

# BIOGENE MATERIALERS TEKTONISKE OG ARKITEKTONISKE EGENSKABER

Tre vinkler på potentialer for biogene materialers  
anvendelse i byggeriet

## PUBLIKATIONEN ER UDGIVET AF

Det Kongelige Akademi - Institut for Bygningskunst og Teknologi  
CINARK – Center for Industriel Arkitektur  
[kglakademi.dk/cinark-center-industriel-arkitektur](http://kglakademi.dk/cinark-center-industriel-arkitektur).

## REDAKTION

Anne Beim, Line Kjær Frederiksen, Nini Leimand, Johannes Schotanus,  
Henriette Ejstrup, Pelle Munch-Petersen, Astrid Juul Jørgensen, Ingeborg Hau,  
Natalie Mossin, Clara Ringgaard Poulsen og Kirstine Skydt Thorsen.

## GRAFISK DESIGN

AM Copenhagen og CINARK – Center for Industriel Arkitektur

## LITTERATURHENVISNINGER OG KREDITERING

Anvendte fotos krediteres direkte i billedtekster. Redaktionen har bestræbt sig på at finde og afklare rettighederne til samtlige af publikationens illustrationer. Skulle der alligevel være parter, som har rettighedskrav til illustrationer i publikationen, vil det blive tilgodeset ved henvendelse til CINARK. Tegningsmateriale tilhører det respektive projekts arkitekter, hvor andet ikke er nævnt. Der henvises til kilder direkte i teksterne, disse kilder kan findes i en litteraturliste efter hvert hovedkapitel.

© CINARK 2024

ISBN: 978-87-7830-905-1

Publikationen er støttet af Realdania som en del af initiativet 'Veje til Biobaseret Byggeri', som samler en række aktører i byggeriet om at undersøge, hvad der skal til for at flere biogene materialer finder vej ind i danske hjem og bygninger.

[realdania.dk/projekter/veje-til-biobaseret-byggeri](http://realdania.dk/projekter/veje-til-biobaseret-byggeri)



# INDHOLD

<b>INTRODUKTION</b>		<b>KONSTRUKTIV BESKYTTELSE AF BIOGENE MATERIALER</b>	
<hr/>		<hr/>	
Forord	5	Indledning og afgrænsning	50
Læsevejledning	6	Tre strategier	52
Afgrænsning	7	Risikofaktorer	54
Tre indgange til biogene materialer	8	Taksonomi	56
		Første strategi	59
		Holde skadelige elementer væk	
		Anden strategi	89
		Håndtering af skadelige elementer	
		Tredje strategi	99
		Vedligehold	
		Litteratur og kreditering	116
<b>SKANDINAVISK FOLKELIG BYGNINGSKULTUR</b>		<b>KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALERS ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI</b>	
<hr/>		<hr/>	
Metode og afgrænsning	16	Indledning	126
Genstandsfelt		Afgrænsning	
Undersøgelsens struktur		Kategorier af kultivering	
Blokhuse	18	Kategorier af forarbejdning	
Byggeskik		Særligt angående træ	
Væggen		Landbrug	130
Taget		Paludikultur	172
Fundamentet		Havbrug	182
Bindingsværk	26	Hedebrug	196
Byggeskik		Skovbrug	200
Væggen		Uden anvendelse i nutidigt byggeri	236
Taget		Uden for kategori	238
Fundamentet		Litteratur og kreditering	240
Sammenfatning	38		
Litteratur og kreditering	40	<b>PERSPEKTIVERING</b>	
		<hr/>	
		Nye vinkler på biogene materialer	250
		Perspektiver på biogene potentialer	252

## OM VEJE TIL BIOBASERET BYGGERI

Realdanias indsats 'Veje til Biobaseret Byggeri' er en del af foreningens samlede arbejde for at fremme bæredygtighed i byggeriet. Den tværfaglige indsats undersøger, hvordan en større andel af biogene materialer kan bringes (tilbage) til dansk byggeri i dag. Indsatsens første fase er en afdækning af potentialer, som Realdania udfører sammen med Aalborg Universitet, Århus Universitet, Københavns Universitet, Smith Innovation, Artelia rådgivende ingeniører, JAJA Architects og Det Kongelige Akademi.

Denne udgivelse knytter sig til indsatsens delområde 'Materialer – egenskab og brug', som ledes af BUILD - Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet, og har til formål at beskæftige sig med 'De biogene materials tektoniske og arkitektoniske egenskaber'. Emnet behandles gennem tre forskningsbaserede kapitler; en undersøgelse af historiske byggeskikke og erfaringer med biogene materialer, en anvendelsesorienteret opsamling af byggetekniske løsninger til konstruktiv beskyttelse af biogene materialer samt en bred kortlægning af biogene materialer og deres potentialer i nutidigt byggeri.

# FORORD

Byggeriets udledning står for 40% af den globale udledning og herunder stammer 11% fra materialeproduktion og opførelse, hvilket svarer til mere end halvdelen af alle de ressourcer, der udvindes globalt.

Belastningen er særligt stor ift. knappe, ikke fornybare ressourcer som bl.a. bruges til beton-, stål-, og mineraludproduktion<sup>1</sup>. Biogene materialer er derimod fornybare og kan høstes på markerne, i skovene og i vandet. Det estimeres, at byggesektoren kan spare op mod 100 millioner tons CO<sub>2</sub> over de kommende generationer ved at bruge biogene materialer som træ og halm i stedet for konventionelle materialer.<sup>2</sup>

Biogene materialer har været anvendt siden de første bosættelser blev etableret i Danmark, men med den omfattende udbredelse af beton, tegl, syntetiske og andre petrokemiske byggematerialer i efterkrigstiden, er den biobaserede byggeskik nærmest forsvundet på ganske få generationer.<sup>3</sup>

Biogene og biobaserede byggematerialer er et forskningsfelt med stort potentiale. Materialerne er bl.a. kendetegnet ved at kunne optage og lagre CO<sub>2</sub>, være fornybare eller regenerative samt at kunne dyrkes, produceres eller bearbejdes lokalt. Det sidste er væsentligt i et arkitektonisk og tektonisk perspektiv, for det betyder, at vi ved at se tilbage i den arkitektoniske kulturarv, kan finde gode, bæredygtige og holdbare eksempler på materialernes egenskaber i byggede eksempler.

