

Søren Vadstrup

Manifest TRÆHUSE – med vedvarende holdbarhed



Fynsk træhus på 280 år – *opført af eg, elm, fyr og gran, samlet med træsamlinger, uden jern*



Forskningsprojektet FORAN - Forandring og Forankring 2018 - 2022

Del-projekt 3: Håndværket i Centrum

Forskningsspørgsmål:

1. Hvordan kan ny viden om **god og dårlig praksis** indenfor gamle og nye byggematerialer, bygningskonstruktioner og håndværksmetoder bevare og udvikle vores bygningskultur.
 1. **Det danske bindingsværkshus – før, nu og i fremtiden**
 2. **Nye træhuse, helt af træ – med vedvarende holdbarhed**
 3. **Den nordiske træ- og bindingsværksby**
2. Hvordan kan ny historisk, kulturhistorisk og teknisk viden om de danske **arkitekturstilarter og egnsbyggeskik** bevare og udvikle vores bygningskultur.
3. Hvordan kan ny historisk, kulturhistorisk og teknisk viden om de **danske bygningshåndværk** medvirke til at bevare og udvikle disse – samt vores bygningskultur.
4. Etablere og afprøve et samarbejde mellem de **praktiske og de akademiske uddannelser** indenfor byggeriet. D.v.s. mellem KTR og de tekniske skoler indenfor murer, tømrer, snedker og maler
5. Videreudvikle undersøgelsesmetoder for bygninger, byer og bebyggelser, herunder Bygningskulturens og Håndværkets **Immaterielle Kulturarv**.



Forskningsmetode

1 Videns indsamling, state of the art

Primært via studier af bygninger, der er ældre end 1960. Endvidere fra bøger og andre arkivalske kilder, gamle tegninger mm, genstande på museer.

2 Forsøg

Forsøg med konkrete udførelser af rekonstruktioner af vidensindsamlings-fasen. Bl.a. 1:1 rekonstruktioner af dele af bygninger, håndværksmetoder og opskrifter.

3 Tværfaglighed

Både videns-indsamlingen og forsøgene gennemføres i et tværfagligt og internationalt samarbejde, arkitekter, håndværkere, konservatorer, bygningskonstruktører og ingeniører m.fl.

4 Forsknings-papirer

Videns-indsamlingen og de praktiske forsøg bliver samlet i en række *Forsknings-papirer*, der lægges ud på internettet (www.bevardithus.dk og <https://adk.elsevierpure.com/>), så alle kan læse, kommentere og rette.

5 Formidling gennem Forelæsninger, Seminarer, Fagbøger mm.

Formidlingen af mine forskningsresultater sker hovedsagelig gennem udgivelse af Fagbøger på danske forlag, bl.a. Lindhardt & Ringhof. Endvidere konkrete Anvisninger hos bl.a. Center for Bygningsbevaring m.fl.

Forskningsresultaterne og herunder ovennævnte *Forsknings-papirer* benyttes også i min undervisning, på Arkitektskolerne, kurser, seminarer og konferencer samt foredrag.



Det danske bindingsværkshus – før, nu og i fremtiden 2018 - 2021.

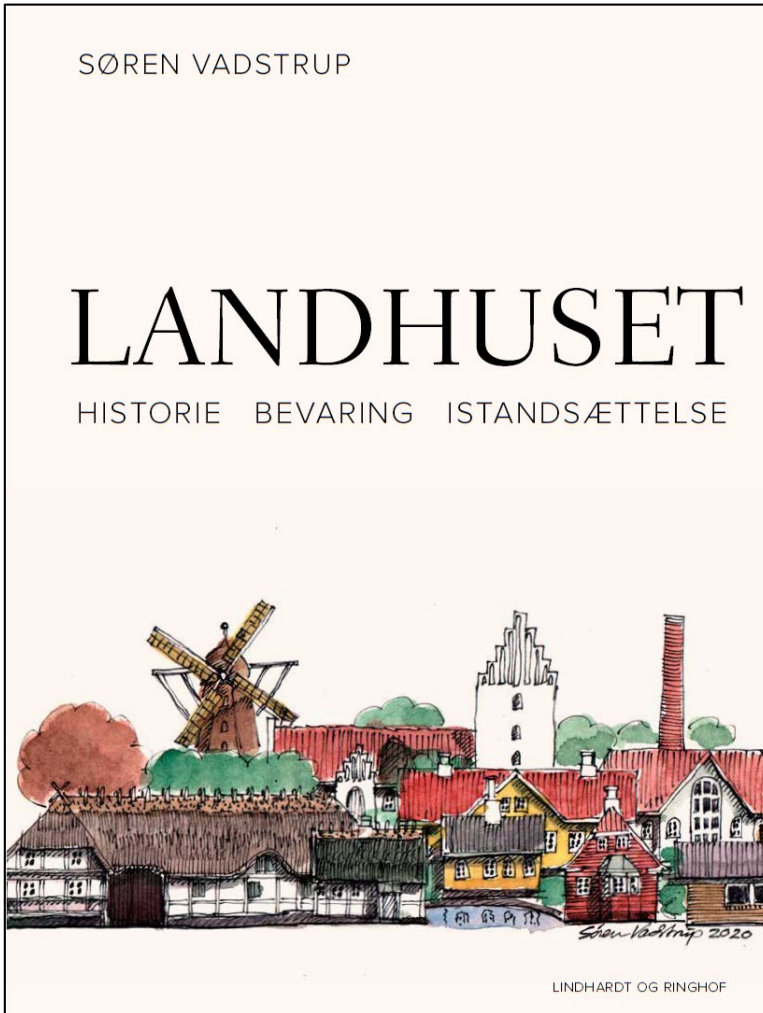
1. *LANDHUSET – historie og vedligeholdelse*. Lindhardt & Ringhof, København 2020
2. *MIT BINDINGSVÆRKSHUS. En håndbog i vedligeholdelse, istandsættelse og energiforbedring af bindingsværkshuse i Danmark*. Netværk for Bindingsværk. København 2020
3. *HUSE I FARVER*. Forlaget BookLab. Skanderborg, 2021
4. *'Hurl Place' The intangible heritage of the timber-framed farmhouse* (I: Harlang m.fl. (red.): 'Hands On – the Value of Building Culture'). København, 2020. side 48 – 62.
5. *Styrtrumshuset Det danske landbindingsværkshus immaterielle kulturarv*
<https://www.bevardithus.dk/wp-content/uploads/Styrtrumshuset-ny-1.pdf>
6. *Det sjællandske landbindingsværkshus* (I: Brandt, Troels m.fl. red.: Naturpark Mølleåen – Geologi, natur og historie omkring Øvre Mølleå). Naturpark Mølleåens Venner, Farum 2020.
7. *Bindingsværk og kropsmål*.
<https://www.bevardithus.dk/wp-content/uploads/Kropsm%C3%A5l-19.08.20-sv.pdf>

Nye træhuse – helt af TRÆ med vedvarende holdbarhed 2018 – 2022.

8. *Projektrapport:*
<https://www.bevardithus.dk/wp-content/uploads/Nye-traehuse-helt-af-trae-dec-2021-Kopi.pdf>

