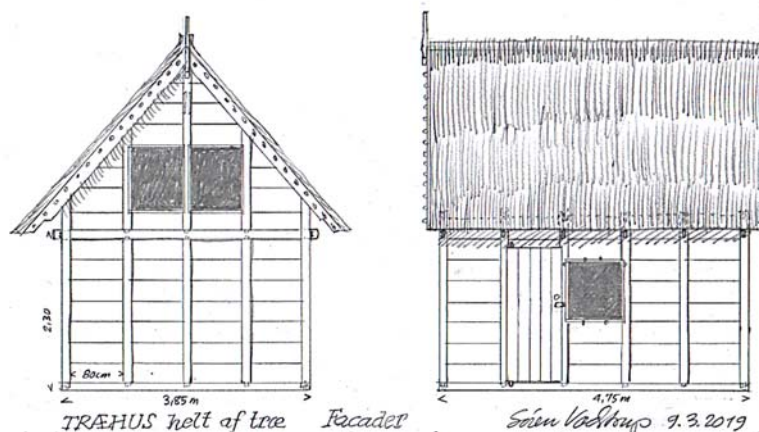


Projektbeskrivelse:

## Forsknings- og udviklingsprojektet **TRÆHUSE helt af træ** med vedvarende holdbarhed



### Studyhouse #3

**Studyhouse #3** er det ultimativt bæredygtige hus, med en ubegrænset/vedvarende holdbarhed, idet bygningen samtidigt er meget fleksibel og økonomisk. Det er, som det ses på tegningen et såkaldt *stolpeværkshus helt af træ*, der er beklædt med spejlskårne *bulplanker*. Bygningen er resultatet af et forsknings- og udviklingsprojekt på Kunstakademiets Arkitektskole, udført af arkitekt MAA, lektor Søren Vadstrup.

#### Hypoteser

- Projektets første hypotese er, at hvis man "kopierer" ældre træhuses konstruktioner og materialer (træsart, opskæring og dimensioner), der har en beviselig levetid på foreløbigt 200 år (mindst), så vil den nye konstruktion kunne leve lige så længe – d.v.s. opnå den samme ubegrænsede og vedvarende holdbarhed.
- Projektet vil herudover vise, at man kan fremstille disse klassiske konstruktioner træ med træ i dag, eksempelvis i stolpeværk, med moderne industrialiserede arbejdsmetoder, uden at miste den oprindelige kvalitet og forventede levetid på 200 år - og til en konkurrencedygtig pris.
- Projektet vil sætte en ny standard for bæredygtigt nybyggeri efter hvad vi vil kalde *Bygningsreglement 2030* (BR-30) – idet disse krav forhåbentligt kommer langt tidligere end i 2030:
  - Bygningens CO<sub>2</sub>-regnskab skal være den vigtigste parameter, herunder deklareret i forhold til de materialer, der indgår i bygningen, deres fremstilling, transport og levetid. Plus CO<sub>2</sub>-udledning fra nedrivning og bortskaffelse af f.eks. træ (afbrænding) og mursten m.v. fra eksisterende bygninger på byggegrunden – beregnet i forhold til husets samlede forventede levetid på 150-200 år, eller mere.
  - Bygningens minimale forbrug af knappe naturressourcer, både til fremstilling af alle materialer samt i driftsfasen: vand, sand, grus og skærver, kalksten, jern, aluminium, råolie m.v.
  - Bygningens og dens materialers og komponenters 'produktion' af affald, især farligt affald – og herunder ikke mindst affald fra nedrivning og bortskaffelse af eksisterende bygninger på byggegrunden.
  - Materialer og komponenter med erfaringsmæssig levetid på 50-60 år, f.eks. termoruder og energiruder, plastikmembraner, gummifugemasser, splintved, trykimprægneret træ etc. må ikke forekomme i ydervægskonstruktionen eller tag.
  - Bygninger til boliger, kontorer etc. skal opvarmes med CO<sub>2</sub>-neutrale energikilder. Bygningens klimaskærm varmeisoleres efter beboernes behov, med et beregnet energiforbrug på ca. 50 kWh/m<sup>2</sup> år, og med materialer med en beviselig levetid på 100-200 år.



### Forskning og forsøg

Projektet vil bl.a. gennemføre følgende udviklingsprojekter og forsøg:

- Eksperimenter med "nye", arbejdsbesparende træsamlinger, inspireret af ældre bindingsværks-samlinger, bl.a. svalehaleblad, gratninger, slidstapninger og kamsamlinger, samlet træ med træ.
- Eksperimenter med nye, mekaniserede træsamlinger, skåret ud med CNC-fræser, og samlet uden jernbeslag, herunder med muligheder for præfabrikering og massefremstilling af disse.
- Eksperimenter med en isoleret ydervægskonstruktion uden plastikmembraner. Som isoleringsmateriale benyttes de mindst energikrævende isoleringstyper, med en 'dokumenteret' holdbarhed på mindst 200 år, f.eks. kork, træfiber eller hør/hamp. Eventuelt bare "stillestående luft".
- Udviklingsprojekt med danske savværker om selektiv opskæring og anvendelse af det opskårne træ så alt udnyttes: Kvartskåret tømmer i eg eller fyr, spejlskårne planker til udvendig beklædning, planskårne planker til indvendig beklædning, gulve osv. Eksperimenter med byggeri i grantræ.
- Eksperimenter med naturligt, lufttørret træ – teknisk, logistisk og økonomisk – samt u-tørret træ. Frem til ca. 1830-erne blev danske bindingsværkshuse ofte opført i nyfældet, 'grønt' træ. Både eg og fyr er markant blødere og nemmere at arbejde i, i friskfældet tilstand.

Maling og overfladebehandling af udvendigt træ skal enten ske med kapillaråbne, og *ikke* diffusions-åbne, materialer, bl.a. træbjærefarve, linoiemaling, limfarver og temperafarver – eller at træet selv, i form af spejlskåret egetræ, fremstår ubehandlet.

Et bæredygtigt træhus kan godt være beklædt udvendigt med planskårne brædder, der er sømmet med galvaniserede jernsøm på en stolpeværkskonstruktion. Men brædderne må ikke indeholde marv (marvskårne) og skal på udsatte steder, vandbrædder, dækbrædder, indfatninger, vindskeder m.v. være spejlskårne. Derudover må selve konstruktionen ikke indeholde sømbeslag, samt skruer og bolte af jern. Disse forkorter levetiden for træhuset markant.