I denne udgivelse samler vi viden om de biogene materials tektoniske og arkitektoniske egenskaber. Ambitionen er, at udgivelsen vil bidrage til et solidt afsæt for at kunne diskutere, hvordan vi i højere grad kan bane vejen for mere biobaseret byggeri i en nær fremtid.

## Noter

1. Gottlieb, S. C., Primdahl, M. B., Frederiksen, N., de Gier, A. J., & Rasmussen, T. V. (2024). Hvordan standarder og lovgivning påvirker brugen af biobaserede byggematerialer. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUIILD), Aalborg Universitet.
2. Rasmussen, T. V., Thybring, E. E., Munch-Andersen, J., Nord-Larsen, T., Jørgensen, U., Gottlieb, S. C., Bruhn, A., Rasmussen, B., Beim, A., Ramsgaard Thomsen, M., Munch-Petersen, P., Primdahl, M. B., Bentsen, N. S., Frederiksen, N., Koch, M., Auken Beck, S., Bretner, M.-L., & Wittchen, A. (2022). Biogene materials anvendelse i byggeriet. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUIILD), Aalborg Universitet. BUIILD Rapport Bind 1 Nr. 2022:09
3. Kieran, S. & Timberlake, J. (2004), *Refabricating Architecture : How manufacturing methodologies are poised to transform building construction*. McGraw-Hill

# LÆSEVEJLEDNING

Denne udgivelse er baseret på tre rapporter udarbejdet af CINARK i perioden 2023-2024 og behandler biogene materialers tektoniske og arkitektoniske egenskaber. Udgivelsen samler og formidler rapporternes indhold.

Udgivelsen indledes med en introduktion. Her præsenteres en sammenfatning af projektets formål samt den afgrænsning og de metoder, der er anvendt. Introduktionen giver et overblik over CINARKs afsæt for at løse opgaven, herunder en kort indføring i baggrunden for de anvendte undersøgelsesmetoder og emneafgrænsninger for projektet som helhed.

Herefter følger tre kapitler. Tilsammen peger de på væsentlige historiske og nutidige erfaringer med anvendelsen af biogene materialer i byggeriet og viser arkitektoniske eksempler herpå. Kapitlerne opererer på tre forskellige niveauer ved at spænde fra det udredende til det anvisende og kortlæggende.

Kapitlet SKANDINAVISK FOLKELIG BYGGESKIK er en bred historisk udredning med vægt på byggetraditioner, kultur, håndværk og traditioner indenfor de biogene materialer. Det har til formål at formidle eksisterende viden om generiske træk ved den historiske og folkelige byggeskik i Danmark og Skandinavien til fremadrettet inspiration.

Kapitlet KONSTRUKTIV BESKYTTELSE AF BIOGENE MATERIALER anviser strategier og byggetekniske løsninger, der sigter mod at beskytte biogene materialer i byggeriet og har til hensigt at identificere en række opmærksomhedspunkter, risikofaktorer og æstetiske potentialer ved en introduktion af biogene materialer i byggeriet.

Kapitlet KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALERS ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI tegner et billede af afgrøder, som gror og dyrkes i en dansk kontekst og har til formål at skabe et overblik over mangfoldigheden og potentialerne af groede materialer, og de eksisterende muligheder for at anvende dem i byggeriet.

Udgivelsen afsluttes med et afsnit, hvor en konkluderende artikel opsummerer de overordnede pointer og læringer undersøgelsen i denne udgivelse finder frem til. Endeligt perspektiveres disse læringer og konklusioner til byggeriets nuværende omstændigheder og den fremtid, vi kigger mod.

# AFGRÆNSNING

Undersøgelserne definerer forskellen i betydningen af biogen og biobaseret således, at ved biogen forstås det, at materialerne er naturligt groede, fornybare og stammer fra plantevækst, mens biobaseret forstås som en type materialer indeholdende, men ikke er begrænset til, biogene materialer. Udgivelsens undersøgelser fokuserer primært på biogene materialers anvendelse. Ved at pege på både historisk viden, information om tekniske forhold samt overblik og perspektiver omkring eksisterende materialer og produkter indkredser de tre kapitler forskellige aspekter af byggeri med biogene materialer.

Kapitlet SKANDINAVISK FOLKELIG BYGGESKIK er en udredning af særlige træk ved den folkelige bygningskultur, som relaterer sig til en biogen tradition. Kapitlet opdeler den skandinaviske bygningskultur i to typologier: bindingsværk og fuldtømmerskonstruktioner (blok-huse) og undersøger temaerne; byggeskik, konstruktion, byggeteknik og materiale i henhold til de tektoniske elementer; taget, væggen og fundamentet. Derudover peger kapitlet på nogle af de kulturelle praksisser omkring opførelse, anvendelse og vedligehold. Kildematerialet anvendt til undersøgelsen baserer sig på uddrag og nedslag i danske, norske og svenske frilandsmuseers bygningsmasse, tilgængelige beskrivelser og tegninger, relevant bondekulturforskning fra det 20. århundrede og øvrige studier, undersøgelser, beskrivelser og tegningsmateriale af sammenlignelige relevante bygninger. Kapitlets hensigt er at videregive træk ved beboelsesbygninger på tværs af den folkelige byggeskik i Skandinavien med særlig vægt på Danmark og er ikke en fyldestgørende beskrivelse af træk og variationer.

Kapitlet KONSTRUKTIV BESKYTTELSE AF BIOGENE MATERIALER er udviklet på baggrund af Alment Teknisk Fælleseje i form af bl.a. SBI-anvisninger og TRÆ Informations håndbøger som afgørende kilder til anvisning af byggetekniske løsninger til at sikre konstruktiv be-

skyttelse. For at etablere et overblik over dette, på en gang både grundlæggende, men i kølvandet på modernismen uartikulerede eller glemte vidensfelt, er der udarbejdet en taksonomi som er opdelt i; risikofaktorer, strategier for konstruktiv beskyttelse og byggetekniske løsninger. Byggetekniske løsninger bliver beskrevet og illustreret af udvalgte eksempler på bygninger. Kapitlet har særligt fokus på metoder for konstruktiv beskyttelse, som har tektoniske konsekvenser for arkitekturen. I et forsøg på at kortlægge konkrete eksempler på, hvordan forståelsen for og mestringen af konstruktiv beskyttelse ofte bidrager til flere aspekter af arkitektonisk kvalitet, tildeles de tektoniske løsninger relevante ikoner fra den overordnede taksonomi. Ambitionen er at inspirere til at genopdage snusfornuften og ikke mindst de karakterfulde motiver, som ofte ligger implicit i strategierne bag konstruktiv beskyttelse.