Søren Vadstrup: MANIFEST for træhuse – med vedvarende holdbarhed

Formidling

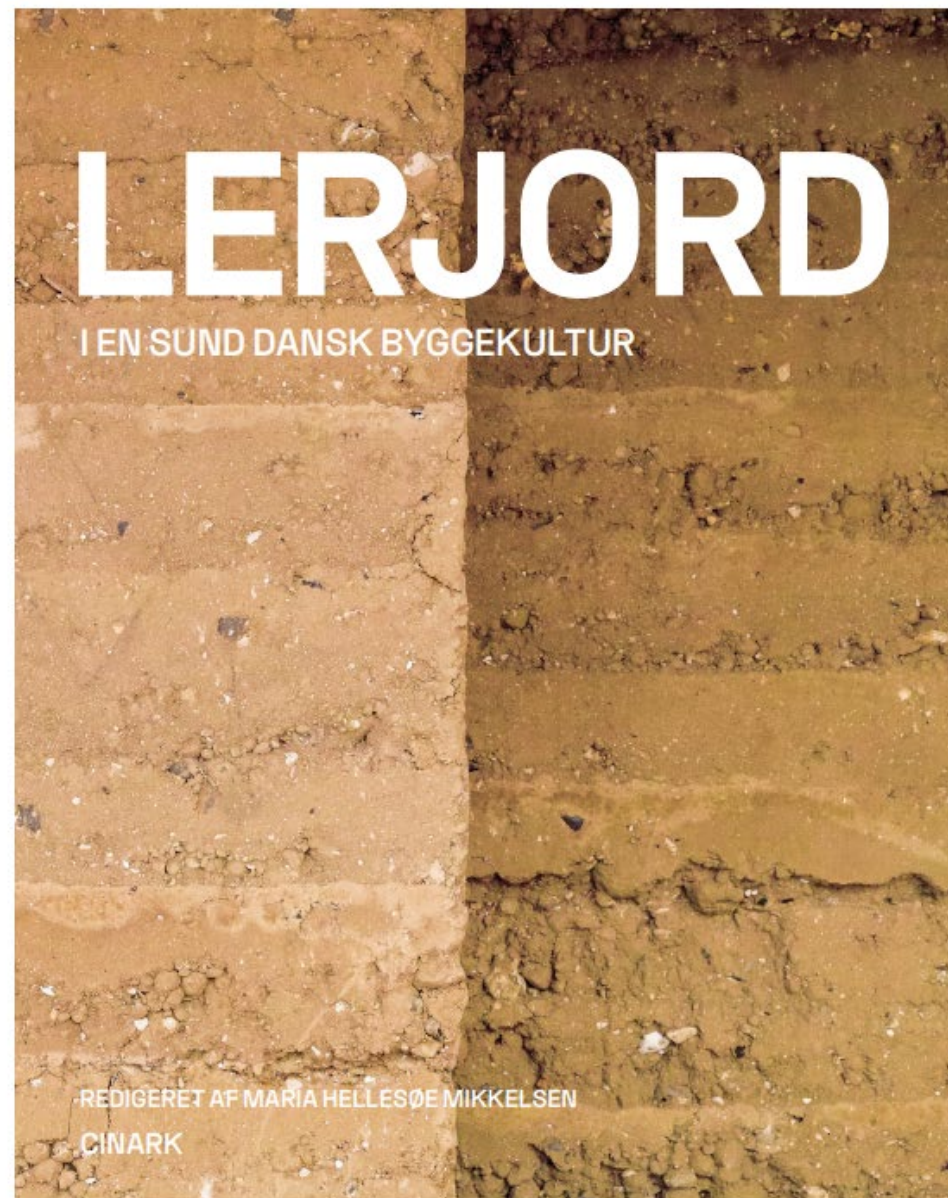




LERJORD

I EN SUND DANSK BYGGEKULTUR

CINARK



LERJORD

I EN SUND DANSK BYGGEKULTUR

REDIGERET AF MARIA HELLESØE MIKKELSEN

CINARK

Udkommer den 22. november 2022 på CINARK



Det Kongelige Akademi

Center for Bæredygtig Bygningskultur

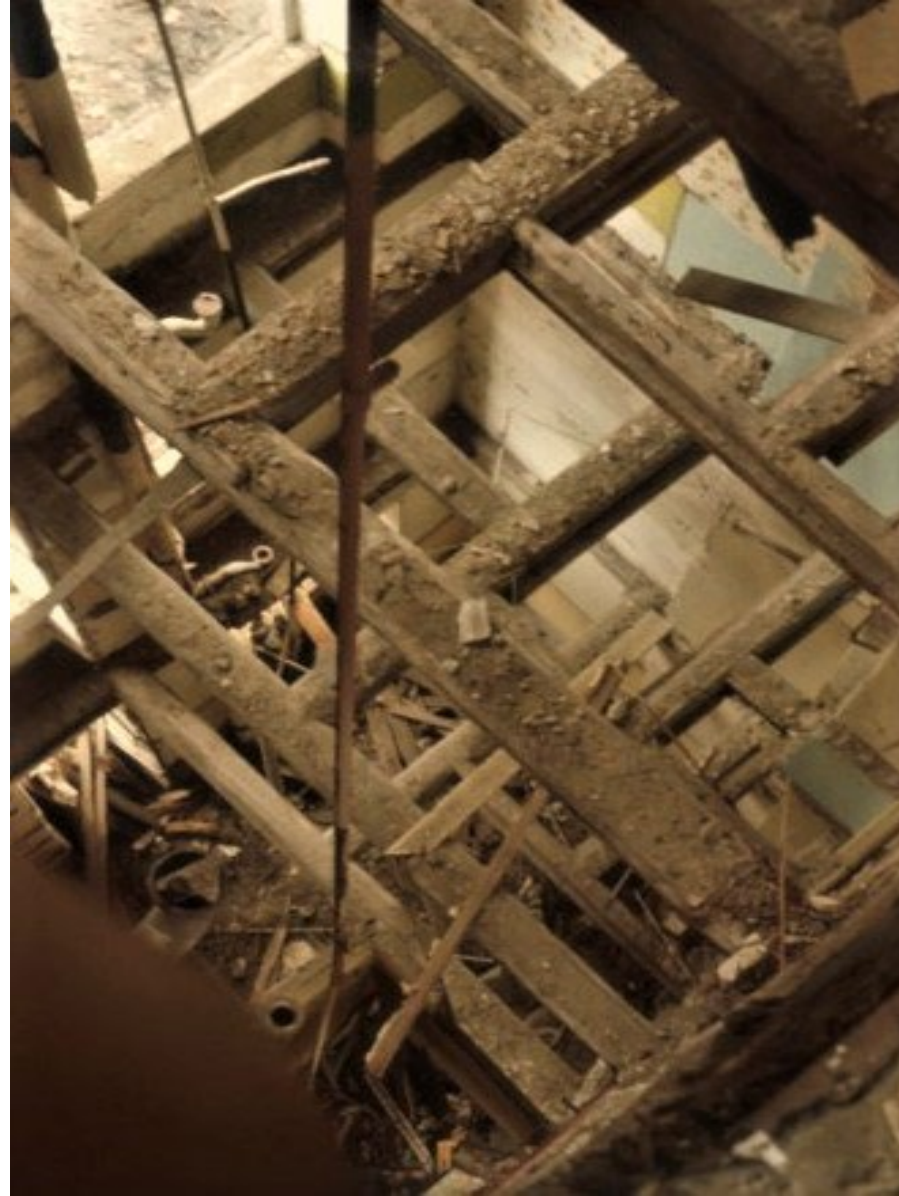


Hvad er et træhus?

En bygning hvor de bærende konstruktioner er af træ, fremstillet af tømrere – og med anvendelse af tømmer samlinger. F.eks.:

- Lafte- eller stavbygninger
- En bindingsværksbygning med tavl af træ, ler, murværk eller andet.
- Somme tider også en bindingsværksbygning eller en bygning med andre trækonstruktioner, **beklædt med træ**.
- En bærende bindingsværkskonstruktion, hvor to af siderne er i murværk.
- Helt åbne trækonstruktioner, f.eks. klokkestabler.

Hvad er et træhus ?



Eksempler på historiske træbygninger i Danmark

- **Klokeestabler** (5 stk. middelalderlige), Sønderjylland, Lolland og Slesvig
1350-erne – de indvendige konstruktioner af egetræ
- **Bulhuse** (5 stk) (Bindingsværk med vandrette bulplanker mellem tømmerstolperne)
Kendes fra jernalder og vikingetid, middelalder og renæssance.
Blev forbudt af kongen i 1530-erne
Der er kun ca. 5 tilbage i Danmark.
På Gotland ligger der over 700, de fleste beboede
- **Bindingsværk** med lertavl eller murede tavl.
Ifgl. BBR: **57.000 bindingsværkshuse** ≈ 60.000 stk.
Vi har 10 forskellige konstruktioner i Danmark, 5 i byerne og 5 på landet.
Forskel på Øst- og Vestdanmark
Det ældste bybindingsværkshus er fra 1427 og de yngste landhuse er fra 1870 (+ 1915 – 1945).
- **Bræddebeklædt bindingsværk**
Vallekilde Højskole 1856, derefter i landbruget, havne, træladere, sommerhuse 1900 –
Bræddebeklædninger: Christiansfeld 1770-erne, Grønland 1740-erne,
- **Murede huse** med indvendige træ- og bindingsværks-konstruktioner
'Ildebrandshuse' i Kbh. 1730-erne, 2-3-etager (Gråbrødre Torv m.fl.), boligetagehuse 1850-erne





*Der er bevaret 55-60 renæssancebindingsværkshuse (1530 – 1660).
Her: Storegade 13 i Randers, 'Borgmester Jens Jensens gård'
De 10 fag mod syd fra 1643. De tre nordligste er fra 1741.*



Træhusenes alder i Danmark

Bulhuse: **350 - 450** år

Bybindingsværk: **160 - 450** år

Landbindingsværkshuse: **150 - 300** år.

Nationalromantik 1915 – 1945: Generelt med dårlig holdbarhed.

Vedvarende Holdbarhed

Da meget få af disse danske træhuse på 250-300 år er i direkte fare for at gå til af råd mm, kan det ud fra studier af disse påvises, at de dels **har** holdt meget længe, men at de korrekt vedligeholdt, **kan** holde lige så længe endnu.