*Denne træsamling i et hushjørne mellem vægstolper, rem og spær omfatter **6 stykker tømmer**, der kun er samlet træ med træ, uden et eneste beslag, søm eller skrue: Stolpe, 2 skråbånd, hjørnebladsamling af rem samt kæmmet samling af spær på stolpens gennemstukne tap.*

*Samlingen sidder i et bindingsværkshus fra 1750-erne, og har indtil nu holdt i over 250 år. Den er her 'gentaget' på et 'eksperimentalthus', udført af studerende på Kunstakademiets kandidatprogram i Kulturarv, Transformation og Restaurering i 2012.*



## Ny definition på bæredygtighed

Ifølge Brundtlands rapporten fra 1978 handler en bæredygtig udvikling som bekendt om, at *de nuværende menneskers og naturmiljøers behov kan blive dækket - uden at skade fremtidige generationers mulighed for at dække deres behov*. Man kan også sige, at et samfund, der vil kalde sig bæredygtigt, ikke udtømmer Jordens eksisterende naturressourcer, så det i fremtiden vil være nødvendigt enten at undvære disse eller vente til de eventuelt bliver regenereret.

Og for at opnå dette skal vi mennesker helt konkret

- formindske eller helt stoppe vores brug af *begrænsede naturressourcer*,
- udlede så lidt  $CO_2$  som muligt
- begrænse produktionen af *affald*, herunder især farligt affald.

Det handler jo primært om, får vi dagligt at vide, at *begrænse* de tre 'B-er': 'biler, bøffer og badeferier'. Men i forhold til bæredygtige *bygninger*, er der rent faktisk tre andre faktorer, vi skal *fremme*, og det er jo noget mere positivt og operationelt end altid at skulle begrænse sig: Nemlig de tre 'L-er':

- **L**ang levetid
- **L**agring af  $CO_2$
- **L**øbende vedligeholdelse.

Et forskningsprojekt udført af Søren Vadstrup på Kunstakademiets Arkitektskole i 2015-17 viser, at en bæredygtig bygning, der opfylder disse tre kriterier (begrænsning af naturressourcer,  $CO_2$  og affald) og samtidigt opfylder de tre L'er, er en bygning, der:

- *Har* holdt meget længe, f.eks. i 100-200 år, og er i stand med at holde i mindst 100 år mere
- *Er bygget* til at holde meget længe, f.eks. 200 år – stråtage og skorstenspiber undtaget.
- Har et lavt energiforbrug, baseret på enkle og naturlige løsninger, med meget lang levetid.

For hvis en bygning har en meget lang levetid, og her er målet som nævnt mindst 200 år, hvis det skal batte til noget, bruger den langt færre naturressourcer og medfører langt mindre affald, end hvis bygningen bliver revet ned efter ca. 50-100 år og erstattet af en ny. Hvis bygningen indeholder meget træ, lagrer den  $CO_2$  i lige så mange år. Og hvis man holder bygningen løbende vedlige, bruger man færre naturressourcer, producerer mindre affald og sparer  $CO_2$  til produktion af nye, udskiftede materialer.

Denne definition udtrykker i øvrigt også en mere dækkende oversættelse af det engelske ord 'sustainable' end det danske udtryk 'bæredygtig', nemlig som 'vedvarende holdbart' - svarende til den svenske oversættelse: hållbar, den tyske oversættelse: 'nachhaltig' og den franske 'durabilité'.

Men hvad så med det energiforbrug, der finder sted i huset? Her viser den nyeste forskning, at dette for det første mest handler om en række faktorer, der ikke *direkte* har noget med bygningen som sådan at gøre: Antallet af beboere eller brugere per  $m^2$ , hvor høj eller lav en temperatur, man har i rummene, om man skruer ned for varmen for at spare, samt hvor stort energiforbruget er på en lang række el-apparater i huset, computere, komfur, køleskabe, vandvarmer, vaskemaskine, tørretumbler osv. osv.

For det andet er det sådan, at da bygningsopvarmning fra *vedvarende energikilder* ikke forbruger begrænsede naturressourcer, udleder  $CO_2$  eller producerer farligt affald, og da de mest brugte isoleringsmaterialer som mineraluld og termoruder til gengæld gør dette i stort omfang, bør en varmeisolering af klimaskærmen derfor ske med materialer og metoder, der i *omfang og placering* er tilpasset husets formål og brugere, og derudover har en vedvarende og ubegrænset holdbarhed, kan produceres med minimal  $CO_2$ -belastning og kan nedbrydes i naturen.

### Bæredygtige træhuse

'Træhuse er fremtidens bæredygtige byggeri' – skrives der gang på gang i denne tid. Men hvis man kikker på de bygninger af træ, der bygges i dag, er langt de fleste ikke særligt bæredygtige, først og fremmest fordi de ydre materialer og selve konstruktionen kun har en levetid på ca. 30-50 år. Det gælder det planskårne træ i de udvendige materialer, der måske oven i købet er plastikmalet, det gælder limtræ, trykimprægneret træ og det gælder termoruder samme sted. De bærende konstruktioner er for det meste samlet med jernbeslag, jernbolte, skruer og søm og derudover indeholder vægkonstruktionerne ofte plastikmembraner, mineraluld og gummifugemasser.

Man kan imidlertid meget tydeligt se på mange nyere træhuse, at der hvor der opstår problemer med at opnå en lang holdbarhed, f.eks. i 200 år, altid er omkring beslag, søm, skruer og andet metal i selve konstruktionen. Især samlinger med lange selvskærende skruer er skadelige for bygningens holdbarhed. Metal og træ har forskellig varmeledning, så ved fugtig kulde dannes der kondens rundt om jernet, der fugter træet op, så det rådner. Hvis jernet derudover rustner, fremmer dette fugtsamling og råd i træet. Ved brand vil metalbeslag, søm og skruer forkulle træet rundt om sig, så skruerne ryger ud og konstruktionen braser sammen meget hurtigt. Metalbeslagene kan også med deres varme være direkte medvirkende til at sprede branden.



## Det definitivt bæredygtige træhus

Hvis man studerer gamle træbygninger af bindingsværk i Danmark, der har holdt i 150-200 år eller mere, og som stadigvæk holder godt i dag, hvorfor de efter denne definition er bæredygtige, er disse stort set altid bygget uden at bruge andet end *træ* i alle konstruktioner – sømning af bræddebeklædninger, gulve, lofter m.v., undtaget.