Kapitlet KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALERS ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI indeholder en overordnet screening af biogene materialers anvendelse i nutidigt byggeri. Hovedfokus er på biogene materialer, der allerede gror eller dyrkes i Danmark, eksempler som er geografisk/regionalt sammenlignelige med danske klimaforhold, byggemåder og tektoniske løsninger som kan anvendes i byggeriet, eller som potentielt kunne dyrkes og bruges i byggeri. Den er opdelt efter fem typer af kultivering, hvor de dertilhørende afgrøder beskrives. På basis af billeder og konstruktionstegninger fra eksisterende projektmateriale inddrages erfaringer med den pågældende afgrøde som byggemateriale og viser således *det dyrkede* overfor *det byggede*. Kortlægningen medtager ikke animalske og genbrugte/genanvendte materialer.

# TRE INDGANGE TIL BIOGENE MATERIALER

Biogene byggematerialer kan både sænke byggeriets klimaaftryk og mindske forbruget af knappe og ikkefornybare ressourcer, hvorfor det er relevant at undersøge hvordan disse materialer kan spille en meget større rolle i produktionen af byggematerialer, end de gør i dag.

De biogene materialer kræver dog også andre byggetekniske løsninger, end eksempelvis stål, beton og glas, hvis de skal indgå som reelle alternativer i dansk byggeri i dag. Materialerne fordrer andre beskyttelsesstrategier overfor risikofaktorer som vej, klima og brand, samt andre tilgange til vedligehold, demontering og materialesammensætning. Og så er biogene materialer som gruppe en meget broget skare. Begrebet dækker over alt fra egetræ til alger, egenskaberne er vidt forskellige og det samme er vores erfaring med at anvende de forskellige biogene materialer i dansk byggeri.

Ved at kigge på biogene materialer fra forskellige vinkler, belyses et område, der både er gammelkendt og har været til stede i mod-kulturer gennem det sidste århundrede, men samtidig er påfaldende underbelyst i den konventionelle byggebranche i samme tidsperiode. De tre kapitler kredser alle om emnet biogene materialer, men sætter fokus på det på hver sin måde.

Kapitlerne formidler rapporter, som er udarbejdet af CI-NARK i 2023-2024. Dette giver et tidsbillede af tilgængelig viden og praksis på dette specifikke tidspunkt. For nogle vinkler, så som den historiske bygningskultur, er viden veletableret, men forskningsområdet er begrænset og vidensudviklingen er derfor langsom. Dog opstår der hele tiden nye interesser, som de eksisterende arkivalier – hvad enten de er skriftlige, tegnede eller byggede – kan undersøges ud fra og derfor skabe nye indsigter i vores historiske bygningskultur, som det blev levet, men også nye forståelser for, hvorfor vores bygningskultur ser ud, som den gør i dag.

Den byggetekniske anvisning om konstruktiv beskyttelse og den historiske udredning er beslægtet i nogle aspekter, selvom anvisningen er baseret på 'moderne' skrifter. Alligevel viser det sig, at moderne anvisninger i mange henseender er tæt knyttet til gammel praksis. Denne vinkel oplever i disse år en spæd udvikling, da traditionel håndværksviden i stigende grad er genstand for undersøgelser med udgangspunkt i at aflure simple, men effektive byggeteknikker, i forhold til f.eks. vedligehold, ressourceoptimering, tektoniske motiver og arkitektonisk kvalitet. Diskrepansen mellem den traditionelle snusfornuft og moderne bygningskultur har dog lange udsigter til at mødes, da det i dag tager lang tid at etablere 'nye' tiltag både som standarder og som teknisk fælleseje.

Kortlægningen af biogene materialer tager udgangspunkt i, hvilke groede materialer, der har anvendelse som byggemateriale i dag og hvilke der har et uudnyttet potentiale. Den berører materialer og dyrkningsformer (skovbrug, landbrug, havbrug, hedebrug og paludikultur), hvor nogle er nye og andre gammelkendte. Derudover anvender kortlægningen en systematik, hvor produkterne kategoriseres som enten afgrøder, komponent eller element. Herved peger kortlægningen både på hvor der er viden i udvikling i forhold til materialeproduktion, og hvor der kan udvikles viden til at etablere nye materialestrømme.

De forskellige afgrøder i kortlægningen er set ud fra et arkitektonisk og byggeteknisk perspektiv. Når man betragter denne vinkel i samspil med de byggetekniske løsninger, der er beskrevet i kapitlet om konstruktiv beskyttelse, indrammes et tektonisk råderum for de biogene materialer.













# SKANDINAVISK FOLKELIG BYGNINGSKULTUR

Nedslag i viden om biogene materialers  
anvendelse i historisk tid

*Af Henriette Ejstrup og Pelle Munch-Petersen*



## OM FORFATTERNE

Henriette Ejstrup er adjunkt ved Institut for Bygningskunst og Teknologi. Hun er Cand. Arch. fra Århus Arkitektskole, Institut for Arkitektonisk Kulturarv og ph.d. fra Det Kongelige Akademi - Center for Industriel arkitektur (CINARK). Hendes forskningsfelt er centreret omkring, hvordan folkelig arkitektur, materialer og håndværk kan omfortolkes til moderne byggeskik og -praksis.

Pelle Munch-Petersen er lektor ved Institut for Bygningskunst og Teknologi. Han er Cand. Arch. fra Det Kongelige Akademi og ph.d. fra Det Kongelige Akademi - Center for Industriel arkitektur (CINARK). Hans forskningfelt orienterer sig mod byggeriet, bæredygtighed, materiale- og teknologietik i teori og praksis, samt bygningsfysik og indeklima.