Et fænomen, som jeg har døbt: ***Vedvarende Holdbarhed***

Tilsvarende: Vedvarende energi





Træhusenes alder i Danmark

Bulhuse: **350 - 450 år**

Bybindingsværk: **160 - 450 år**

Landbindingsværkshuse: **150 - 300 år.**

Nationalromantik 1915 – 1945: Generelt med dårlig holdbarhed.

Vedvarende holdbarhed

*Forskningsprojektet viser, at de træ- og bindingsværkshuse, der **ikke** har holdt i 250 – 300 år, eller som i dag er i meget dårlig stand med råd og svamp i tømmeret, har været **vedligeholdt med forkerte/uhensigtsmæssige materialer.** Så enkelt er det.*

÷ *diffusionsåbne materialer som plastikmaling (både træ og mur), cement (fuger og puds), gummifugemasser, sømbeslag/skruebeslag.*





De nordiske, historiske træ- og bindingsværksbyer

Det nordiske træstadsprojekt 1969 – 1972:

161 nordiske træbyer

Sverige, Norge, Finland, Island Færøerne

Den nordiske, historiske træ- og bindingsværksby 2015 -

Sverige, Norge, Finland, Danmark (www.nordisktreby.org)

Seminarer hvert år på skift i de nordiske lande.

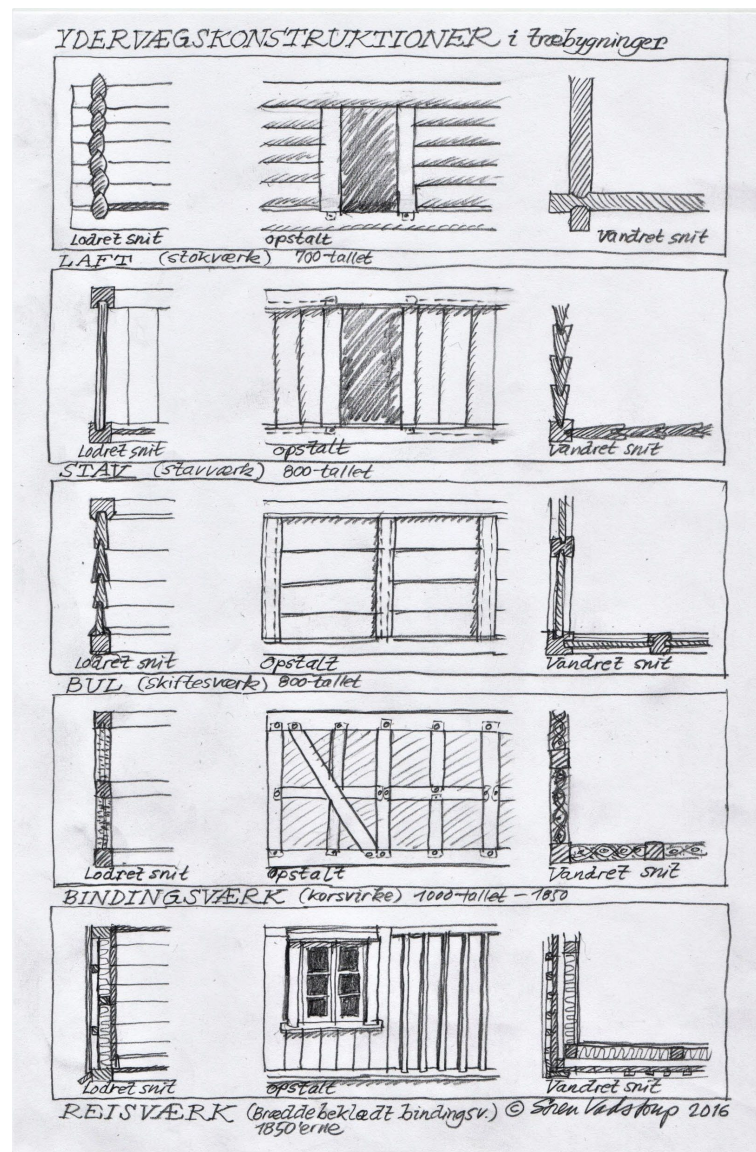
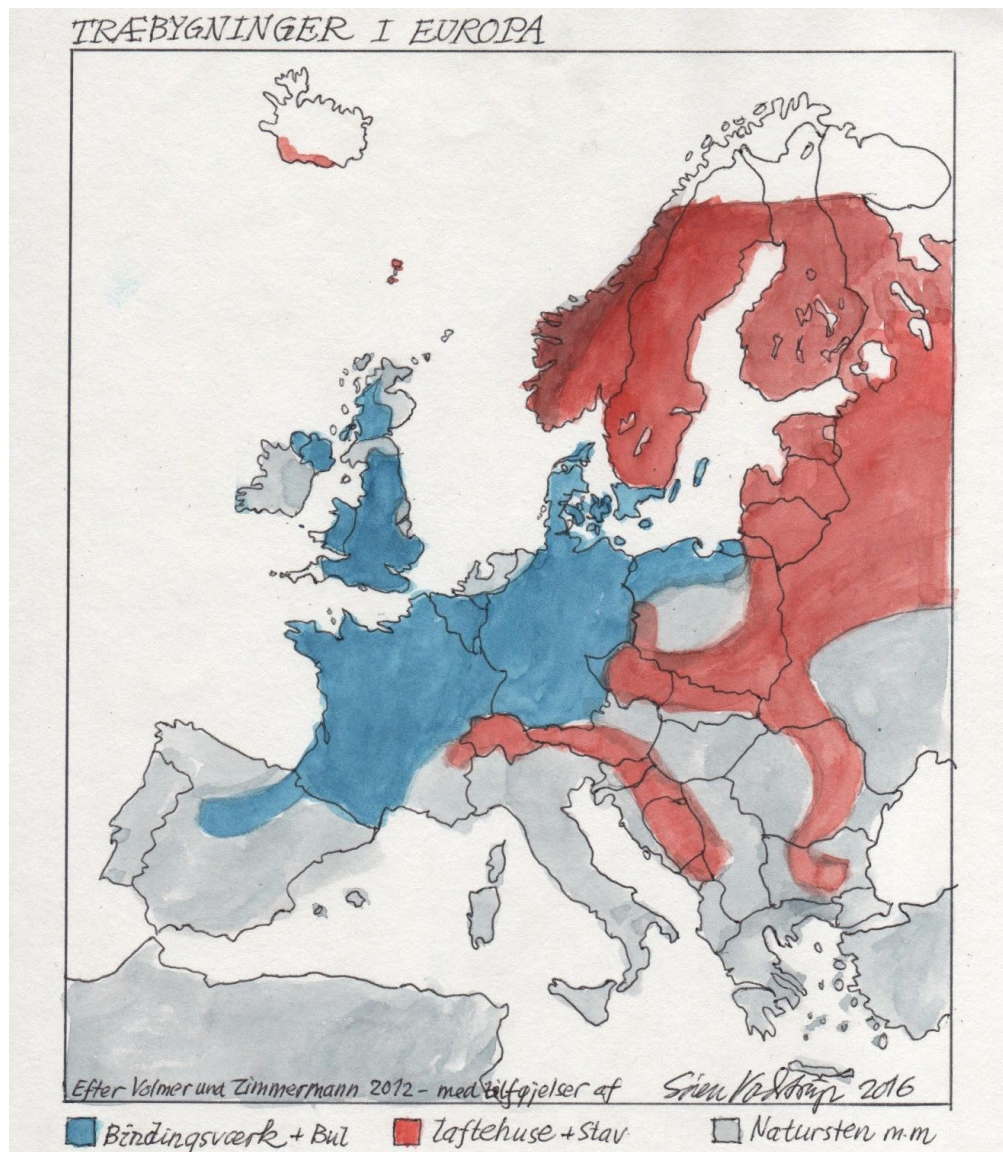
1. Levende byplaner med gader, stræder, torve og parker
2. Levende gårdsrum med husenes bagsider, med stalde, pakhouse, boliger og vognporte (garager)
3. God skala – m.h.t. huse, gader og vejbredder
4. Bilerne færdes på de gåendes betingelser
5. Gode og sunde boliger med godt indeklima
6. Solid og gennemprøvet byggeteknik – så husene holder længe
7. Bygningerne kan repareres med kvalitative metoder
8. Lokale materialer og lokale håndværkere
9. Tidstypiske og smukke farver (jordfarveskalaen)
10. Attraktiv arkitektur

<https://www.nordisktreby.org/manifest>



Søren Vadstrup: MANIFEST for træhuse – med vedvarende holdbarhed

De nordiske, historiske træ- og bindingsværksbyer



Søren Vadstrup: MANIFEST for træhuse – med vedvarende holdbarhed

Nordisk Træstads-konference i Helsingør



***Den nordiske
historiske træ- og
bindingsværksby
november 2021***

Praktik på byens
bindingsværkshuse

Instruktører:
12 Arkitektstuderende
fra KTR.