Dette er baggrunden for et forsknings- og udviklingsprojekt på Kunstakademiets Arkitektskole, der vil opføre det *definitivt bæredygtige træhus helt af træ*, der samtidigt er meget fleksibelt og økonomisk. Det er, som det ses på tegningen et såkaldt *stolpeværkshus*, der er beklædt med spejlskårne *bulplanker*. Denne bygning er:

### Bæredygtig

- 1 Den har en *beviselig* holdbarhed på mindst 200 år
  - bl.a. fordi den 'kopierer' en bygning af træ fra 1668 (stolpeværk med bulplanker)
  - der rigtigt vedligeholdet kan holde i mindst 200 år *mere*
  - og derfor har en ubegrænset og vedvarende holdbarhed
  - fordi materialerne består af 100% kernetræ – uden tilstedeværelse af marv
  - fordi materialerne består af selektivt opskåret træ (spejlskåret, kvartskåret og halvtømmer)
  - til forskellige anvendelser på bygningen
  - fordi alle samlinger er udført *træ med træ* – uden sømbeslag, jernbeslag, bolte og skruer
  - fordi træet er naturligt tørret og ikke kunstigt tørret i tørrelader
  - fordi bygningen kan vedligeholdes løbende med miljøvenlige materialer
  - Derudover forekommer der ikke andre materialer eller elementer med meget kort levetid (50-60 år), f.eks. limtræ, krydsfiner, spånplader, gipsplader, trykimprægneret træ, gummifugemasser mv.
- 2 Den består af træ, der er groet og fældet i nærområdet (Danmark)
- 3 Et 'kraftigt' træhus med en holdbarhed på mindst 200 år lagrer store mængder CO<sub>2</sub> – lige så længe

### Fleksibel

- 1 Et stolpeværkshus kan udvides i længden, bredden og højden – eller indskrænkes tilsvarende
- 2 Stolpeværkshuset er også meget enkelt at flytte til et nyt sted
- 3 Ved ombygninger kan bygningsdelene flyttes rundt, og vægge f.eks. ændres til vinduer eller døre.

### Økonomisk

- 1 Alle delene i bygningen er præfabrikerede på CNC-styrede maskiner, men skal samles 'i hånden'. Efter selve udviklingsarbejdet kan huset masseproduceres med meget lave omkostninger.
- 2 Bygningen varmeisoleres med 10-15 cm stillestående luft, fastholdt af træfiberisolering eller lignende – uden plastikmembraner.
- 3 Bygningen kan vedligeholdes med enkle metoder og svage materialer: Ubehandlet træ eller evt. malet med limfarve eller linoliemaling.

### Selve byggeprojektet

Elever fra NEXT-Uddannelse København's SNEDKERSKOLE skal fra den 25. april til den 16. maj bygge et **Forsøgshus** (Studyhouse in Wood #3), der adskiller sig fra *alle andre* nye træhuse, der opføres i disse år ved at:

1. Alle samlinger er udelukkende udført træ med træ
2. Der udvikles arbejdsbesparende CNC-fræsede samlinger, der efterfølgende kan masseproduceres
3. Der arbejdes med selektivt opskåret træ – uden marv – til de forskellige elementer
4. Der benyttes naturligt tørret træ (i dette forsøg endda *nyopskåret*, friskt træ)
5. Dele af bygningen overfladebehandles med kapillaråbne *limfarver*.

Eleverne skal sammen med deres lærere og forskere fra Arkitektskolen i København være med til at videreudvikle disse 5 elementer. Projektet starter med en videnskabelig opdatering om historisk træteknologi, om CLT, CNC og 3-D-scanning på en 'TEMADAG om TRÆ' på Arkitektskolen i København (Vandflyverhangaren) den 26. april. Se nærmere program [her](#).

Der vil udkomme en bog om begge projekter, plus at der bliver optaget en film og udarbejdet en forskningsrapport. Bygningen, der er lige til at skille ad, vil også efterfølgende indgå i forskellige udstillinger. Projektets forskningsdel er støttet af Realdania.

Byggeperioden er fra den 26. april til den 16. maj 2019, på Snedkerfagskolen, Tæbyvej 65 i Rødovre. Hvor langt vi kan nå i byggeprocessen afhænger af forsøgets udvikling. Der forventes dog ikke at komme tag på huset. Der skal samtidigt bygges et træhus samlet af CLT-plader (Cross Laminated Timber).



## Det historiske danske bindingsværkshus/stolpeværkshus.

Det danske bindingsværkshus repræsenterer en helt igennem bæredygtig dansk bygningstype. Da de ældste bindingsværksbygninger i Danmark er opført i midten af 1500-tallet, plus at vi har en meget stor gruppe, der daterer sig til starten og midten af 1700-tallet - har en bindingsværksbygning *beviseligt* en overordentlig lang levetid, og for de fleste stadig en god holdbarhed. Dette skyldes også at bindingsværksbygninger er meget enkle at reparere eller skifte dele ud i – da konstruktionen nærmest er som en 'åben bog'. Det kræver dog at bygningen bliver vedligeholdt med korrekte materialer, hvilket vi har fået godt styr på gennem de seneste 30-40 år, endda i form af meget enkle og billige materialer og metoder. Vi har her at gøre med en bygningstype, der beviseligt har en ubegrænset/vedvarende holdbarhed.

Det meget træ i bygningen lagrer store mængder CO<sub>2</sub> som, hvis bygningen bliver revet ned, bliver frigjort til atmosfæren, hvis træet afbrændes eller får lov at rådne op i naturen.

En bindingsværksbygning kan, som den yderst fleksible træbygning den er, skilles fuldstændigt ad - og samles igen. Så derfor er den også ret enkel at flytte og genrejse, hvad der bl.a. var tilfældet under Landboreformerne i slutningen af 1700-tallet og begyndelsen af 1800-tallet. Derudover kan en bindingsværksbygning forlænges eller forkortes efter forgodtbefindende, plus at man kan bygge i højden, op til 3 etager bindingsværk, oven på hinanden.

Bindingsværkshuse er også på andre måder uhyre fleksible. I selve det tømrede stolpeværks-skellet, som ydervæggene udgør, kan man 'fylde' de såkaldte 'tav' ud med, hvad man har af enkle og billige *lokale* materialer. Det kan være træ, i form af udvendige og indvendige bræddebeklædninger, eller brede bulplanker i en not i de lodrette stolper, det kan være ler på grene og vidjefletning, det kan være soltørrede lersten eller det kan være brændte mursten eller kridtsten opmuret med luftkalk. I de øverste tav kan der også sidde små eller store vinduer, som man kan sætte tæt sammen eller spredt, efter hvad man har lyst til eller behov for. Det samme gælder døre og porte. Bindingsværkskonstruktionen muliggør dermed en meget stor fleksibilitet i husenes indretning og anvendelse. Skillevæggene bør dog sidde ud for facadernes stolper, men der findes faktisk eksempler på, at de sidder ud for midten af et vindue!