# SKANDINAVISK FOLKELIG BYGNINGSKULTUR

Nedslag i viden om biogene materialers  
anvendelse i historisk tid

## KAPITLET'S INDHOLD

---

<b>Metode og afgrænsning</b>	<b>16</b>
Genstandsfelt	
Undersøgelsens struktur	
<b>Blokhuse</b>	<b>18</b>
Byggeskik	
Væggen	
Taget	
Fundamentet	
<b>Bindingsværk</b>	<b>26</b>
Byggeskik	
Væggen	
Taget	
Fundamentet	
<b>Sammenfatning</b>	<b>38</b>
<b>Litteratur og kreditering</b>	<b>40</b>

# METODE OG AFGRÆNSNING

## GENSTANDSFELT

Den Skandinaviske bygningskultur består af et utal af egnsbyggeskikke og regionale udviklinger, som tilsammen udgør en kæmpe diversitet af byggeskikke. Når der tales om biogene materialer og historiske beboelsesbygninger er det i den folkelige byggeskik, hvor der findes allerflest eksempler og erfaringer. Derfor er denne bygningsgruppe den mest oplagte at kigge på

## UNDERSØGELSENS STRUKTUR

Denne rapport har til hensigt at formidle generiske træk ved beboelsesbygninger på tværs af den folkelige byggeskik og er derfor ikke en udtømmende beskrivelse af træk og variationer, men nedslag i generiske træk. Viden formidlet i denne rapport er baseret på uddrag af danske, norske og svenske frilandsmuseers bygningsmasse, tilgængelige beskrivelser og tegninger, relevant bondekulturforskning fra det 20. århundrede og øvrige studier, undersøgelser, beskrivelser og tegningsmateriale af sammenlignelige relevante bygninger.

Rapporten strukturerer den folkelige byggeskik ved at opdele den skandinaviske bygningskultur i to prototyper; bindingsværk og fuldtømmerskonstruktioner af afrettet nåletræ også kendt som *blokhuse*. De to prototyper undersøges i henhold til de tektoniske elementer i taget, væggen og fundamentet, samt den kulturelle praksis omkring opførelse, anvendelse og vedligehold<sup>1</sup>.

Hvert element beskrives i henhold til fire nøglebegreber:

### Byggeskik

Kort defineret refererer 'byggeskik' til en specifik måde at bygge på, som afgrænses af et geografisk område og en særlig tid (Byggeskik — Den Danske Ordbog, 2023). Til ordet 'skik' knytter der sig dog også en metaforståelse af det at bygge. Etymologisk forbindes 'skik' med en samfundsforståelse og fortæller både noget om at

'forme, danne eller passe', der kan tolkes direkte ind i den bebyggede verdens fysiske forhold, men også begreber som 'ret, forhold, orden, indretning, sædvane, rigtig tilstand', der henviser til en metafysisk samfundsforståelse (Nielsen, 2008). En byggeskik er således ikke kun et udtryk for bebyggelsen på en bestemt geografisk lokation på et givent tidspunkt, men peger også på et større kulturelt billede vedrørende den 'rigtige' bygge- og/eller levepraksis på det specifikke sted. I denne rapport vil overskriften *byggeskik* anvendes til at formidle forhold omkring prototypernes placering i et kulturelt og landskabeligt perspektiv.

### Konstruktion

'Konstruktion' kan defineres, som et emne, der er sammensat af flere enkeltdele (Den Danske Ordbog, 2024a). Ordet kommer fra det latinske *constructio*, 'opbygningen af' og er beslægtet med *construere* 'bygge op' (Nielsen, 2008). Heraf kan det udledes, at konstruktion refererer til 'opbygningen af et emne' (objekt) og ikke til det 'at bygge op, at konstruere' (handling)<sup>2</sup>. I denne rapport anvendes overskriften *konstruktion* til at formidle forhold omkring et givent tektonisk elements opbygning.

### Byggeteknik

'Teknik' kan defineres som færdigheds- eller rutinekrævende fremgangsmåde der bruges ved udførelse af en konkret opgave, men kan også forstås som maskiner eller udstyr (Den Danske Ordbog, 2024). Ordet stammer fra det græske *techné* som kan siges at være viden omkring intentionel frembringelse og knytter sig derfor til produktionsviden eller den sanselige viden - modsat *episteme*, som er den teoretiske viden (Schiølin & Riis, 2013). I denne rapport anvendes overskriften *byggeteknik* til at formidle forhold omkring konstruktionens samlinger, herunder særlige forhold, som håndværkerne har praktiseret under opførelsen af bygningen, eller særlige forhold omkring den håndværksmæssige eller teknologiske udførelse.



## Materialer

Ifølge ordnet.dk betegner ordet 'materiale' et råstof eller en genstand, der forarbejdes og bruges til fremstilling af noget (Materiale — Den Danske Ordbog, 2024). Materiale er afledt af det latinske *materia* med betydningen 'stof, tømmer' (Materiale — Den Danske Ordbog, 2024). I denne rapport anvendes overskriften *materialer* til at formidle det stof, som konstruktionen har været opført i.

## Noter

1. Den tyske arkitekt Gottfried Semper (1803-1879) udviklede den tektoniske inddeling af arkitekturens elementer i fire dele og håndværksmæssige klassifikationer: Herd ('arnen' fortolket som arkitekturens moralske element. Håndværksmæssig tilknytning: keramik, metal), Dach (tag. Håndværksmæssig tilknytning: tømre), Fundament (Maurerhandwerk) og Wand (væg. Håndværksmæssig tilknytning: tekstilkunst, „Bekleidung“). For videre uddybelse se Semper, G. (2010) *The Four Elements of Architecture and Other Writings* (se litteraturliste). I denne udgivelse er 'arnen' tolket som en bredere kulturel praksis omfattende både det fysiske og det metafysiske: se yderligere teoretisk udbygning i Ejstrup, H. (2019). *Varmeisoleringens Tektonik—Hvad er der i fortiden for fremtidens byggeri?* (se litteraturliste).
2. For en teoretisk uddybning af tektonikkens skel mellem at konstruere og konstruktion henvises der til Frascari, M. (1984). *The Tell-the-Tale Detail* og Hartoonian, G. (1994) *Ontology of Construction, On nihilism of technology in Theories of Modern Architecture* (se litteraturliste).