Netværk for bindingsværk

Et netværk for danske byer, landsbyer og husejere med bindingsværkshuse
Samt håndværkere, arkitekter, rådgivere, fagskoler og kommuner

2 netværksmøder om året
i forskellige landsdele

6 Kurser for 'Bindingsværks-
håndværkere': tømrer, murer, maler

Foredrag af håndværkere, producenter
arkitekter, husejere m.fl.

Ekskursioner og busture

Byggepladsbesøg

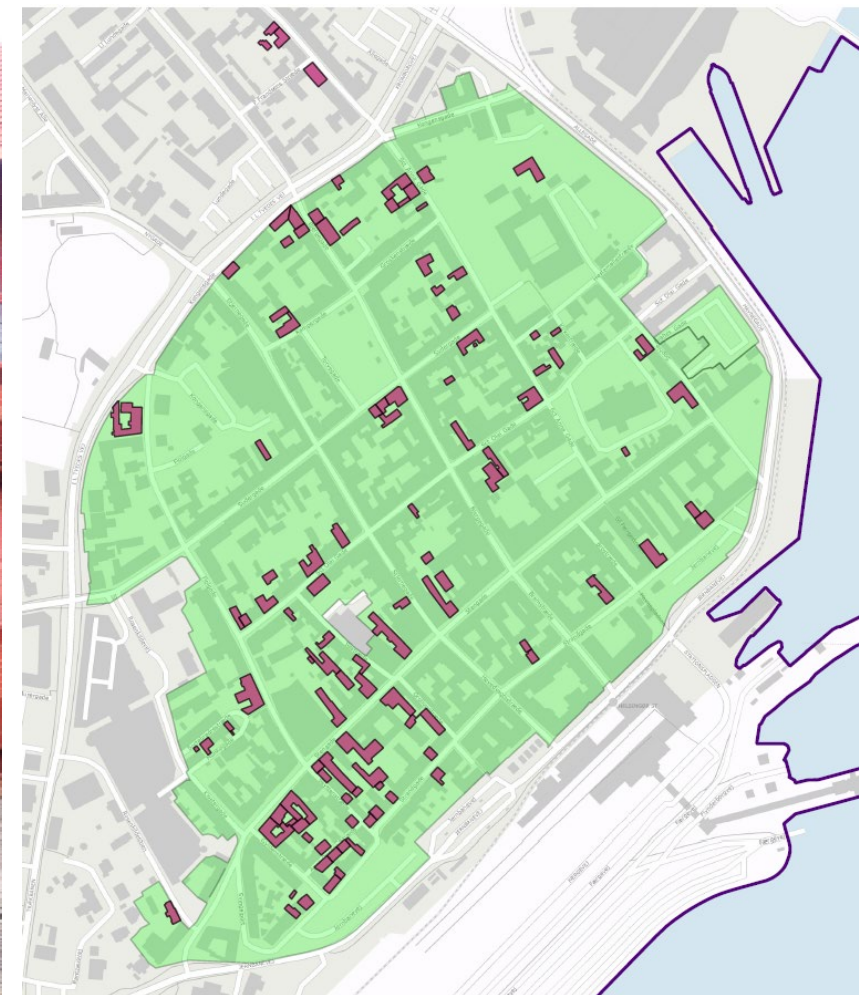
Diskussioner

Ideudveksling

Bøger og publikationer

Hjemmeside:

www.netvaerkforbindingsvaerk.dk





TRÆ og CO₂

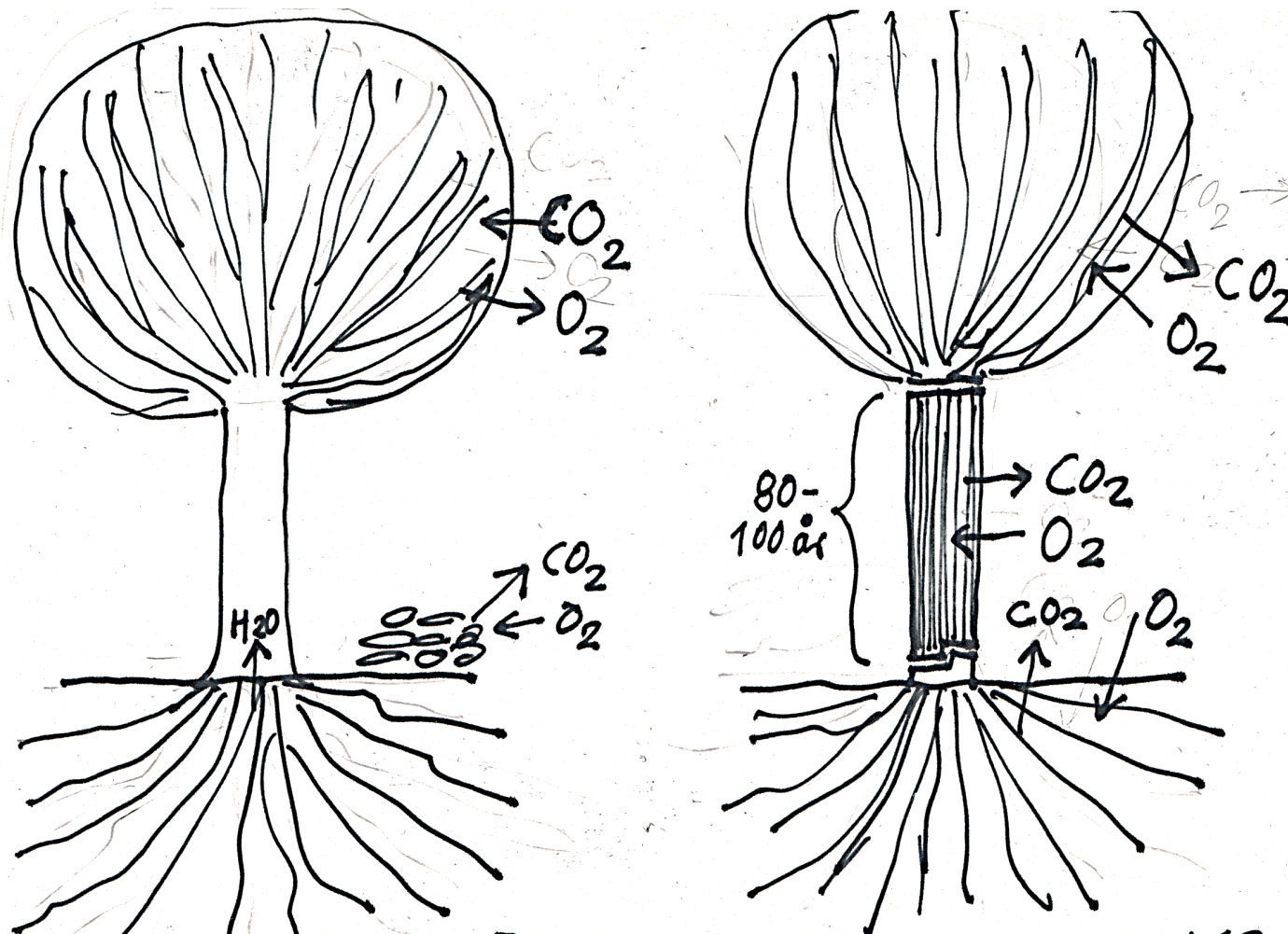
MYTER:

- *Træ er det mest bæredygtige byggemateriale vi har.*
- *Vi skal bare bygge i træ, så bliver bygningerne automatisk bæredygtige.*
- *Og hvis vi oven i købet planter nye træer, for dem vi fælder, gavner byggeriet også klimaet positivt.*
- *Så får vi både en masse nyt træ, at bygge med, og træerne producerer ilt til jordens atmosfære.*

Baggrunden er at træernes blade optager CO₂ og producerer O₂, når de dannes og vokser (fotosyntese).

Men når bladene falder ned og træet rådner eller brændes af udleder det CO₂ og bruger O₂, så går regnestykket den modsatte vej.