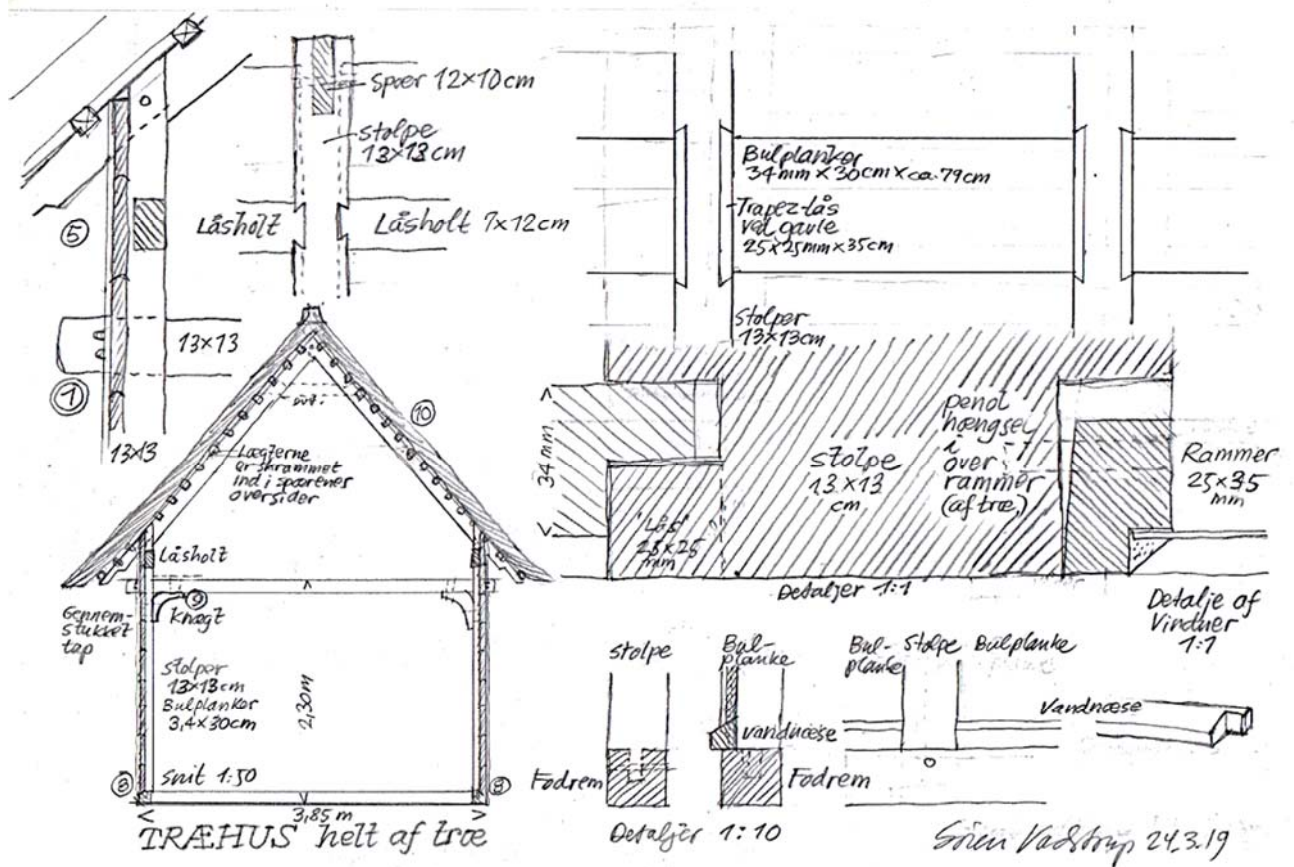
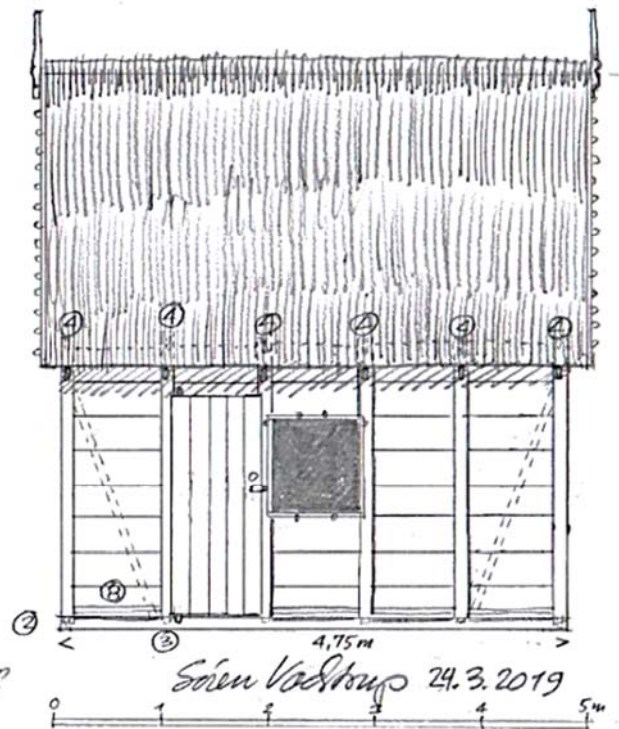
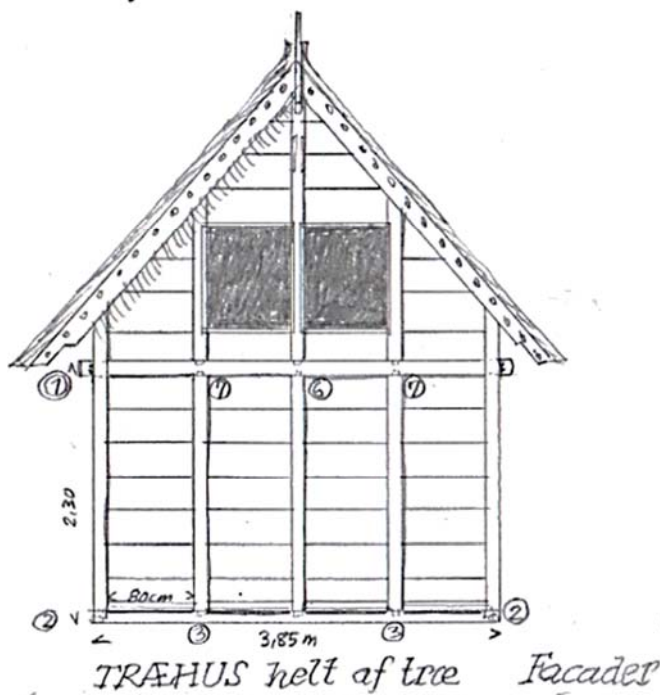
Det er en udbredt opfattelse, at de bindingsværksbygninger, der har rundet de 150-200 år, og som vi har tilbage i dag, må repræsentere de mest solide og holdbare af slagsen, mens resten, der har været meget dårligere, er rådnet op og derfor revet ned. Men intet tyder på, at dette er rigtigt. De tilbageværende bindingsværksbygninger i Danmark repræsenterer *alle* typer, fra simple og spinkle landhuse til kraftigt byggede byhuse, fra hastigt opførte stalde med mange genbrugsmaterialer til præstigebyggerier i 'Nationalromantik'. I disse er der murede tav, klinede lertav og tav med ubrændte lersten osv. Samtlige de ældre bindingsværksbygninger, vi har her i landet, kan sættes i stand på korrekt vis – og holde i mindst 150-200 år *mere*, hvis de passes med de korrekte materialer.