FIG 1: Badstue fra Setesdalen opført som blokhuskonstruktion med rundede knuder. Stokkene er let afrettet. I baggrunden anes en fleretages gård med højt fundament i sten, hvori der også er indlagt funktioner. Henrik Vensild ca. 1900. © Nationalmuseets online samlinger



# BLOKHUSE

## BYGGESKIK

Blokhusbyggeriet er en byggeskik særligt kendt i Norge, hvor det kaldes *lafte*, og Sverige, hvor skikken er kendt som *knuttimring* (Oliver, 1997). Bygningstypen har været hyppigt anvendt i disse egne, da konstruktionen kræver lange, lige tømmerstokke, hvortil Norge og Sverige har fortrinlige hjemhørende arter som gran og fyrretræer. I Danmark har der gennem det 20. århundrede været diskussioner om, hvor almindelig typen har været og om den eventuelt har været kendt i Danmark i forhistorisk tid (Benzon, 1984). Da Danmarks skove historisk set overvejende har været løvskov, taler dette dog imod. Endvidere findes der en anekdotisk fortælling om, hvorledes Ingeborg Skeel (1545-1604) fra Woergaard slot i Vendsyssel havde handelsskibe, der anvendte fyrrestammer som ballast, når de sejlede hjem fra Norge. Af disse konstrueredes et blokhus på landingspladsen ved den nordjyske vestkyst. Typen var så ualmindelig, at den blev en stor seværdighed og landingspladsen tog navn derefter, Blokhus (Benzon, 1984). At stedet decideret bliver navngivet efter bygningstypen – og i øvrigt er det eneste sted i Danmark med dette navn – tyder på, at typen har været en sjældenhed.

Der kan være opstået forvirring med hensyn til bygningstypens tilstedeværelse i Danmark i kraft af, at der i tidligere tider har fandtes et stort antal bulhuse i Danmark. Bulhuse er grundlæggende en bindingsværkskonstruktion, hvor tavlene er udfyldt med indnotet svære egetræsplanker, fjæle (se afsnit om bindingsværk). Visse steder har disse bygninger været benævnt bjælkehuse, og derfor kan de være blevet opfattet som værende af tømmerstokke af eftertiden, i stedet for fjæle, som det var tilfældet med bulhusene (T. Lund, 1929).

I den danske jernalder har det – i lighed med resten af Skandinavien – være almindeligt med bygningskonstruktioner af jordgravede stolper, som også kan ses i

de arkæologiske rester fra de danske middelalderkirker, samt de svenske og norske stavkirker (E. Møller & O. Olsen, 1961; Roar Hauglid, 1989).

Et særlig træk ved blokhusene var, at der ofte var tage af græstørv. Herpå var det almindeligt, at gårdens hushold, f.eks. geden, fårene eller grisen, gik (T. Lund, 1929). Det var antagelsen, at dette beskyttede mod lynnedslag, mens det sikkert også bidrog til vedligehold af græstørvet, så det ikke blev overgroet, såvel som beskyttede husholdet mod vilde dyr (T. Lund, 1929).

Husene lå gerne solret – med gavlene øst-vest og deres lave beliggenhed i landskabet gjorde dem meget modstandsdygtige overfor vejr og vind (T. Lund, 1929). Væggene var sjældent mere end 'mandshøje' (T. Lund, 1929), hvilket gav bygningen en lav beliggenhed i landskabet og mulighed for et stort tag og udhæng. Tilbygninger var svære at indpasse, da det ikke var nemt at gennembyrde tømmerstokkene uden at kompromittere bygningens stabilitet (T. Lund, 1929). Derfor blev bygningerne typisk udbygget efter et 'patchwork' princip med tilstødende bygninger og bygninger i andre konstruktionsstyper – sågar nye konstruktioner af træskellet med brædebeklædning, som omsluttede det oprindelige blokhus har været anvendt (se fig. 2).

I Danmark i dag kendes bygningstypen særligt fra Rebild bakker. Her er bygget en kopi af Lincolns barndomshjem, som ligger placeret ved indgangen til det dramatiske landskab, som præges af de mange sommerhuse, der kom til i det 20. århundrede, samt øvrige rekreative bygninger, som sheltere, bygninger for naturoplevelser, spejderhytter o.l. Disse er typisk af runde tømmerstokke og opført med en mere moderne knude-type, saddeknuder, der i dens geometri løser nogle af de stabilitetsproblemer, der kunne opstå når traditionelt knudrede stokke tørrede og fik svindrevner (Hans Becker-Larsen, 2004).

Anvendelsen af blokhusbygninger i Danmark i nyere tid kan tolkes som, at folk forbinder byggeskikken med naturnære oplevelser og et mere simpelt liv.



FIG 2: Norsk Laftebygget kostald omsluttet af en bræddebeklædt, ydre konstruktion. Bjarne Stoklund, 1968. © Nationalmuseets online samlinger

## VÆGGEN

### Konstruktion

Væggene består af rette tømmerstokke, som er placeret vandret ovenpå hinanden. I hjørnerne er stokkene 'knudret' sammen i rette vinkler (Benzon & Nielsen, 2001) med et væsentligt overlap af stokkens ender. Afhængig af egnstradition, byggeperiode og økonomi kan stammerne enten være hele, utildannede stokke eller

have tilhuggede sider hvor der herved opnås et ovalt eller skarpkantet tværsnit. Samlingerne og svindrevner blev foret med bløde fibre som mos, fæhår eller gamle klude efter behov for derved at skabe en isolerende effekt (Benzon, 1984; Ejstrup, 2019).

Konstruktionen var begrænset af stokkenes længde, da det var svært at opnå stabilitet i samlinger ud over hjørnekuderne (T. Lund, 1929). Facadeåbninger var svære at lave, da det svækkede konstruktionen, men

kunne forstærkes en smule med indvendige rammeværker. Ofte havde stuehuse, bygget som blokhuse, få eller ingen vinduer i facaden. Hvis der var indsat vinduer i konstruktionen var de lavet efter samme princip som døren med et rammeværk. De kunne også være lavet ved at udskære en halvcirkel i over- og undersiden af to tilstødende stokke, hvorved der dannes en cirkulær åbning, som svækkede konstruktionen mindst muligt (T. Lund, 1929). De cirkulære vinduestyper var muligvis mest anvendt i sekundære bebyggelser og små boder.