TRÆ og CO₂



Et træ's livscyklus i naturen Søren Vadstrup 22



Forskningsresultater

Træ og CO₂

- Store træer, der er over 60-80 år, lagrer mest CO₂ i træets levetid – mindre træer og buske langt mindre.
- Så først efter 60-80 år er træets *CO₂-balance* i **plus** – og det er nu fældningsmodent.
- Derfor skal man benytte *store træer*, der er 60 – 80 år gamle til at bygge træhuse (i Finland 80-100 år)
- Hvis en træbygning nedrives *før* den er 60-80 år gammel – belaster træet i denne CO₂-balancen
- Men jo længere bygningen holder og bruges – ud over de 60 - 80 år – jo mere går CO₂-balancen *i plus* – og først her kan man tale om en *bæredygtig bygning*

Hvis man planter nye træer – går der 60-80 år før de får positiv betydning for jordens atmosfære



Forskningsresultater

TRÆ og CO₂

Bygninger og bæredygtighed

- **Lang holdbarhed** er den vigtigste faktor for at man kan kalde bygninger af træ *bæredygtige*, specielt i forhold til jordens CO₂-balance.
- Og det vil sige en holdbarhed på **mindst 60-80 år** – gerne mere, f.eks. **vedvarende holdbarhed**.

Derfor er **eksisterende bygninger**, der er over 60-80 år, og indeholder meget træ,
- herunder også murede huse med bjælker, gulve, tagværker osv. af træ
– per definition **bæredygtige**



Forskningsresultater

TRÆ og CO₂

Bygninger og bæredygtighed

Det mest bæredygtige, miljøvenlige og fornuftige vi som lande, byer, byggebranche og borgere kan gøre er derfor at sørge for at de **bygninger**, vi omgiver os med, opfylder de 3 L'er:

- **L**ang holdbarhed (vedvarende)
 - hvilket sparer CO₂, naturressourcer og byggeaffald – fremfor kort holdbarhed
- **L**agring af CO₂ – bl.a. ved at bevare eksisterende bygningstræ, rudeglas, mursten, stål og beton
- **L**øbende vedligeholdelse – med de klassiske materialer og metoder

Bemærk at ingen af disse tre krav medfører begrænsninger eller afsavn i vores hverdag som mennesker.

Hvad så med ældre huses (store) energiforbrug?

Det er en udbredt myte, at ældre bygninger er meget store forbrugere af energi og udledere af CO₂.

Men det er ikke de ældre bygninger – i sig selv – der har et højt energiforbrug.

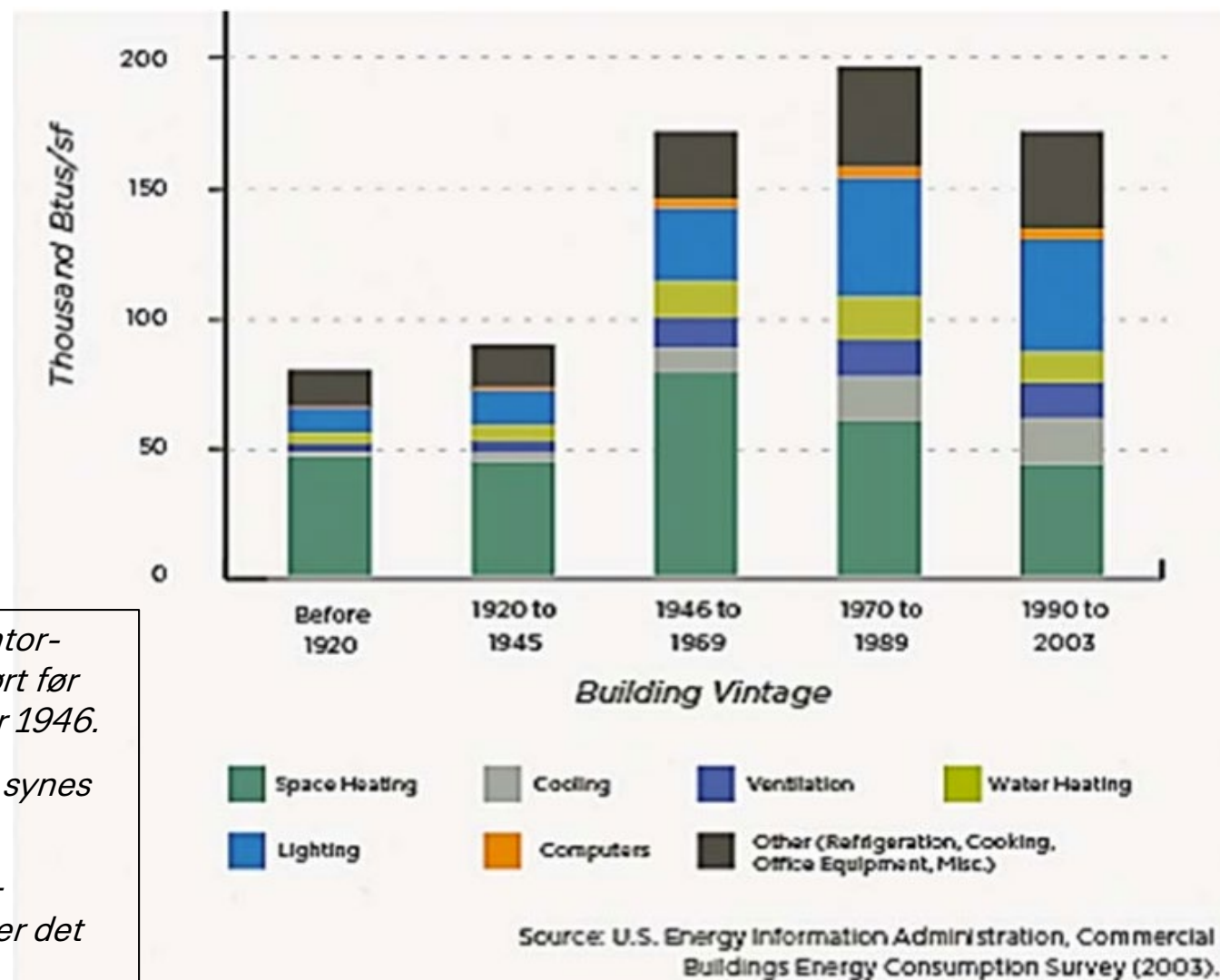
Det er beboernes konkrete brug og adfærd.

Bygningen betyder relativt lidt, og det ses næsten altid, at når ældre bygninger bliver energiforbedret – at så stiger det målte energiforbrug i disse.

*Det **målte / faktiske** energiforbrug i 2003 i en række testede kontor-ejendomme i USA - efter alder. Som det ses har bygningerne opført før 1945 et betydeligt lavere energiforbrug end bygninger opført efter 1946.*

Mest markant er elforbruget til belysning (den lyseblå farve), som synes at have steget bemærkelsesværdigt siden 1946.

I årene 1990-2003 bliver rumopvarmningen – den grønne farve – lavere end før 1945. Men sammen med alle de andre faktorer bliver det samlede energiforbrug betydeligt højere end i årene 1920-45



Forskningsresultater:

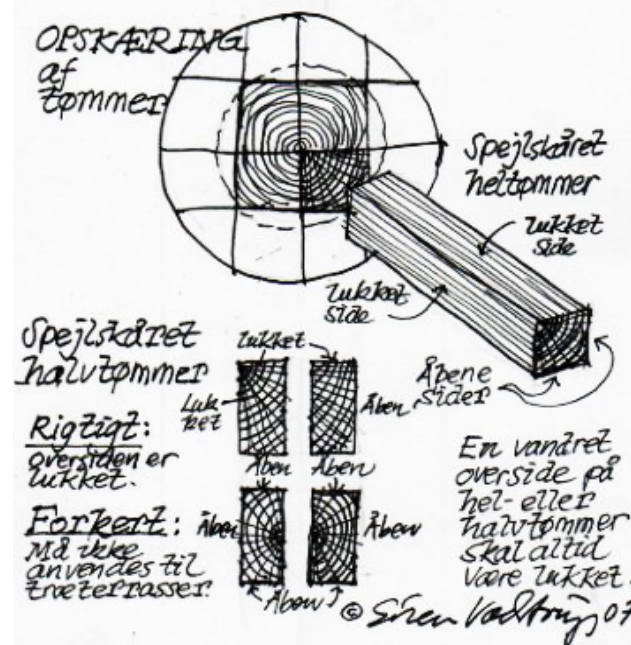
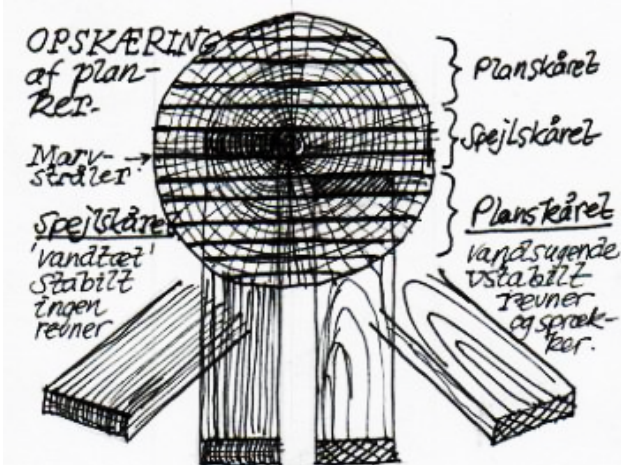
Hvad kan vi lære af eksisterende træbygninger med vedvarende holdbarhed ?

