bjälklag, innerväggar och fast inredning produceras i delar på fabrik i Trosa och fraktas till en tänkt byggplats inom detaljplanerat område.

Bärande stålkonstruktion tillverkas inom Storstockholmsområdet på fabrik i delar som transporteras till och svetsas samman på byggplatsen innan montage.

LCA-beräkningen är utförd i programmet **Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg – BM 1.0** utarbetat av IVL/Svenska Miljöinstitutet och omfattar modulerna A1 – A5, vilket alltså innefattar huset tillblivelse från och med råvaruutvinning till och med färdig byggnad, monterad och klar för inflyttning. A1=Råvaruförsörjning, A2=Transport av råvarorna, A3=Tillverkning av byggmaterial/delar, A4=Transport av byggmaterial/delar och A5=Bygg-

och installationsprocessen. Jag har utfört beräkningen efter att ha genomgått en kortare on line-utbildning ledd av Åsa Thrysin från IVL, som också har bistått mig med handledning. Programmet är enligt min uppfattning komplext, lite svårt att förstå i början, i alla fall för mig som är ovan vid liknande beräkningsprogram, men samtidigt intressant och både spännande och lärorikt att se hur man kan påverka resultatet genom att förändra val av konstruktioner och material som krävs för ett komplett hus.

### 5.2 LCA-beräkning – resultat för vår byggnad - analys och kommentarer

Resultatet av vår beräkning av klimatpåverkan för modulerna A1 - A5 för en Nestinbox som vi har planerat den idag är **227,9** uttryckt i kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> Atemp (= kg koldioxidekvivalenter per kvm uppvärmd yta).

Denna siffra säger ju egentligen inte mycket om man inte kan jämföra den med något liknande objekt som har ungefär samma förutsättningar. Tyvärr har vi - trots ansträngningar - inte kunnat hitta något mindre bostadsprojekt där man har gjort en liknande beräkning. Jag frågade även vår handledare Åsa Thrysin om detta, men fick svaret att LCA-beräkningar för mindre byggnader ännu är i sin linda och att det inte finns några direkt offentliggjorda projekt att mäta sig med. Men det kommer.

För att ha något bostadsobjekt att jämföra med tittade vi på LCA-beräkningar gjorda av Sveriges Byggindustrier 2016, för bostadsprojektet Kv. Strandparken i Sundbyberg som färdigställdes 2013. Projektet är väldigt mycket större än vårt lilla bostadshus, men likheterna är att ambitionerna hos byggherren tillika entreprenören Folkhem (numera Arvet) var att bygga klimatsmart med element och med massivträ som stommaterial och trä som huvudsakligt byggmaterial i både bärande och icke bärande delar. Motsvarande värde för modulerna A1 - A5 för detta projekt landade på **289** (kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> Atemp). Siffrorna finns redovisade i rapporten *Byggandets klimatpåverkan - Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä*. Mathias Larsson, IVL, Tove Malmqvist, avdeln. för Miljöstrategisk analys (fms), KTH, och Jonny Kellner, Rikshem. Sveriges Byggindustrier 2016.

Vi gjorde också en jämförande beräkning för att ta reda på skillnaden mellan val av grundläggning. Vår "grundläggning" är ju stålstommen som monteras i berg. Om man tänker sig att man "plattar ut" en Nestinbox, bygger den i ett plan med i övrigt exakt samma förutsättningar och räknar med en traditionell platta på mark istället för en stålkonstruktion, vad skulle skillnaden i CO<sub>2</sub>e-påverkan bli då?

Resultatet blev inte helt oväntat att grundläggningen med platta på mark ger ett lägre värde, summan skulle i ett sådant fall bli **181,4** CO<sub>2</sub>e, alltså ca: 20 % lägre. Stålet är, som vi påtalar i kapitel 3.3 den mest energikrävande delen i konstruktionen av vår tänkta byggnad, något som också framgår på resurssammanställningen på nästa sida. Därför ser vi också mycket fram emot de revolutionerande vätgas-baserade tillverkningsmetoderna för stål som är under utveckling, där man så småningom kommer att kunna tillverka stål fossilfritt och därmed generera en bråkdel av de utsläpp som genereras med dagens metoder. Se **bilaga 6**, som är en tidningsartikel i DN där man berättar om projektet **HYBRIT**. På följande sidor kan man se redovisningen av våra beräkningar och resurssammanställningar där man också kan jämföra olika material och deras påverkan på utsläpp av miljöfarliga gaser.