### Byggeteknik

Tømmerstokkene blev tildannet primært ved hjælp af sav, økse og stemmejern. Først afbarkes stokken ved hjælp af enten en båndkniv eller en barkspade. Stok-

kene blev tildannet med økse – ofte anvendt som en form for tung kniv og ikke til at hugge med, barkspader med forskellige æglinjer, sav, stemmejern og fil (Hans Becker-Larsen, 2004). Stokkene påføres en udhulning i tømmeret nedadvendte side, en såkaldt svineryg eller sudryg, så de kan låse ovenpå hinanden (Benzon, 1984; Kongsgaard, 1994).

I enderne er der udhugget runde knuder i stokkenes nedadliggende side, så den passer på den underliggende stok (Hans Becker-Larsen, 2004). Således låses stokkene i hinanden og er stabile både lodret og vandret (T. Lund, 1929; Oliver, 1997). Stammerne lægges skiftevis med rodende og topende for at udligne stammens naturlige koniske form. Væggen hviler af mod funda-

FIG 3: Lincolns hus i Rebild er udført efter moderne byggeteknikker. Her anvendes både de pyramideformede saddeknuder og et støbt, udluftet fundament. Bygningens tag er tækket med træspån, som har været typisk for de amerikanske nybyggere. Endvidere er tømmerstokkene overfladebehandlet. © Henriette Ejstrup, 2024



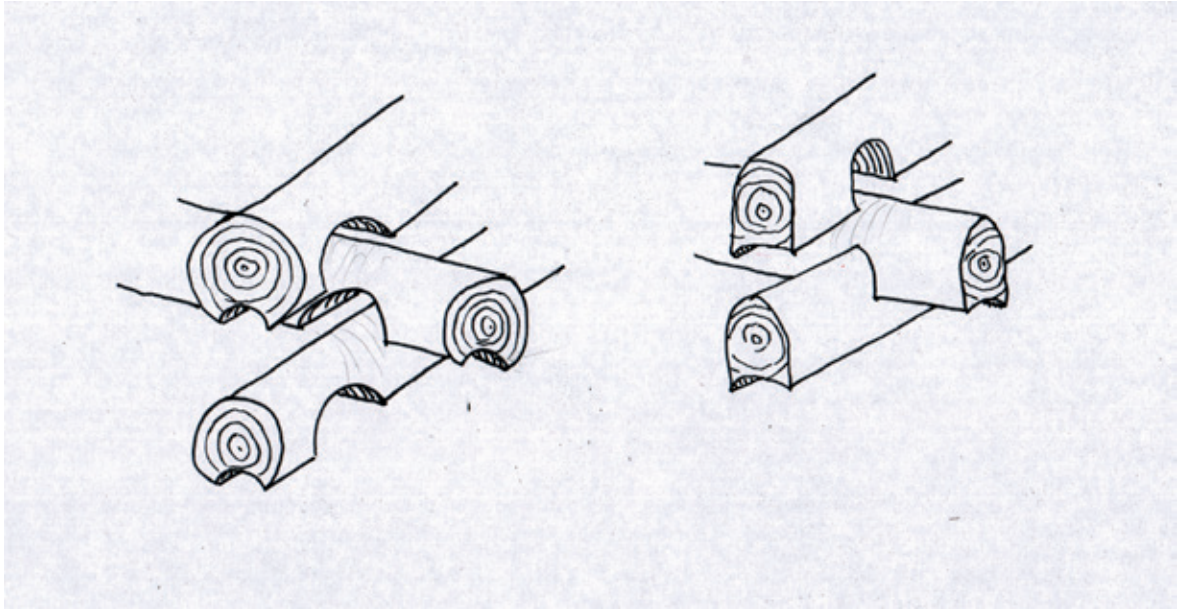


FIG 4: Principskitse af runde knuder på runde og afrettede tømmerstokke med svineryg. © Henriette Ejstrup, 2024

mentet på en bundrem og afsluttes mod taget med en toprem, der begge er tømmerstokke ligesom resten af konstruktionen, men gerne af en højere kvalitet, end de øvrige (Hans Becker-Larsen, 2004).

Typisk var tømmeret ikke tørret, før det blev anvendt til byggeri, og det svandt derfor en del. Ved dygtigt udførte knuder blev sammenbindingerne forstærket ved indtørring, men svindrevnerne kunne også forårsage åbninger og derved trækgener og ustabilitet (T. Lund, 1929; Oliver, 1997).

### Materialer

Blokhuseets vægge bestod grundlæggende af fuldtømmer, som havde en meget lav bearbejdningsgrad. Træet var typisk hjemmehørende arter af fyr- og grantrær, der pga. det kølige klima i Norge og Sverige er mere langsomtvoksende, end i Danmark. De langsomtvoksende træer var at foretrække, da de har mindst ved, som er blødere, end kernetræet, og huset vil således sætte sig mindst og være mindre udsat for rådskader (Hans Becker-Larsen, 2004). Afbarkningen har været vigtig og jo mere nænsomt denne blev foretaget, jo bedre beskyttet var stokken mod skader (Hans Becker-Larsen, 2004). Dvs. bemaling ikke har været nødvendigt, da stokkene stadig havde en naturlig beskyttelse, men i

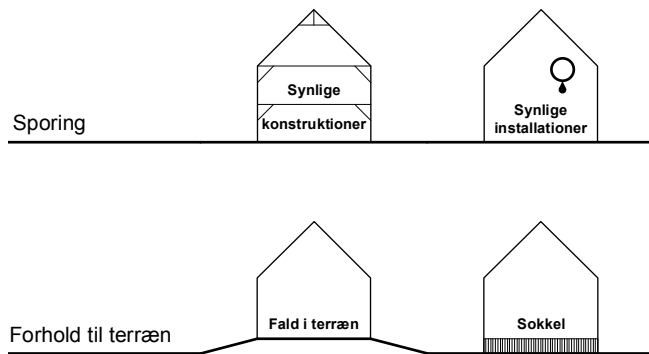
særlige tilfælde kan de muligvis have været lud- eller oliebehandlet med pigmentering.



FIG 5: Udsnit af alkove i hus fra Halland, nu Frilandsmuseet, hvor tømmerstokkene er afrettet. Bemærk svindrevnernes udfyldning med uldfibre. © Henriette Ejstrup, 2015

## Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet *Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* især i forhold til synlig konstruktioner og overgangen til terræn.