1. Selektivt opskåret træ og tømmer (spejlskåret, kvartskåret, halvtømmer)

1. Der må f.eks. ikke forekomme *marvi* udvendige flader. Splint og planskåret træ skal begrænses.

2. Brug af kernetræ og med kernesiden udad

2. Brug aldrig *trykimprægneret* eller *vacuumimprægneret* træ



Forskningsresultater:

Hvad kan vi lære af eksisterende træbygninger med vedvarende holdbarhed ?

1. Selektivt opskåret træ og tømmer (spejlskåret, kvartskåret, halvtømmer)

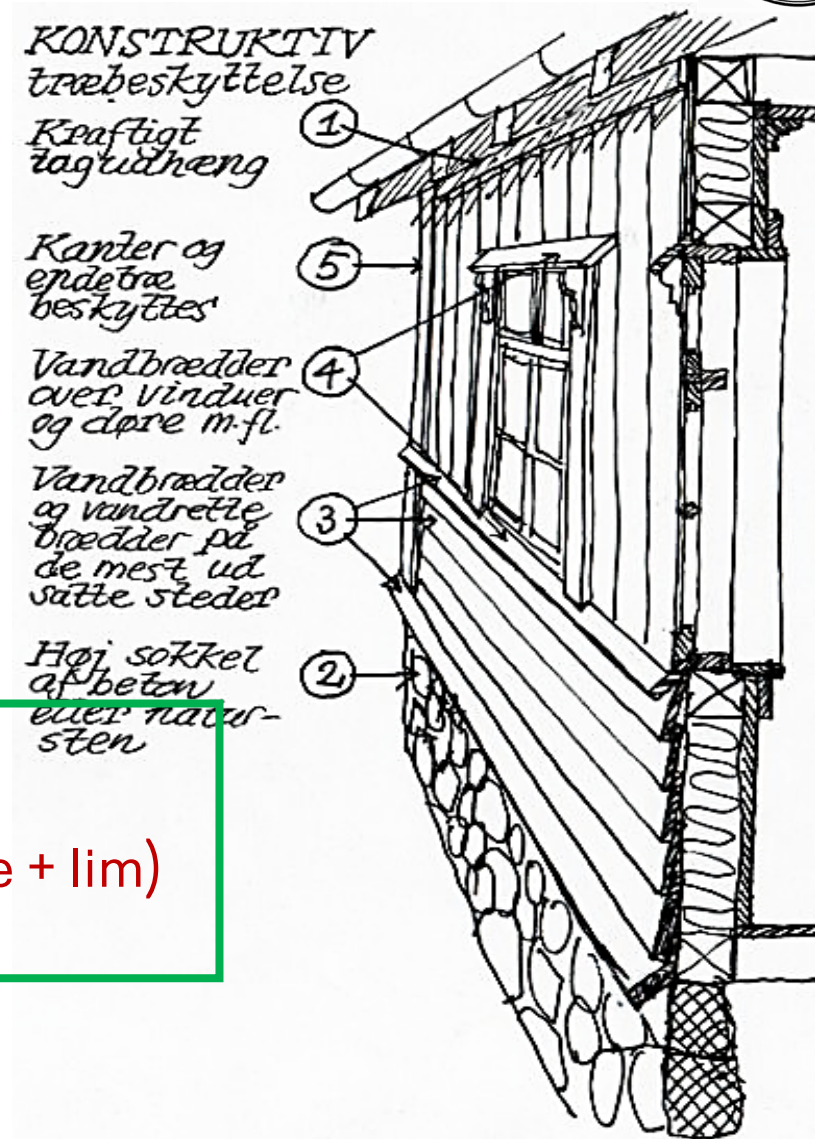
1. Der må f.eks. ikke forekomme *marv* i udvendige flader. Splint og planskåret træ skal begrænses.

2. Brug af kernetræ og med kernesiden udad

2. Brug aldrig *trykimprægneret* eller *vacuumimprægneret* træ

3. Konstruktiv træbeskyttelse

3. Herunder især beskyttelse af *endetræ* (CLT har f.eks. masser af splint, endetræ, tilfældigt opskåret træ + lim)





Hvad kan vi lære af eksisterende træbygninger med vedvarende holdbarhed ?

1. **Selektivt opskåret træ og tømmer (spejlskåret, kvartskåret, halvtømmer)**
 1. Der må f.eks. ikke forekomme *marv* i udvendige flader. Splint og planskåret træ skal begrænses.
2. **Brug af kernetræ og med kernesiden udad**
 2. Brug aldrig *trykimprægneret* eller *vacuumimprægneret* træ
3. **Konstruktiv træbeskyttelse**
 3. Herunder især beskyttelse af *endetræ*
4. **Træsamlinger uden skruer, søm, beslag eller bolte af jern**
 4. Ved kombinationen af *træ og jern* bliver træet fugtet op inde i veddet af kondens på jernet.
Ved brand forkuller træet omkring skruer og beslag, og falder sammen længe før træet brænder.



Ved brand forkuller træet omkring skruer og beslag, så konstruktionen falder sammen længe før træet brænder.

Bindingsværksgård på Nyord, der brændte sommeren 2021

Konstruktionen var samlet med sømbeslag og faldt sammen med et brag, længe før der var brand i tømmeret.



Forskningsresultater

Hvad kan vi lære af eksisterende træbygninger med vedvarende holdbarhed ?

1. Selektivt opskåret træ og tømmer (spejlskåret, kvartskåret, halvtømmer)

1. Der må f.eks. ikke forekomme *marv* i udvendige flader. Splint og planskåret træ skal begrænses.

2. Brug af kernetræ og med kernesiden udad

2. Brug aldrig *trykimprægneret* eller *vacuumimprægneret* træ

3. Konstruktiv træbeskyttelse

3. Herunder især beskyttelse af *endetræ*

4. Træsamlinger uden skruer, søm, beslag eller bolte af jern

4. Ved kombinationen af *træ og jern* bliver træet fugtet op inde i veddet af kondens på jernet.

Ved brand forkuller træet omkring skruer og beslag, og falder sammen længe før træet brænder.

5. Kapillaråbne malematerialer

– hvor fugten kan komme ind og ud lige hurtigt, også ved mange lag maling f.eks. linoliemaling, limfarver, kalkfarver, trætjærefarve, lufthærdende kalkmørtel.

5. *Diffusionsåbne* malematerialer som plastikmaling, acryl- og alkydmaling osv. bliver tættere og tættere for hvert lag maling, hvorved der sker en kritisk opfugtning bag de kraftige lag.



1. **Påviselig holdbarhed**

Nye og eksisterende træhuse kan **påviseligt** opnå en *vedvarende holdbarhed*, d.v.s. mindst 100-150 år, når dets materialer og konstruktioner **efterligner** en *eksisterende bygning*, der **påviseligt** har holdt i 150 år.

2. **Fuldvokset tømmer**

Der skal anvendes nyt tømmer og brædder fra træer, der er over *60-80 år* gamle

3. **Selektivt opskåret træ og tømmer**

Der skal anvendes *sektivt opskåret træ*: spejlskåret, kvartskåret og halvtømmer, uden forekomst af *marv*. Udvendige flader udføres af kernetræ og med kernesiden udad

4. **Konstruktiv træbeskyttelse**

Fem enkle principper - herunder især beskyttelse af *endetræet*

5. **Træsamlinger uden sømbeslag og bolte**

Der må **ikke** forekomme sømbeslag, skruer, jernbeslag og bolte i de konstruktive dele. Jernet danner kondens, der fugter træet op så det rådner. Ved brand forkuller træet rundt om jernet.

6. **Kapillaråbne materialer**

Der må **ikke** benyttes *diffusionsåbne* materialer til vedligeholdelse af nye og gamle træ- og bdv.huse. De skal overfladebehandles med *kapillaråbne materialer*: Luftkalk, limfarver, træbjæere, linoliemaling mm.

7. **Isolering og efterisolering**

Der må **ikke** benyttes mineraluld og plastikdampspærrer. Begge dele forværrer fugtforholdene i huset.



1. **Påviselig holdbarhed**

Nye og eksisterende træhuse kan **påviseligt** opnå en *vedvarende holdbarhed*, d.v.s. mindst 100-150 år, når dets materialer og konstruktioner **efterligner** en *eksisterende bygning*, der **påviseligt** har holdt i 150 år.