## Klimatredovisning: NESTINBOX

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Klimatpåverkan för A1-5 Byggskedet, kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>

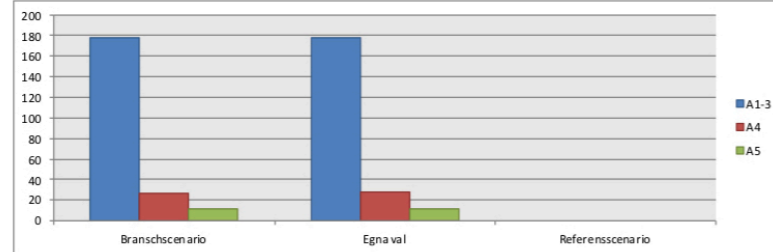
Scenarion

Branschscenariot innehåller branschgemensamma transportavstånd, spill och miljödata för generiska produkter. Under "egna val" har mer specifika data valts. Referensscenariot sätts om det "egna valets" resultatet ska jämföras med ett valbart referensvärde eller kravvärde. Referensscenariot beskrivs av den som gör klimatredovisningen, se textruta till

Nyckeltal

1% Andel EPDer i förhållande till generiska resurser i scenariot "Egna val"  
0% Klimatreduktion "Branscsc." i förhållande till "Egna val"

##### Klimatreduktion "Referensc." i förhållande till "Egna val"



| Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO <sub>2</sub> e per m <sup>2</sup> Atemp | Branschscenariot | Egna val | Referensscenariot |
|---|------------------|----------|-------------------|
| A1-3 Produktskedet  | 178,42           | 178,42   | 178,42            |
| A4 Transport  | 26,81            | 27,45    | 27,45             |
| A5 Bygg- och installationsprocessen                                     | 11,34            | 11,33    | 11,33             |
| A5.1 Spill, emballage och avfallshantering                              | 8,49             | 8,48     | 8,48              |
| A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater                  | 2,85             | 2,85     | 2,85              |
| A5.3 Energi till tillfälliga badar, kontor, förråd och andra byggnader  |                  |          |                   |
| A5.4 Byggprocessens övriga energivaror                                  |                  |          |                   |
| A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen                             |                  |          |                   |

Summa: 227,89 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> Atemp

Bild 37: En "vanlig" Nestinboxedbyggnad. Sammanställning av de olika skedena i produktionen och deras utsläpp av koldioxidkvivalenter uttryckt i kg per m<sup>2</sup> Atemp

## Klimatredovisning: NESTINBOX

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-5.1

| Kalkylresursens eget namn   | Kalkylresursens    | Spill, % | Eget spill, % | Vikt, kg | Energi, MJ | Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e |
|---|--------------------|----------|---------------|----------|------------|--------------------------------------|
| Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)                                | Konstruktionsst    | 5        | 5             | 3000     |            | 5136                                 |
| Korslimmat trä (KL-trä av gran) (IVL LCR)                           | Korslimmat trä     | 2        | 2             | 12660    |            | 1772,4                               |
| Fönster, treglas, trä-/aluminium (IVL LCR)                          | Fönster, tregla    | 0        | 0             | 519      |            | 576,09                               |
| Stenull (IVL RR)  | Stenull (IVL RR)   | 5        | 5             | 450      |            | 535,5                                |
| Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)                                | Konstruktionsst    | 5        | 5             | 300      |            | 513,6                                |
| Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)                                     | Ytpapp, ospecifici | 5        | 5             | 300      |            | 193,64                               |
| Underlagspapp bitumen (IVL LCR)                                     | Underlagspapp      | 5        | 5             | 200      |            | 129,09                               |
| Kakel   | Kakel              | 5        | 5             | 190,5    |            | 103,98                               |
| Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m <sup>3</sup> ) | Ospecificerad h    | 5        | 5             | 300      |            | 42,3                                 |
| Plywoodskivor (IVL LCR)   | Plywoodskivor      | 10       | 10            | 180      |            | 36,76                                |
| Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=1                | Furu/gran, hyvl:   | 10       | 10            | 640      |            | 35,2                                 |
| Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16               | Furu/gran, hyvl:   | 10       | 10            | 426      |            | 23,43                                |
| Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>                 | Ytterdörrar, trä   | 0        | 0             | 96       |            | 22,27                                |

Bild 38: Sammanställning av de olika sk. "resurserna", dvs. i projektet ingående byggmaterial.