Se derudover kapitlet *Kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til potentialerne vedr. skovbrug, landbrug og hedebrug.





FIG 6: Træ af græstørv på gård fra Halland på Frilandsmuseet. Næverne af birkebark, som lægger under græstørvene er ført ud til tagskægget og bukket neden om rafteenderne for derved at beskytter dette udsatte knudepunkter i konstruktionen. © Henriette Ejstrup, 2015

## TAGET

### Konstruktion

Tagkonstruktionen udgjorde en stor andel af bygningen og var opbygget omkring en bærende bjælke, rygås. Typen kaldes derfor også et åshus. De bærende åse, som består af hele tømmerstokke spænder fra gavl til gavl. I meget gamle huse har stokkene været tætlagte - spændende fra gavl til gavl, startende ved væggens toprem og med afslutning i topåsen. Under tiden blev tømmer af god kvalitet en mangelvare og man begyndte derfor at spare på stokkene ved at begrænse brugen i tagkonstruktionen til rygås og et par sideåse, leås, som bæringer. Fra topåsen og ned til væggens toprem lagde man et tæt lag af rafter. Ovenpå åsene lagdes græstørvstaget ovenpå et lag af birkebark. Undersiden af åsene kunne være beklædt med planker, så der i interiøret fremstår et 'jævnt' loft. I beboelsesde-

len har der ikke været en stor tradition for vandrette lofter både pga. konstruktionens mangel på bjælkelag og fordi åbne ildsteder har været almindeligt langt op i tiden. Til dette krævedes et lyrehul, hvor igennem røgen kunne slippe ud af stuen. Lyren har således været den eneste lyskilde, og efter at skorstenen begyndte at blive indført ved lov, blev lyrehullet omdannet til et tagvindue (Stoklund, 1963).

### Byggeteknik

Byggeteknikken er en naturlig fortsættelse af vægkonstruktionen og har været udført med mange af de samme teknikker og redskaber. Tømmerstokkene og rafterne har været behandlet på samme vis som væggenes tømmerstokke, hvor de blev afbarket nænsomt. Ovenpå rafterne lagdes 4-6 lag birkebark, kaldet nævere. Birkebark indeholder angiveligt et svampedræbende enzym og fungerer derfor som en naturlig beskyttelse mod råd.

Derudover sker der med tiden en 'sammenbrændingen' af materialet, dvs. at materialet komposterer. I denne proces vil det komposterede materiale falde ned i opståede huller, som derved løbende lukkes 'naturligt'. På næverne blev der lagt et lag græstørv med græssiden nedad. Derpå et lag jord eller ler, og så et lag græstørv med græsset opad. Birkebarken blev 'skrællet' af levende birketræer, som kunne høstes 5-6 gange, før træets overflade blev for knudret og måtte forlades (T. Lund, 1929). Tørvet blev gravet op i nærområdet i formater, der var håndterbare for én person, mens leret ligeledes er fundet og gravet i nærheden.

### Materialer

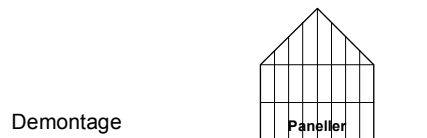
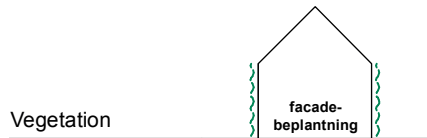
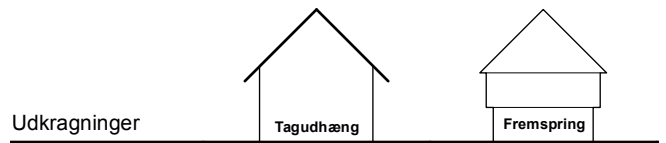
Materialerne i blokhuses tag er tømmerstokke i forskellige dimensioner og planker af fyr eller gran, som havde en meget lav bearbejdningsgrad (se samme afsnit under 'væggen'). Derudover bruges birkebark, som en vigtig forebyggende instans på de ofte store tage, samt græstørv, ler og jord. Grundlæggende flyttede man bygningens fysiske fodaftryk op på taget. Konstruktionen var i folkemunde meget holdbar og havde en levetid på mindst 60 år (Arnö-Berg & Biörnstad, 1980).



FIG 7: I Hallandsgården på Frilandsmuseet ses rafterne, som lægger af på rygåsen. Birkebarken anes mellem rafterne. © Henriette Ejstrup, 2015

### Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet *Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* i forhold til udkrøgning, beplantning og demonterbar fastgørelse.



Se derudover kapitlet *Kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til skovbrug, landbrug og hedebrug.





## FUNDAMENTET

### Konstruktion

Fundamentet og gulvkonstruktion i blokhus er adskilt på den måde, at gulvet typisk er notet ind i vægkonstruktionens bundrem. Hvis konstruktionen er knudret og notet rigtigt sammen, så er den selv bærende og behøver blot at hvile på fire hjørnestein i form af et punkt-fundament. Herved skabes der ventilation under konstruktionen, så tømmeret er mindst muligt udsat for fugt.

Fundamentet kunne også være udformet som et 'linjefundament' af tildannede natursten, som kunne være fundet i de nære omgivelser eller ved pløjning, hvorved konstruktionen blev af en mere lukket karakter. Visse steder med stærkt skrånende terræn har det været anvendt at opbygge fundamentet i tildannet natursten som en slags underetage i op til 1. etage over terræn, eller udligne et skrånende terræn, hvorved der under beboelsesdelen kunne indrettes stald. Herved sikrede man både trækonstruktionernes holdbarhed ved at fjerne det fra potentielle fugtproblemer, udligne en besværlig byggegrund, samt fik videreudnyttet varmen fra



FIG 8: Blokhusbygget bondegård fra Norge, hvor fundamentet udligner et stærkt skrånende terræn og derved danner mulighed for en stald under beboelseshuset. V. Richter ca. 1920-30. © Nationalmuseets online samlinger.

dyreholdet. Disse hævede konstruktioner har nok ikke understøttet bondens daglige bolig, men været funktionsbygninger, aftægtsboliger eller lignende.