2. **Fuldvokset tømmer**

Der skal anvendes nyt tømmer og brædder fra træer, der er over 60-80 år gamle

3. **Selektivt opskåret træ og tømmer**

Der skal anvendes selektivt opskåret træ: spejlskåret, kvartskåret og halvtømmer, uden forekomst af *marv*. Udvendige flader udføres af kernetræ og med kernesiden udad

4. **Konstruktiv træbeskyttelse**

Fem enkle principper - herunder især beskyttelse af *endetræet*

5. **Træsamlinger uden sømbeslag og bolte**

Der må ikke forekomme sømbeslag, skruer, jernbeslag og bolte i de konstruktive dele. Jernet danner kondens, der fugter træet op så det rådner. Ved brand forkuller træet rundt om jernet.

6. **Kapillaråbne materialer**

Nye og eksisterende træhuse i Danmark skal males og vedligeholdes med *kapillaråbne materialer* og ikke *diffusionsåbne/lukkede materialer* som plastikmaling, cement, KC-mørtel og gummifugemasse

7. **Isolering og efterisolering**

Der må **ikke** benyttes mineraluld og plastikdampspærrer. Begge dele forværrer fugtforholdene i huset.

Forskningsresultater



Forsøgshus #1 (2019)
*Bulhus af nyfældet egetræ
med CNC-fræsede samlinger
NEXT uddannelse København*



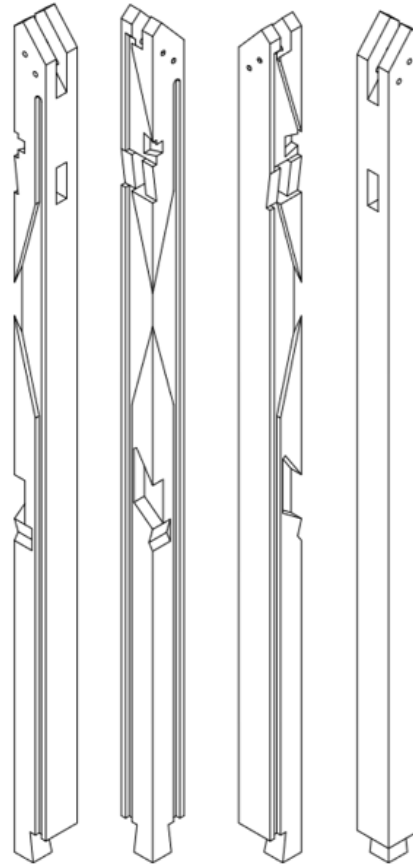
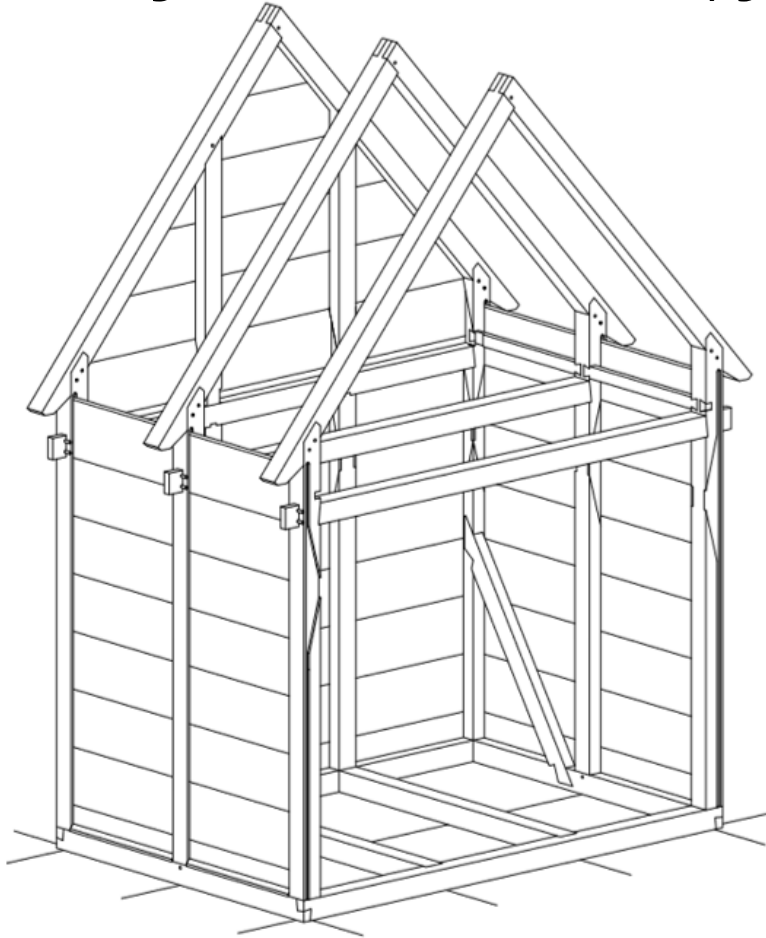
Forsøgshus #2 (2020)
*Østdansk bdv. hus af fyr med blad-
og kæmmede samlinger + udskud.
KADK-Dinesen sommerskole*



Forsøgshus #3 (2021-2022)
*Færøsk stavhus med notede vægge
Håndfræsede skabelon-samlinger
NEXT Kbh. og Frilandsmuseet m.fl.*

Forskningsresultater

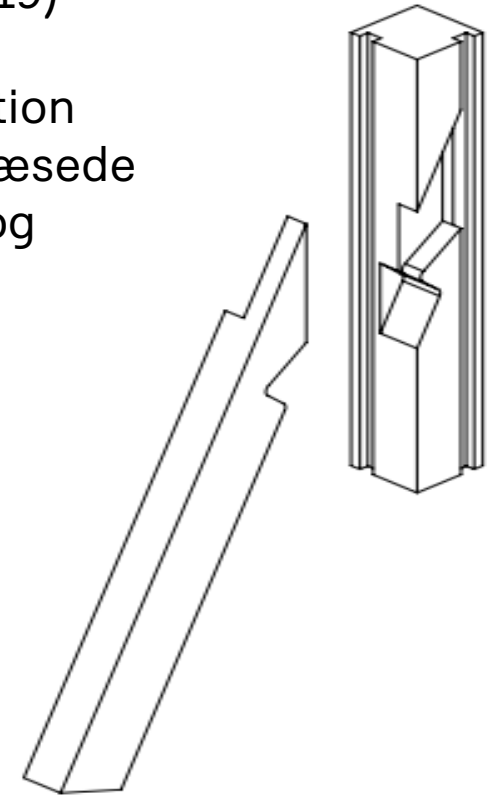
Påviselig vedvarende holdbarhed kan opnås hvis husets materialer og konstruktioner **efterligner** en *eksisterende bygning*, der **påviseligt** har holdt i 150 år.



Forsøgshus #1 (2019)

Bulhus af egetræ

i styrtrumskonstruktion
samlet med CNC-fræsede
tapsamlinger, not- og
bladsamlinger



Computertegninger af bulhuset og en hjørnestolpe forberedt til CNC-fræseren.