## Klimatredovisning: NESTINBOX - Platta på mark

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Klimatpåverkan för A1-5 Byggskedet, kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup>

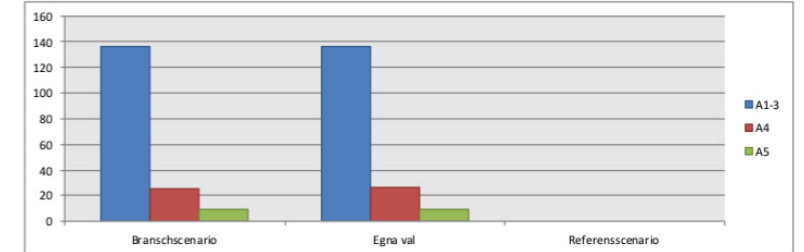
Scenarion

Branschscenariot innehåller branschgemensamma transportavstånd, spill och miljödata för generiska produkter. Under "egna val" har mer specifika data valts. Referensscenariot sätts om det "egna valets" resultatet ska jämföras med ett valbart referensvärde eller kravvärde. Referensscenariot beskrivs av den som gör klimatredovisningen, se textruta till

Nyckeltal

1% Andel EPDer i förhållande till generiska resurser i scenariot "Egna val"  
0% Klimatreduktion "Branscsc." i förhållande till "Egna val"

##### Klimatreduktion "Referensc." i förhållande till "Egna val"



| Klimatpåverkan (GWP GHG), kg CO <sub>2</sub> e per m <sup>2</sup> Atemp | Branschscenariot | Egna val | Referensscenariot |
|---|------------------|----------|-------------------|
| A1-3 Produktskedet  | 136,88           | 136,88   | 136,88            |
| A4 Transport  | 25,31            | 25,94    | 25,94             |
| A5 Bygg- och installationsprocessen                                     | 9,27             | 9,27     | 9,27              |
| A5.1 Spill, emballage och avfallshantering                              | 6,42             | 6,42     | 6,42              |
| A5.2 Byggarbetsplatsens fordon, maskiner och apparater                  | 2,85             | 2,85     | 2,85              |
| A5.3 Energi till tillfälliga badar, kontor, förråd och andra byggnader  |                  |          |                   |
| A5.4 Byggprocessens övriga energivaror                                  |                  |          |                   |
| A5.5 Övrig miljöpåverkan från byggprocessen                             |                  |          |                   |

SUMMA: 181,36 kg CO<sub>2</sub>e per m<sup>2</sup> Atemp

Bild 39: Ett tänkt scenario där stålkonstruktionen ersatts med en traditionell platta på mark.

## Klimatredovisning: NESTINBOX - Platta på mark

Baserat på metodik enligt EN 15804 och EN 15978

Resurssammanställning (exklusive transporter inklusive spill), A1-5.1

| Kalkylresursens eget namn   | Kalkylresursens SBE namn  | Spill, % | Eget spill, % | Vikt, kg | Energi, MJ | Klimatpåverkan, kg CO <sub>2</sub> e |
|---|---|----------|---------------|----------|------------|--------------------------------------|
| Korslimmat trä (KL-trä av gran) (IVL LCR)                           | Korslimmat trä (KL-trä av gran) (IVL LCR)                           | 2        | 2             | 12660    |            | 1772,4                               |
| Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m <sup>3</sup> ) | Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m <sup>3</sup> ) | 5        | 5             | 9000     |            | 1269                                 |
| Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)                    | Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)                    | 5        | 5             | 220      |            | 858                                  |
| Fönster, treglas, trä-/aluminium (IVL LCR)                          | Fönster, treglas, trä-/aluminium (IVL LCR), ca 35 kg/m <sup>2</sup> | 0        | 0             | 519      |            | 576,09                               |
| Stenull (IVL RR)  | Stenull (IVL RR)  | 5        | 5             | 450      |            | 535,5                                |
| Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)                                | Konstruktionsstål, obelagd (IVL LCR)                                | 5        | 5             | 300      |            | 513,6                                |
| Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)                    | Cellplast, expanderad polystyren (EPS) (IVL LCR)                    | 5        | 5             | 110      |            | 429                                  |
| Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m <sup>3</sup> ) | Ospecificerad husbyggnadsbetong (410 kg bindemedel/m <sup>3</sup> ) | 5        | 5             | 2500     |            | 352,5                                |
| Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)                                     | Ytpapp, ospecificerat (IVL LCR)                                     | 5        | 5             | 300      |            | 193,64                               |
| Underlagspapp bitumen (IVL LCR)                                     | Underlagspapp bitumen (IVL LCR)                                     | 5        | 5             | 200      |            | 129,09                               |
| Kakel   | Kakel   | 5        | 5             | 190,5    |            | 103,98                               |
| Armeringsnät mm (IVL LCR)   | Armeringsnät mm (IVL LCR)   | 10       | 10            | 130      |            | 75,33                                |
| Armering, galvad (IVL LCR)  | Armering, galvad (IVL LCR)  | 10       | 10            | 64       |            | 59,17                                |
| Plywoodskivor (IVL LCR)   | Plywoodskivor (IVL LCR)   | 10       | 10            | 180      |            | 36,76                                |
| Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=1                | Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16               | 10       | 10            | 640      |            | 35,2                                 |
| Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16               | Furu/gran, hyvlad & sågad, 473 kg/m <sup>3</sup> u=16               | 10       | 10            | 426      |            | 23,43                                |
| Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>                 | Ytterdörrar, trä (IVL LCR), ca 24 kg/m <sup>2</sup>                 | 0        | 0             | 96       |            | 22,27                                |

Bild 40: Sammanställning av de olika sk. "resurserna", i ovan tänkta scenario.