Den største trussel mod et gammelt – eller nyt - bindingsværkshus er uvidenhed, desværre også hos mange håndværkere, og dermed anvendelsen af 'forkerte' – og primært moderne – materialer til vedligeholdelse og istandsættelse. Først og fremmest cement og hydraulisk kalk, plastikmaling og stenkulstjære. Dernæst er det selvfølgelig manglende pasning overhovedet, gennem mange år. Så fodremmen eller stolpefodderne bliver begravet i jord, taget bliver utæt eller lader regnvand sprøjte op på eller løbe ned over bindingsværket. Det kan også være utætte træsamlingerne i facaderne, hvor vand lægger sig, osv.

Derudover har bindingsværkshusenes beboere mange steder 'kæmpet' med de meget lave lofthøjder i især de ældste huse fra før 1800. Lofthjelkerne er forsøgt hævet i takt med befolkningens stigende kropshøjder. Et problem, der jo desværre ikke bliver mindre, eller ligefrem 'løst' de kommende år.

Vi har ca. 60.000 bindingsværksbygninger i Danmark, og hvis vi lægger diverse 'grænsetilfælde' til, d.v.s. 'overpudsede' facader, grundmurede facader, hvor huset stadigvæk har de indre skillevægge samt gavlene og bagsiden i bindingsværk, eller bræddebeklædte bindingsværkshuse, opført før ca. 1930 – kommer vi måske op på ca. 80-90.000 bygninger.

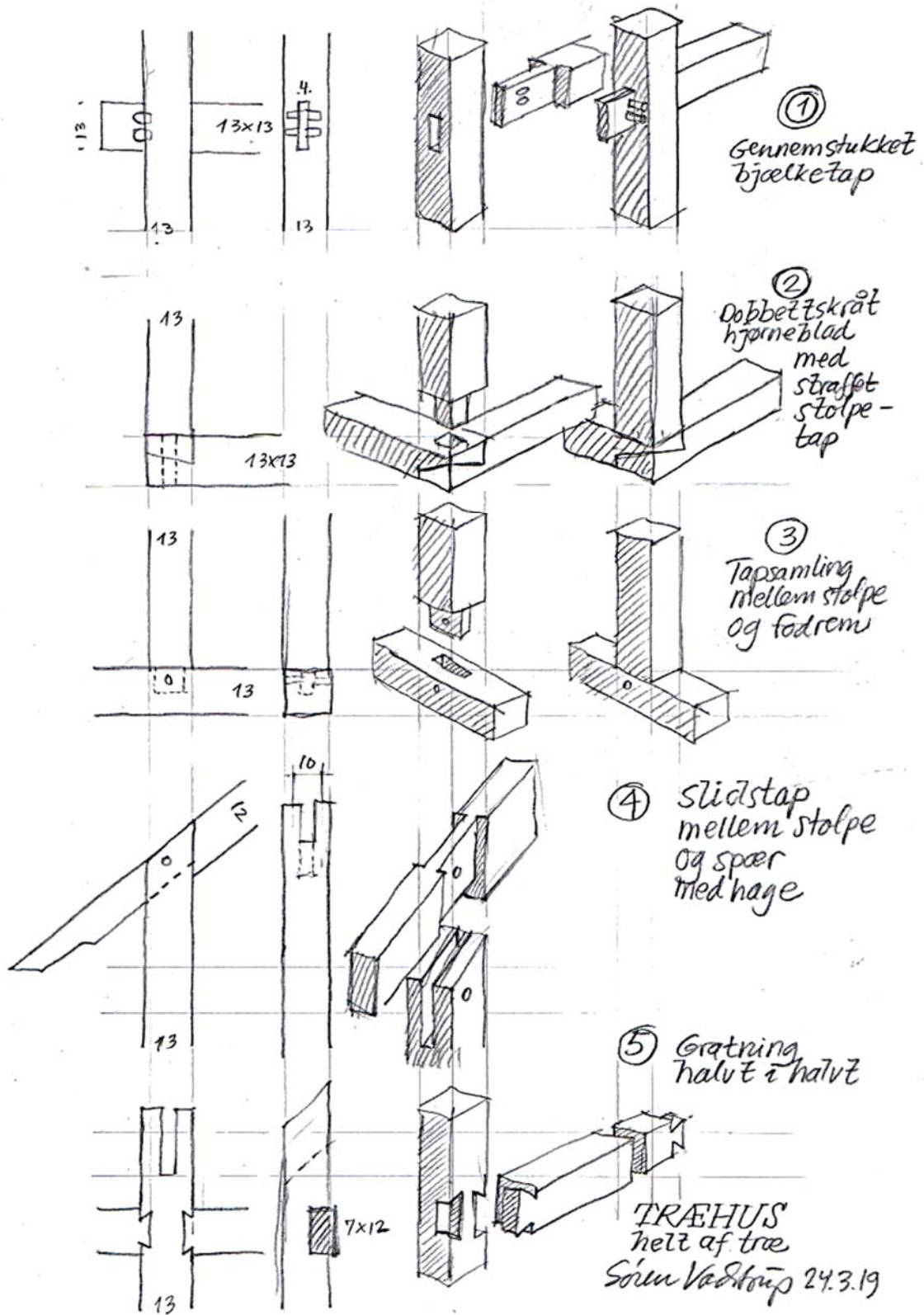
Dertil kommer at bindingsværkshuse stort set altid er meget smukke, de har karakter, sjæl og atmosfære. De falder godt ind i omgivelserne, og så repræsenterer de en *immateriel kulturarv* for vores land, der siger 'sparto' til næsten alle andre bygningstyper. Dette skal jeg vende tilbage til i en anden sammenhæng.