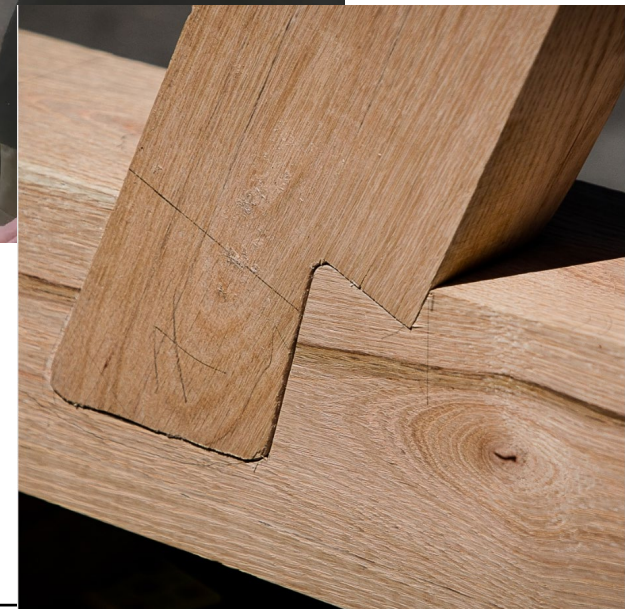


Forsøgshus #1

Søren Vadstrup

Søren Bak Andersen

NEXT uddannelse i Herlev



Forskningsresultater



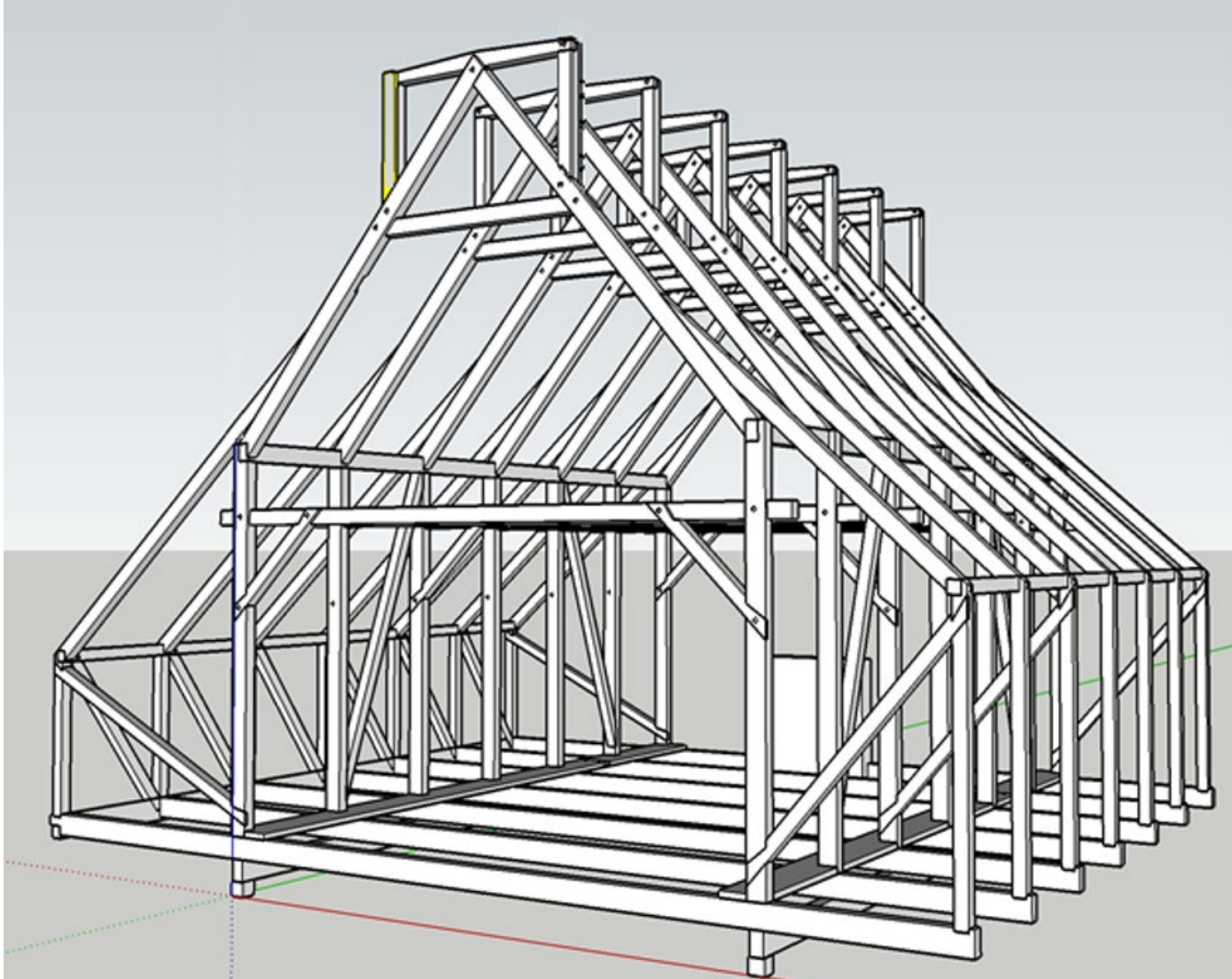
Forsøgshus #2 (2020)

Sjællandsk bindingsværkshus
(Højremshus med udskud)

Søren Vadstrup
Peter Møller Rasmussen
Hans Peter Dinesen
+ 22 arkitektstuderende



Forskningsresultater



Forsøgshus #3

Sjællandsk bindingsværkshus
(Højremshus med udskud)

Samlet med maskin- og håndsavede
blad- og kamsamlinger

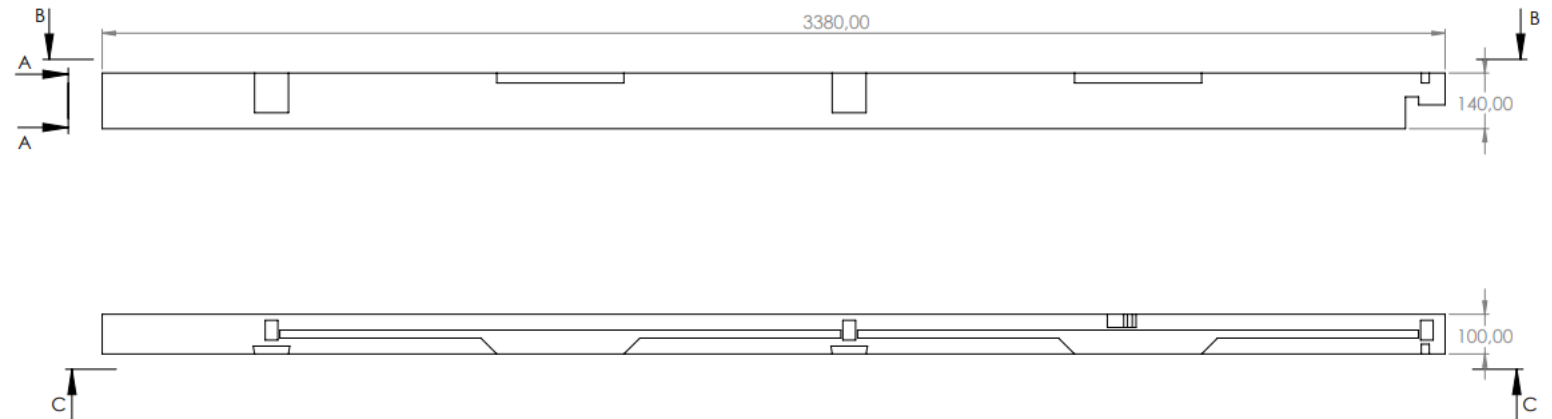
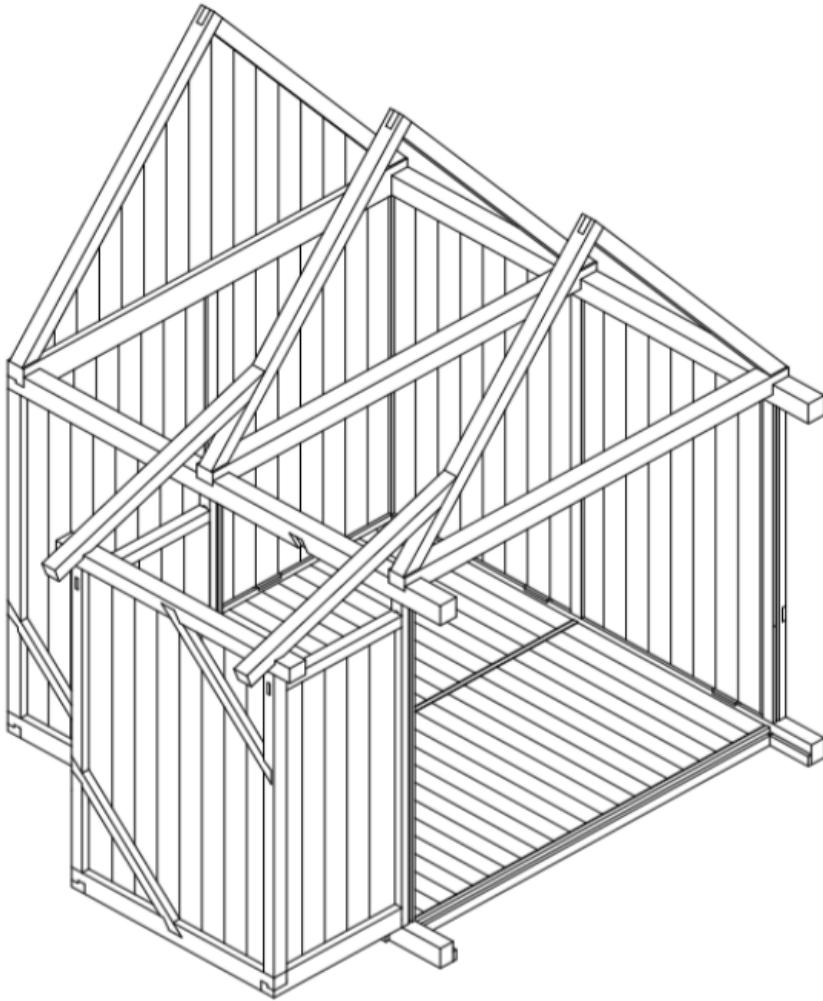
Beklædt med klinklagte brædder



Forskningsresultater

Forsøgshus #3 (2021-23)

Færøsk stavhus i spærfagskonstruktion med udskud
Samlet med maskinfræsedede blad- og kamsamlinger
samt notsamlinger



Søren Vadstrup
Toke Bang Witthøft
NEXT uddannelse i Herlev

Forskningsresultater