Det man också ser, om man tittar på resurssammansättningen är att en Nestinbox innehåller mycket få material och komponenter. Ett traditionellt byggt bostadshus utgörs oftast av betydligt fler material och komponenter. Nu finns inte installationer och aggregat för värme, vatten och sanitet med i dessa beräkningar, det skulle ha blivit alltför komplicerat att ta med, vi räknar med att dessa är ungefär lika i omfattning som i ett vanligt mindre bostadshus.

### Sammanfattning av kapitel 5:

Vår LCA-beräkning visar att en Nestinbox verkar få förhållandevis låga värden för klimatpåverkan per ytenhet, men att stålkonstruktionen, på det sätt som stål tillverkas idag, är en "grundläggningsmetod" som ger en större klimatpåverkan än om man hade använt sig av platta på mark. Vi kan också konstatera att antalet ingående komponenter och material i en Nestinbox skulle bli betydligt färre än i ett småhus byggt på traditionellt sätt.

## 6 PRODUKTION OCH KOSTNADER

### 6.1 Tillverkning och montage - lokalt.

I ett tätt samarbete mellan oss arkitekter, byggnadsingenjör Pontus Rydstern och trähusfabrikanten Michel Silverstorm har vi räknat fram det mest optimala sättet att förtillverka element på fabrik för att sedan transportera hela byggnaden i delar, inklusive "stålhängslet" till byggplatsen. Vi har också utarbetat en montageordning värdig IKEA där man kan se exakt vilka delar som ingår i "byggsatsen" och i vilken ordning allt skall utföras. Tillverkning och byggtid kommer att bli mycket kort: Vi räknar med att produktionstiden för vägg- och bjälklagselement och samtliga till dessa hörande delar ligger på ca: 2 arbetsveckor, förutsatt att allt ingående material och externa produkter som exempelvis fönster och dörrar är förbeställda innan tillverkningen påbörjas. Transport och montage till en närbelägen byggplats kommer att kunna genomföras inom ungefär samma tidsrymd om allt är väl samordnat; bergsborrning, hyra av kranbil, rätt hantverkare på plats o.s.v. Om allt är väl planerat kan alltså en Nestinbox vara på plats ca: 1 månad efter beställning. Sedan tillkommer tid för anslutningar till befintlig infrastruktur för vatten, avlopp, el och digital kommunikation. Därefter vidtar provning och besiktning. Spången ingår inte heller i dessa uppskattningar; den kan komma att variera stort i utförande och omfattning beroende på det aktuella läget och vilka eventuella hinder som kan finnas längs bergssidorna.

### 6.2 Export

Att transportera stora förtillverkade element på lastbil och i containertrafik långa sträckor är knappast hållbart, i alla fall inte om det handlar om mycket långa sträckor och stora kvantiteter. Under de två år som projektet har pågått har vi fått många frågor om teknik och produktion och även förfrågningar från personer som är intresserade av att köpa en Nestinbox. En förfrågan har kommit från Kanada och en annan från Hawaii (!) där man undrat om det är möjligt att beställa från oss och vad det i så fall skulle kosta. Vi har svarat att vi ännu inte har någon organisation

för att kunna tillverka och exportera produkten, men att vi jobbar för att nå det målet. Våra tankar kring framtida export ligger snarare i linje med licenstillverkning och export på digital väg. Vi ser för oss att man skulle kunna sälja filer och låta kunden själv tillverka produkten med licenstillverkning och i vissa fall i kombination med CAD/CAM-tillverkning, där sådana resurser finns. (CAD= Computer Aided Design, CAM=Computer Aided Manufacturing). Vi vet ännu inte hur en sådan affärstmodell skulle se ut, men vi skall undersöka möjligheterna.