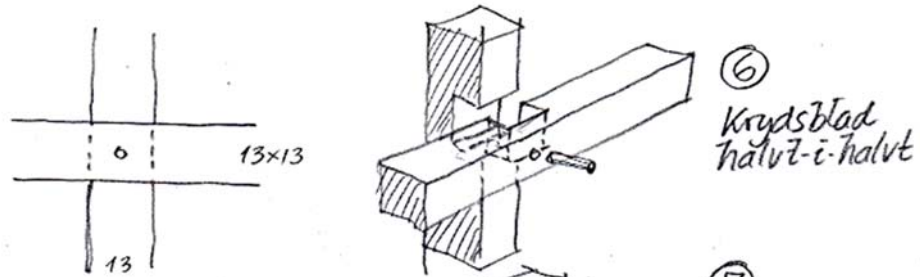


Foreløbige skitser til bulhusets udseende og konstruktion. Som en del af forsøget bliver alle elementer rettet til undervejs, så huset bliver så enkelt og bygbart som muligt – og mulige at masseproducere på CNC-maskiner, så produktionsprisen kan holdes nede.

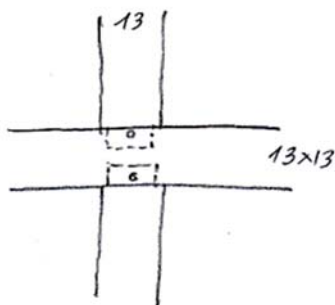


TRÆHUSE helt af træ –





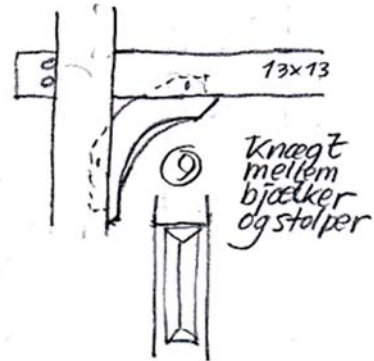
⑥ Krydsblad halv-i-halvt



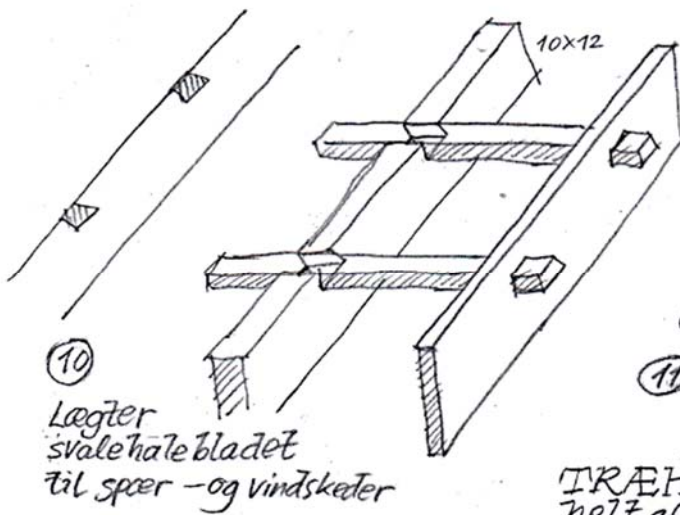
⑦ Dobbelt lodret tapsamling



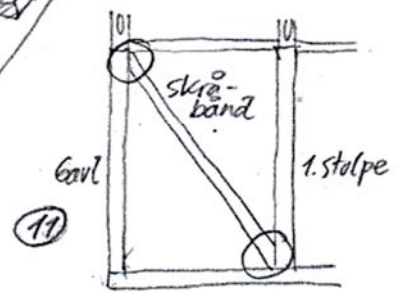
⑧ Bulplanker vandløse og vandret samling



⑨ Knægt mellem bjælker og stolper



⑩ Lægter svalehalebladet til spær- og vindskæder



⑪

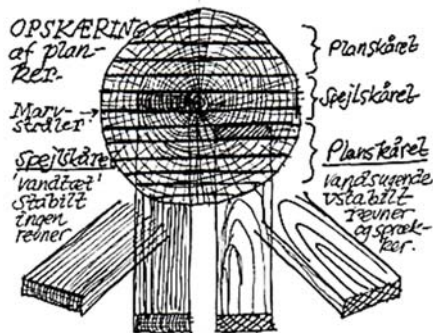
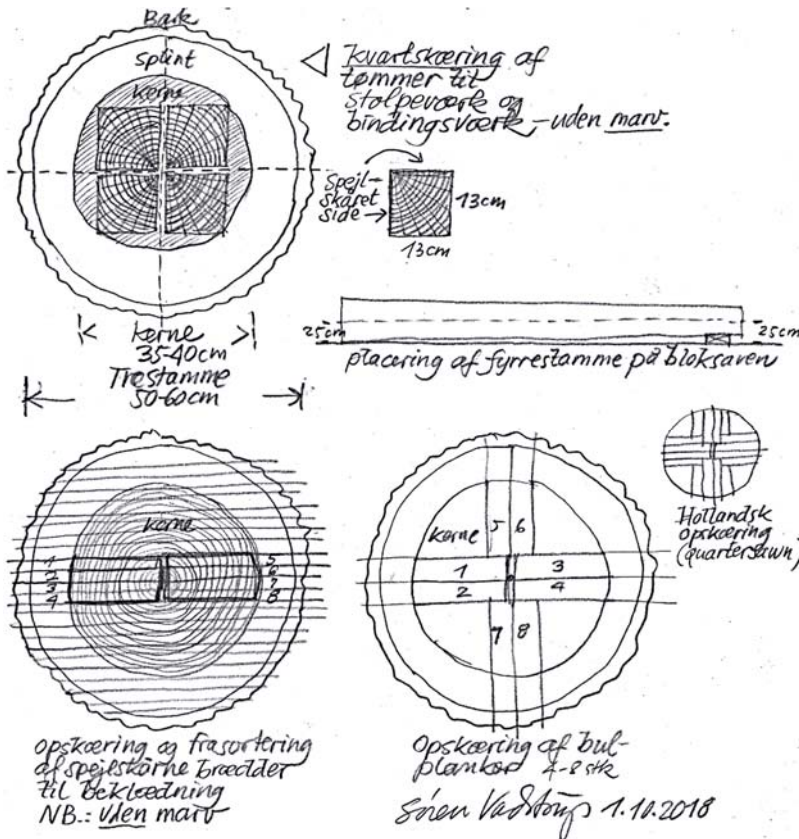
TRÆHUS helt af træ Søren Vadstrup 24.3.2019