### 6.3 Produktions- och byggkostnader

Med hjälp av våra handlingar har vi försökt att uppskatta en ungefärlig kostnad för tillverkningen och uppförandet av en Nestinbox. Vi har inte gjort en fullständig och heltäckande kalkyl, något som är både omfattande och komplicerat, framförallt för att vi i dagsläget inte har vare sig en konkret byggplats eller en beställare att ta hänsyn till. Detta gör att exempelvis kostnaderna för spången och anslutningar till infrastruktur är mycket svåra att beräkna och är beroende av platsens beskaffenhet och tillgänglighet. Men i bilaga 6 har Michel Silverstorm, med lång erfarenhet av elementtillverkning och montage av småhus gjort en sammanställning som visar en uppskattad total kostnad på ca: **4.100.000:-** exklusive ventilations- och värmeanläggning. för EN Nestinbox. Samtidigt bör påpekas att det är vare sig lämpligt eller önskvärt att uppföra endast EN Nestinbox, av framförallt följande skäl:

1. Vid bildandet av en 3D-fastighetsbildning av bostäder - något som skulle kunna vara aktuellt eftersom byggnaden faktiskt hänger i luften - krävs enligt villkor i fastighetsbildningslagen att fastigheten skall inrymma minst 3 bostadslägenheter.
2. Vid bildandet av ägarlägenheter, en form som skulle kunna vara lämplig för Nestinbox, krävs att varje ägarlägenhetsfastighet ingår i en sammanhållen grupp av minst 3 ägarlägenheter.
3. Det är också självklart så att ju fler Nestinbox som byggs samtidigt på samma ställe desto lägre blir kostnaderna för varje enskild byggnad och möjligheter till olika former av samutnyttjanden av energiförsörjning och andra infrastrukturella behov kan tillgodogöras och bidra till lägre driftskostnader.

När det gäller fastighetsfrågorna hänvisar vi till bilaga 3 som är utarbetad av Linda Hedqvist vid Fastighetskonsultfirman Torkel Öste. Här finns mer att studera och undersöka; att bygga på en bergvägg är även i detta sammanhang komplicerat och oprövat!

### Sammanfattning av kap. 6:

Byggtiden för en Nestinbox kommer att kunna bli kort eftersom vi har planerat tillverkningsprocessen och monteringen mycket detaljerat; vi uppskattar att det kan ta ca: en månad från elementtillverkning till monterad byggnad, exklusive spången.

Vid export vill vi istället för att skeppa iväg last med bilar och båtar till länder långt från Sverige, exportera konceptet som en digital produkt med lokal tillverkning i importerande land, något som skulle kraftigt reducera utsläpp från transportfordon, och dessutom minska kostnaderna för köparen.

Vi har gjort en grov uppskattning av kostnaderna för att uppföra en Nestinbox och vill understryka svårigheten med att hamna rätt i denna kalkyl eftersom kostnaderna kan variera betydligt beroende på framförallt:

- Val av plats för byggandet och kostnaderna kring fastighetsbildning och byggrätt.
- Tillgänglighet till byggplatsen.
- Antal enheter som skall byggas.
- Typ av upphandling och entreprenadform.

Dessutom känner vi inte till någon byggnad som är uppförd med den teknik och enligt de förutsättningar som vårt koncept innebär och därför finns inte heller något referensprojekt att jämföra med.

## 7 SLUTORD

### 7.1 Slutsatser och antaganden

Efter 2 års arbete tillsammans med teknisk expertis och sakkunniga inom en rad olika byggrelaterade områden kan vi konstatera att det ur teknisk synvinkel inte är vare sig omöjligt eller nämnvärt komplicerat att tillverka, transportera och montera en Nestinbox på en lodrät bergvägg.

När det gäller miljöinsterna anser vi att de största fördelarna med en Nestinbox i en stadsstruktur torde vara:

- **Att man inte behöver ta ny orörd mark i anspråk och därmed inte heller påverka flora, fauna och biologisk mångfald**
- **Att förtätning med Nestinbox-byggnader inte bidrar till en horisontell tillväxt av staden som struktur och**
- **att man därför inte heller måste anlägga helt ny infrastruktur utan kan ansluta till befintlig.**
- **Att byggnaden har kort produktions- och monterings- och därmed minimerar transporter av material och hantverkare till och från byggplatsen.**
- **Att en Nestinbox uppbyggd så som vi har projekterat skulle få en förhållandevis låg klimatpåverkan, som när nyare metoder för fossilfri ståltillverkning tas i bruk, även kommer att minska avsevärt.**
- **Att en Nestinbox är uppbyggd nästan uteslutande av förnyelsebara och återvinningsbara material.**
- **Att en Nestinbox så som vi har planerat den, med liten volym, små, smarta ytor och uppbyggd med närproducerade material skulle ge ett mycket litet ekologiskt fotavtryck.**

När det gäller den visuella, rumsliga och känslomässiga upplevelsen anser vi:

- **Att förtätning med Nestinbox i en stadsstruktur där rätt förutsättningar finns skulle berika stadsbilden med något nytt och intressant ur arkitektonisk synvinkel.**
  - **Att vistelsen i en Nestinbox för vissa personer skulle innebära en omvälvande och behaglig upplevelse och en känsla av att bo i en miljövänlig byggnad som är "nära naturen", även i en stad.**
  - **Att vistelsen i en Nestinbox för vissa personer å andra sidan skulle innebära en svindlande och obehaglig upplevelse p.g.a känslan av otrygghet uppe i luften hängande på en bergvägg.**
- Vi har inte några föreställningar om att dessa byggnader skulle kunna innebära en lösning

på bostadsbristen i storstäderna. En byggnad som Nestinbox kommer sannolikt alltid att vara ett tämligen unikt boende som kräver särskilda förutsättningar. Men tekniken och konceptet skulle kunna öppna upp tidigare oprövade möjligheter till förtätning. Vi tycker det är viktigt att hålla fram att det faktiskt går att förtäta en stadsstruktur i ett bergrikt område på det sätt som vi föreslår. Att bygga på "vertikal mark" är möjligt och kan skapa ett nytt sätt att se på samhällsplanering, arkitektur, landskapsbilden och byggandet.

### 7.2 Framåt

Vill vi också uttrycka vår ambition att projektet Nestinbox nu skall gå mot nästa fas som är vidareutveckling och framförallt ett konkret projekt. Ett första mål är att bygga en prototyp i full skala för utvärdering och erfarenhetsåterföring. Därefter är målet bygga för kommersiellt bruk; exploatera en lämplig bergvägg med ett antal Nestinbox och sälja eller hyra ut bostäderna. Vi kommer att arbeta för att detta ska bli verklighet och har påbörjat en process med bolagsbildning och kontakter med tänkbara intressenter.

Slutligen vill vi tacka i första hand Boverket för att vi gavs möjligheterna och fick förtroendet att med det ekonomiska stödet genomföra undersökningen och projekteringen. Vi har lärt oss mycket själva och det har varit väldigt kul att kunna jobba tämligen fokuserat med detta projekt under en längre tid. Vi vill också tacka alla konsulter och sakkunniga som har hjälpt oss att lösa problem och slutföra vårt mål med att verifiera våra antaganden och utarbeta kompletta systemhandlingar; ett resultat av allas vårt arbete.

Tack!

Stockholm och Milano i december 2020

Pontus Öhman, arkitekt SAR/MSA  
LUMA Design  
I samarbete med  
Elisabetta Gabrielli, arkitekt MSA  
Archigound

## FÖRTECKNING ÖVER BILDKÄLLOR

Bild 1 Kollage utfört med utskrifter från tidskrifter och nättidningar 2017 när vi lanserade Nestinbox.

Bild 2 Originalmålning av Eric Hallberg 1927, foto nedladdat från Bukowskis hemsida.

Bild 3 Förklarande figur nedladdat från Wikipedia.

Bild 4 Avfotograferad kartbild från boken "Stockholm, vattnet, öarna och staden", P. Kallstenius /J.Wikström, 2018. Max Ström förlag.

Bild 5 - 13 Foton: Pontus Öhman 2020.

Bild 14 – 18 Vyer skärmdumpade och redigerade, från Google Maps/3D 2020.

Bild 19 Diagrammen är hämtade från FN:s hemsida under rubriken "World Urbanization Prospects/ Country Profiles 2018".

Bild 20 Delar av konstruktionsritningar för Nestinbox utförda av Tyréns/Pontus Rydstern.

Bild 21 Bild nedladdad från Martinssons hemsida under rubriken "Vårt sortiment av KL-trä".

Bild 22 Foto: Daniel Shearing, med tillstånd från Waugh Thistleton Architects.

Bild 23 Foto: Pontus Öhman 2020.

Bild 24 Vyer från våra arkitekturritningar i projektet, ritningen utförd av Elisabetta Gabrielli.

Bild 25 Grafik från skriften "Vägledning om LCA för byggnader" 2019, publikation från Boverket.

Bild 26 Text och grafik från uppsats B, källan anges på sid. 27.

Bild 27 och 28 Text och grafik från uppsats C, källan anges på sid. 27.

Bild 29 Foto: Gustav Gullstrand/Unsplash.

Bild 30 Foto använt med tillstånd från Aaltouniversitetet i Esbo/Karola Sahi.

Bild 31 Foto: Pontus Öhman 2013.

Bild 32 Diagram nedladdat från Ekonomifaktas hemsida.

Bild 33 Diagram nedladdat från Energimyndighetens hemsida.

Bild 34 Principritning för eldragning i en Nestinbox, illustration av Tyréns/Åke Larsson.

Bild 35 Foto: Pontus Öhman.

Bild 36 Kollage av 4 bilder nedladdade från Unsplash.

Bild 37 – 40 Utskrifter från våra LCA-beräkningar för Nestinbox, genererade från programmet "Byggsektorns Miljöberäkningsverktyg BM 1.0" från IVL.

## FÖRTECKNING ÖVER STUDIEMATERIAL; LITTERATUR OCH LÄNKAR DÄR VI HAR SÖKT KUNSKAPER UNDER PROJEKTIDEN

### LITTERATUR OCH RAPPORTER

#### Bostäder och stadsstruktur generellt:

**Bostadsforskare om Bostadskvalitet** – Ola Nylander, Paula Femenias, Morgan Andersson, Hanna Morichetto, Anna Braide Eriksson.

Artikelsamling på uppdrag från Stockholms Stad/Stadsbyggnadskontoret till Centrum för Boendets Arkitektur, Chalmers Arkitektur och Samhällsbyggnadsteknik, 2018.

**Bostadsbrist – Farlig flaskhals för jobben** – Maria Ranka, Lotta Andersson, Andreas Åström. Rapport 2014:1 från Stockholms Handelskammare.

#### Hållbart byggande:

**Klimatscenarier för bygg- och fastighetssektorn – Förslag på metod för bättre beslutsunderlag.**

Martin Erlandsson, Anna-Karin Nyström, Lena Hagert Pilenås, Julien Morel, Johannes Morfeldt, Per Andersson, Eva Jernbäcker, Kristina Einarsson, Linda Lagnerö, Bengt Eriksson, Anna Ekman, Lars Nilsson.

Rapport på uppdrag av Naturvårdsverket och Boverket i samarbete med IVL/Svenska Miljöinstitutet och Energimyndigheten, 2019.

**Vägledning om LCA för byggnader.** – Boverket 2019

**Livscykelanalys på stommaterial - En jämförande livscykelanalys med fokus på koldioxidutsläpp och energianvändning** - Hanna Westbom & Jessica Lundgren.

Examensarbete vid Örebro Universitet, Byggingenjörsprogrammet, 2018.

**Korslimmat trä som konstruktionsmaterial – En teknisk jämförelse och lämpliga användningsområden.** – Mathilda Lundblad och Linnea Stjärnberg

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet, Samhällsbyggnadsteknik, ACEX20-18-23. Avdelningen för konstruktionsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 2018.

**Bortom BNP-tillväxt – Scenarier för hållbart samhällsbyggande.**

Pernilla Hagbert, Göran Finnveden, Paul Fuehrer, Åsa Svenfelt, Eva Alfredsson, Åsa Aretun, Karin Bradley, Åsa Callmer, Eléonore Fauré, Ulrika Gunnarsson-Östling, Marie Hedberg, Alf Hornborg, Karolina Isaksson, Mikael Malmaeus, Tove Malmqvist, Åsa Nyblom, Kristian Skånberg och Erika Öhlund

Slutrapport från forskningsprogrammet "Bortom BNP-tillväxt: Scenarier för hållbart samhällsbyggande"

KTH/Stockholm, Skolan för Arkitektur och Samhällsbyggnad, 2018.

**Livscykelanalyser – Vägledning vid val av verktyg** – Catrin Henicke, Lena Dahlgren, Kristine Ek, Sjouke Beemsterboer.

Utredning utförd av NCC på uppdrag av SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond). ID: 13461, 2018.

**Samhällsbyggnad och klimatet** - Anders Persson Rolf Ericson, Stellan Fryxell, Fredrik Holmström, David Lindgren, Åsa Norman, Agneta Persson, Marcus Rydbo, Jan Wijkmark.

Skript framtagen på uppdrag av Svenska Teknik- och Designföretagen/Almega, 2018.

**Byggandets klimatpåverkan – Livscykelberäkning av klimatpåverkan för ett nyproducerat energieffektivt flerbostadshus med massiv stomme av trä.** – Mathias Larsson, Martin Erlandsson, Tove Malmqvist, Jonny Kellner.  
Rapport från Sveriges Byggindustrier som är en LCA-studie av objektet Kv. Strandparken i Sundbyberg som uppfördes 2013. Rapporten är från 2016. (Rapporten finns även publicerad av IVL samma år, men då med mer utförlig text och inte bara beräkningsdelen)

**Byggekologi/Kunskaper för ett hållbart byggande** – Varis Bokalders, Maria Block, Byggtjänst, 3:e utgåvan 2014.

**Utvärdering av energianvändningen i KV. Blå Jungfrun** - Bayram Korkut, Hussam Elfar.  
Examensarbete vid KTH/Stockholm Byggetenskap 2012.

**Vad bidrar mest till hållbar bebyggelse; småhus i trä eller betong?** - Andrea Ingemarsson och Kristine Lisle.  
En jämförelse av byggmaterialen ur ett livscykel- och hållbarhetsperspektiv  
Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör.  
Institutionen för energi och miljö  
Miljösystemanalys  
Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 2012.

Träbyggande och trä i vår närmiljö:

**Industriellt byggande av trä – nuläge och prognos mot 2025** – Staffan Brege, Tomas Nord, Lars Stehn  
Linköpings Universitet, Forskningsrapport LIU-IEI-RR-17/00263-SE, 2017.