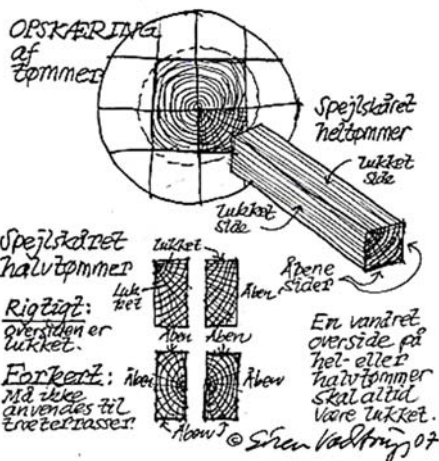
## Træhus helt af træ – krav til tømmer

- Alt træ skal være vokset og udsavet i Danmark.
- Tømmer: Kvartskåret eg eller fyr. 13 x 13 cm. Evt. halvtømmer. 100% kernetræ uden marv.
- Bulplanker: Spejlskåret eg eller fyr i størst mulig bredde, 3,4 cm tykt. 100% kernetræ uden marv
- Alt træ skal være lufttørret – men kan i dette tilfælde leveres nyopskåret og u-tørret
- Åringstæthed, knaster m.v. har ikke så stor betydning, men skal godkendes af projektholderne



### Spejlskårne brædder

I det *spejlskårne* træ har man koncentreret alle træmaterialelets bedste egenskaber. Et spejlskåret bræt er stort set vandafvisende, det er hårdt i veddet, det er utilbøjeligt til at revne og flække, det er stabilt og svinder og kvælder (udvider sig) næsten ikke, og endelig kræver det, af alle fire grunde, minimal vedligeholdelse, bl.a. i forbindelse med maling og overfladebehandling. Spejlskårne brædder kan man vende, hvordan man vil og det er idet hele taget et ideelt materiale til bræddebeklædninger.



### Planskårne brædder

Det *planskårne* træs egenskaber er på mange måder lige modsatte, og man skulle i virkeligheden ikke tro, at et spejlskåret og et planskåret bræt kom fra samme træ, får centimeter fra hinanden. Det planskårne bræt er mere vandugt, fordi marvstrålerne leder vandet ind i veddet, det er blødt, det er tilbøjeligt til at revne og flække, det er ustabil, fordi det svinder og kvælder meget og derfor kræver det uforholdsmæssigt meget vedligeholdelse.

Dette betyder dog ikke, at man *ikke* kan anvende planskårne brædder til f.eks. en udvendig bræddebeklædning. Det vigtige er her, hvordan man vender brættet i forhold til kerne/marv og barkkant/splintside.



## Beskrivelse

Huset er konstrueret som et klassisk bulhus af stolpeværk *i styrtrumskonstruktion* – let kendelig på de gennemstukne, forkilede bjælketappe i langsidernes stolper – og indvendigt på spærføddernes højde over bjælkelaget, fra gammel tid kaldt 'styrtrummet'. Oprindeligt har styrtrumshusene haft indvendige knægte mellem stolper og bjælker, for tværstivhedens skyld, så de skal på igen. Hjørnestolperne er der ikke meget tværstivhed i, for de er for neden stukket i gennem fodremmens hjørne-bladsamling, for at læse denne. De stives dog af af skråbånd for oven.

*Styrtrumshuset* har meget dybe rødder i dansk bindingsværk. Det udgør den bærende 'kerne' i højremshuset, der udviklet og tilpasset til bronzealderens og jernalderens 'vandrende landsbyer'. I cirka hver 3. generation var man tvunget til at flytte hele landsbyen med dens huse, mennesker og dyr nogle få hundrede meter, for at kunne opdyrke den godt gødede jord, som husene og landsbyen havde ligget på i 75-150 år. Derfor skulle alle husene kunne skilles ad og flyttes med. Og det skulle kunne ske enkelt, let og hurtigt. Omkring 1000 bliver landsbyerne imidlertid 'stedfaste', og 400-600 år senere opstår 'styrtrumshuset' i takt med at man, for at få dagslys fra vinduer ind i rummene fra syd, gradvist nedlægger højremshusenes lave 'udskud', først i sydsiden, senere også mod nord.

Øverst er spærene i denne bygning slidset gennem bjælkerne, med en 'låsehæl' som forsats. Denne løsning er valgt for at kunne føre spærene direkte ud i bygningens udhæng. På langs er der, lige under spærfødderne, anbragt vandrette 'låsholte' mellem stolperne, der er gratet på.

Ydervæggens bulplanker er sat ned i en not i siden af stolperne, og for at kunne få plankerne ind og ud, bliver de låst med en 'trapez-lås', der kendes fra det færøske hus. Bulplankerne har runde over- og underkanter, så regnvandet ikke lægger sig, og så man kan 'presse' plankerne meget tæt sammen, inden trapez-låsen lægges i. På langsiderne, hvor der ikke sidder vinduer, kan bulplankerne 'bare' stoppes ned for oven, hvorved et eventuelt samlet svind giver sig udslag i en 'revne' under tagskægget, hvor der alligevel skal ventileres.

Bulplankerne i facaderne kan udskiftes med en dør eller vinduer, sat direkte i sidenoten på stolperne, der er omdannet til en fals. Døren er en revledør med gratede revler, og hængslet med et pinolhængsel. Vinduerne er udført med trukket glas i kitfals og sammendrylede rammer. Disse er 'tophængte' med pinolhængsler i siden.

Taglæggerne er skrammet ned i tilsvarende hakker i spærenes overside. Læggerne kan evt. yderligere trængles på. Læggerne 'låses' herudover gennem borede huller i vindskederne – som det bl.a. ses på Bornholmske bindingsværkshuse, eller vindskederne holdes af læggerne. Gavlens husbrand er også et lån fra bl.a. Bornholm.

Taget kan være et stråtag som vist. Det kan også lægges med tagsten, græstørv eller brædder og pap – evt. brædder på klink, spån eller zink. I første omgang bygges huset uden tagmateriale.

### *Dimensioner*

Stolper, fodrem og bjælker er udført i 13 x 13 cm kvartskåret tømmer – der kan være eg, fyr eller andet. Tømmeret må ikke indeholde marv, der 'tiltrækker' skadelige og skæmmende svindrevner. Den spejlskårne side, eller sider, vendes udad, hvilket også vil give en meget smuk og karakteristisk åretegning i tømmeret.

Bulplankerne er udført af spejlskårne og marvskårne planker på 34 mm tykkelse. De sættes i noten i stolperne med en forskudt fer, så ydersiden er trukket ca. 1 cm tilbage fra stolperne. Bulplankerne kan være af ege, fyr, douglas eller såkaldte 'kalmarbrædder', med en bredde på ca. 35 cm. Der udføres en lille 'U-ryg' på overkanterne, der modsvares af en 'U-grube' langs underkanterne.