**Competitive wood-based interior materials and systems for modern wood construction** – Yrsa Cronhjort, Pekka Heikkinen, Simon le Roux, Tuomi Tulamo, Ira Verma, Laura Zubillaga, Mark Hughes, Katja Vahtikari, Katie Johnson, Katie Livesey, Elodie Macé, Ed Suttie, Seppo Romppainen, Topi Helle, Bruce Uhler, Christina Feuerhapper, Gerhard Grüll, Michael Truskaller, Martin Weigl. Elisabeth Habla, Per Carlborg, Tomas Nord, Thomas Waldhör, Roy Sundbye, Mikael Axelsson, Kristian Bysheim, Kristine Nore, Anders Q. Nyrud, Jörgen Tycho, Juha Elomaa, Karl Dobianer, Steve Cook.  
Rapport inom ramen för ett projekt kallat Wood2new som är ett samarbete mellan statliga och kommersiella partners i Finland, Sverige, Norge, Österrike och Storbritannien sammanställt vid Aaltouniversitetet i Espo, Finland av Yrsa Cronhjort, 2017.

**Wood, Well-being and Performance: The human and organizational benefits of wood buildings.** – Graham Lowe.  
Skrift framtagen av Forestry Innovation Investment i Kanada, 2020.

**Physiological effects of wood on humans: a review** – Harumi Ikei, Chorong Song, Yoshifumi Miyazaki.  
Vetenskaplig rapport i Journal of Wood Science, Japan Wood Research Society, 2016.

LÄNKAR PÅ INTERNET

Växande storstäder och ständig urbanisering:

<https://bcombinator.com/fastest-8-growing-tech-cities-in-europe-in-2019>

<https://www.chamber.se/nyheter/stockholm-vaxer-snabbast-i-europa-2.htm>

<https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2017.html>

<https://population.un.org/wup/Country-Profiles/>

Global warming och byggsektorns utsläpp av växthusgaser:

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-konsumtionsbaserade-utslapp-fran-exporterande-foretag/Koldioxidkvalenter/>

<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-industrin/?visuallyDisabledSeries=304cf03e385d835e>

<https://www.ssab.se/ssab-koncern/hallbarhet/sustainability-expedition>  
<https://www.jernkontoret.se/sv/vision-2050/koldioxidfri-stalproduktion/>

<https://www.klimatoralista.se/gwp-global-warming-potential/>

<https://www.optiwatti.se/koldioxidavtryck-vad-bor-man-veta-om-det/>

Hållbart byggande:

<https://sverige2025.boverket.se/bygg-hallbart.html>

<https://ichb.se/innehall/artiklar/vad-ar-hallbart-byggande/>

<https://byggteknikforlaget.se/vad-ar-ett-hallbart-byggande-egentligen/>

<https://sustainableinnovation.se/projekt/informationscentrum-for-hallbart-byggande/>

<http://www.ekobyggportalen.se/>

Trähusbyggande:

<https://tillvaxtverket.se/eu-program/inspiration-och-resultat/projektexempel---t-o-m-2-ar/2019-03-04-tillvaxtresan-det-svenska-trabyggandets-ateruppstandelse.html>

<https://samhallsbyggaren.se/wp/nyheter/tid-for-tra/>

<https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2018/06/okat-trahusbyggande-ger-lagre-byggkostnader-och-minskad-klimatpaverkan/>

<https://www.folkhem.se/om-trahus/>

<https://www.svensktra.se/anvand-tra/byggande/>

<https://www.svensktra.se/tidningen-tra/2019-1/rune-abrahamsen/>

<https://www.va.se/nyheter/2019/11/15/nya-trahus-ska-lagra-koldioxid/>

<https://www.va.se/nyheter/2019/05/16/arkitekten-som-ligger-pa-gransen-till-det-omojliga/>

<https://briab.se/aktuellt/blogg/kan-vi-bygga-brandsakert-i-tra/>

Om träets inverkan på hälsan i byggda miljöer:

<https://news.cision.com/se/linkopings-universitet/r/vi-mar-bra-av-tra,c2182974>

<https://liu.se/artikel/vi-mar-bra-av-tra>

<https://www.traguiden.se/konstruktion/kl-trakonstruktioner/kl-tra-och-varme-och-fukt/9.1-kl-tra-och-varmelagring-och-fuktbuffring/kl-tra-och-varmelagring-och-fuktbuffring/?previousState=100>

<https://www.svenskttra.se/hallbarhet/valbefinnande/>

<https://www.moelven.com/se/aktuellt-och-nyheter/nyhetsarkiv/2018/battre-halsa-med-trapaneler-i-ditt-hem/>