Spærene udføres af 12 x 10 cm almindeligt tømmer, formentlig halvtømmer. Det samme gælder de pågratede 'låsholte'.

Huset kan isoleres i ydervæggene med 15 cm træfiberisolering – uden platikdampspærre – som vist på tegningen.



## Gennemførelse

Selve byggeprojektet gennemføres som nævnt af elever på Bygningsnedkerskolen på NEXT-Uddannelse, København (tidl. Københavns Tekniske Skole). Der vil sideløbende og på samme sted blive bygget et træhus i massivtræ (CLT), så vi også får nogenlunde sammenlignelige erfaringer med byggetid, proces, materialeforbrug og priser.

Byggeriet finder herefter sted på Teknisk Skole fra den 25. april til den 16. maj med Jens Kjartan Mogensen som projektleder, i samarbejde med faglærerne Jørgen Richter, Mikkel Roskjær Andersen og Karsten Birk. Fra Kunstakademiets Arkitektskole deltager lektor Søren Vadstrup og endvidere phd-studerende Søren Bak Andersen i projektet.

Den 26. april 2019 afholder vi på Arkitektskolen på Holmen en teoretisk del om træ, historiske træhuse og træteknologi, generelt om bæredygtighed for bygninger og byggeri, ideen, baggrunden og forløbet for begge byggeprojekter samt besigtigelse af en række historiske træhuse, bl.a. 'kanonbådsskurene', masteskurene og Kystradiostationen OXA.

Se nærmere program i særlig folder.

## Andre aktører

'Netværk for Bindingsværk' har som medlemmer en række meget kompetente, udøvende håndværkere, der til dagligt arbejder med at bevare og istandsætte bindingsværk, og arbejder herunder også med nybyggeri i 'stolpeværk'. Disse vil blive inddraget i projektet, nu eller senere.

Center for Bygningsbevaring i Raadvad vil i lighed med Kunstakademiets Arkitektskole levere historisk og træteknologisk videns- og forskningsmæssig input til projektet. Ikke mindst fordi dette forventes at blive formidlet og videreført på forskellig måde i fremtiden. NEXT-Uddannelse København vil eksempelvis også udgive en bog om projektet.

Den 16. maj forventer vi selvsagt at invitere diverse relevante partnere til et (foreløbigt) afslutningsarrangement (Rejsegilde).



Studerende på Arkitektskolen i København (Kulturarv, Transformation og Restaurering) byggede et stolpeværkshus med træsamlinger som skoleopgave på kajkanten på Holmen i 2012. De 5 træsamlinger, der indgår i bygningen, er 'kopieret' fra et historisk bindingsværkshus på Fyn, bl.a. den meget specielle hjørnesamling, der ses på fotografiet ovenfor side 5. Den færdige bygning er konstrueret som en frisisk 'Haubarg', bestående af en høj 'firkant' af træ i midten.



## Nye bæredygtige huse af træ træ

De to mest brugte konstruktioner til træhuse i dag er enten 'sandwich-konstruktioner' opbygget af 'lægte-konstruktioner', samlet med jernbolte, søm- og skruebeslag, og beklædt med maskinsømmede brædder eller krydsfiner, der plastikmales. Eller det kan være isolerede massivtræs-sandwich-konstruktioner, såkaldt CLT-konstruktioner (Cross-Laminated-Timber), der også samles med metalbeslag og har et ukritisk forhold til selve trækvaliteten og retningen på træets opskæring.

Vi ved allerede at træhuse, bygget af lægtekonstruktioner, samlet med beslag og isoleret med mineraluld og dampspærre, holder i maksimum 50 - 60 år. CLT-konstruktionerne er så nye, at vi ikke har tilsvarende erfaringer med disse.

Rent historisk har vi mange meget gamle stolpeværks- og bindingsværkshuse, der er beklædt med udvendige brædder, sømmed på med søm af jern, f.eks. de 212 år gamle Kanonbådsskure og maste-skure m.v. på Holmen i København, eller originale bræddegavle på sjællandske landhuse fra 1700-tallet – så en udvendig, sømmed bræddebeklædning, har helt klart bevist, at den er holdbar og bæredygtig. Alligevel vil vi i dette 'første' eksperiment-hus stille os selv den udfordring, at opføre et træhus *helt af træ*.

## Undervisning

Den teoretiske undervisning leveres af Arkitektskolen, bl.a. i

- Historisk træteknologi og materialelære
- Stilhistorie – ud og se på træ- og bindingsværkshuse
- Holdbarhed, levetider og bæredygtighed
- Træsamlinger – nye og 'gamle'
- Konstruktiv træbeskyttelse og –teknologi
- Savværkerne – selektiv opskæring'
- Maling og overfladebehandling
- Isolering og dampspærre
- Vinduer af træ – konstruktioner, holdbarhed, energiforhold, historik

Den håndværksmæssige undervisning forestås af faglærerne på Teknisk Skole.

## Litteratur

Vadstrup, Søren: [Vedvarende holdbarhed. Bæredygtighed og cirkulær økonomi for bygninger](#) (2018)

Vadstrup, Søren: NOTAT om Træ, brædder og tømmer til bæredygtigt nybyggeri af træ samt reparation og restaurering af historiske træbygninger. 21.2.2018

Vadstrup, Søren: [Bindingsværk – før nu og i fremtiden](#). TRÆ-16. Byggeri-energi-miljø. Tidsskrift for Træsektionen under Dansk Byggeri. Juni 2017. Side 22-32.

Vadstrup, Søren: *Træbeklædning. Historie og vedligeholdelse*. Landsforeningen By og Land, 2000

Vadstrup, Søren: *Gode råd om maling med traditionelle malingstyper*. Raadvad-Centeret 2000

## EFTERSKRIFT:

**Studyhouse in Wood #1** er *Bulladen i Tyrstrup* i Sønderjylland, der nu har stået på samme sted med sit ubehandlede, spejlskårede egetræ i 351 år, idet den er opført i 1668.

**Studyhouse in Wood #2** er det efter brand nyopførte *Svinkløv Badehotel*, hvor underetagen, efter oplæg fra Søren Vadstrup er udført i stolpeværk med træsamlinger, uden sømbeslag, isoleret med træfiberisolering uden plastikdampspærre og forsynet med trævinduer med kitfals, uden udvendige termoruder. Dette kan åbenbart lade sig gøre i en ny bygning af træ i 2018-19.

*Stolpeværk* er et "nyopfundet" navn - for at adskille denne konstruktion sprogligt fra 'traditionelle bindingsværkshuse', selv om det stort set er det samme, rent konstruktivt.