### Byggeteknik

Strøer af halve tømmerstokke kæmmes ind i væggenes bundrem, hvorpå et plankegulv lægges. Terrændækket er placeret direkte på et punkt- eller linjefundament af natursten, hvor det holdes nede af egenvægten.

### Materialer

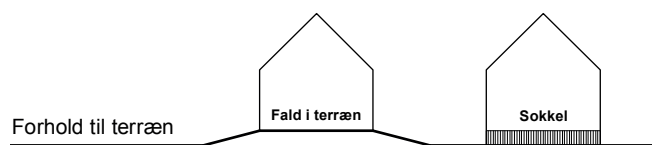
Fundamentet kendetegnes ved få materialer med en lavbearbejdningsgrad. Natursten har været anvendt enten som fundet, eller tildannet, så de kunne stables i en tømur. Tømmer af høj kvalitet har været anvendt ved udsatte steder. Det har enten været afbarkede hele stokke, anvendt som bundrem, halve stokke eller svære planker indtappet i bundremmen anvendt som terrændæk.

Det har heller ikke været ukendt, at anvende stampet jord, som terrændæk i denne type bygninger.

### Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet

*Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* i forhold til terræn.



Se derudover kapitlet *Kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til potentiellene vedr. landbrug og skovbrug.



LANDBRUG



SKOVBRUG

# BINDINGSVÆRK

## BYGGESKIK

I Danmark har bindingsværk været en almindelig konstruktionstype i historisk tid, da de anvendte materialer var let tilgængelige over det meste af Danmark. Typen har været kraftigt præget af regionalistiske egnsbyggeskikke idet materiale og konstruktion har været meget varierende afhængig af, hvor i landet man har været bosat. Således ses der i det skovrige Sønderjylland og på Fyn bindingsværk med store tømmerdimensioner og -stykker der i et statisk øjemed har været overflødige, mens der i det forblæste Nordjylland ses bindingsværksbygninger med tømmer af meget små dimensioner (Stoklund, 1969). Overordnet set findes der tre typer: sule-, højrem- og styrtrumskonstruktioner. De tre typer knytter sig til forskellige egnsbyggeskikke samt perioder. Endvidere er det også egnsbetonet, hvorvidt konstruktionen er udført med bundrem eller ej (Vadstrup, 2021).

Bygningernes udformning og placering i landskabet har også været varieret i forhold til landets egne. I Nordjylland kunne man finde parallelgårde med to længer, der lå parallelt med hinanden og gavlene øst-vest vendt. På Fyn har de firelængede gårde, som med tiden blev helt sammenbyggede og dermed sluttede tæt om en indre gårdsplads, været meget almindelige (Stoklund, 1963). Disse regionale variationer har været et udtryk for særlige forhold i miljø og klima på de specifikke steder, og som enten beskyttede bygningen og/eller kunne fremme særlige forhold omkring gårdens produktion. Et andet væsentligt træk ved kulturen, som har haft afsmitning på byggeskikken var, at det ikke var unormalt at landsbyen blev flyttet rundt i det nære landskab, hvis f.eks. vandkilden var blevet forurennet, eller der var behov for at indtage nye marker (lex.dk, 2022). Dvs. bygningerne kunne skilles ad og samles igen på de nye marker (Søren Vadstrup, 2020).

Et andet træk ved byggeskikken var, at bindingsværkets opførsel og vedligehold ikke kun var knyttet til årets gang, men også til landsbyens sammenhængskraft.

Byggeskikken var tæt knyttet til landsbylivets fællesskabsforståelse. Før udskiftningerne og landboreformerne, hvor markarealer blev omfordelt og gårde blev udflyttet til selvstændige produktionsenheder, var landsbyen et arbejdsfællesskab (Steensberg, 1971). Fællesskabet delte de omkringliggende gode og dårlige marker til dyrkning ligeligt mellem gårdene, og græsningsarealerne for dyrene var fælles (lex.dk, 2023). Deri lå der også en fælles enighed om, hvem der dyrkede hvad på hvilke marker, da man arbejdede efter rotationsprincipper.

Dette fællestræk satte også sit aftryk på byggeskikken, hvor forskellige mundheld om vedligeholdelse i forhold til årets gang opstod – f.eks., at der skal kalkes før Pinse. Heri lå der underforstået også, at tavl og stokværk skulle eftergås, før der kunne kalkes (Bak-Andersen, 2020). En sådan talemåde indeholdt både anvisninger om, at kalkningen egner sig bedst i den klimatiske tid omkring forårsmånederne, men også en sikring af, at hver gård i landsbyen varetog sin vedligeholdelse rettidigt, så samarbejdet omkring dyrkningen ikke fejlede.

Det samme ses ved f.eks. brandsikring, hvor troen var, at en brandhage, som hang enten i vognporten eller på husgavlen ville holde branden væk. Overtroen skabte således konformitet på tværs af landsbyen i forståelsen af, hvor man kunne finde værktøjerne til at afværge brand (Beim et al., 2023). Fællesskabsforståelsen i byggeskikken viste sig også når bygningen skulle bygges, eller ved istandsættelsen af samme. F.eks. blev der inviteret til klinegilder, når en gård skulle have klinet sine tavle. I denne forbindelse lånte gårdene hinandens karle og piger til at forestå klinearbejdet. Til gengæld holdt husbonden et gilde som tak for dagens arbejde (Tang Kristensen, 1987). Det samme gjorde sig gældende, når køkkener, ildsteder og skorstene skulle bygges, hvor venner og naboer kom og hjalp til (Abrahamsen, 1979).

Bygge- og vedligeholdelsesarbejde har ikke været forbeholdt et særligt køn, men har grundlæggende været stærkt kønsopdelt.

F.eks. var det kvindernes arbejde at vedligeholde gulve ved at kaste bakkesand derpå, og det var decideret farligt for mænd at blive ramt af dette, da de kunne blive barnløse (Tang Kristensen, 1987). Andre steder, som på Læsø, var det kvindearbejde at tænge tagene, hvilket blev udført af ikke lønnede fællesskaber (Kibsgaard, 2012).

Da godt, ret tømmer kunne være en sjældenhed i visse egne af Danmark, var det i høj kurs. Dvs. at genanvendelse af bygningernes større konstruktionselementer var helt almindeligt. Genanvendelse af bindingsværkets dele er tydeligt aflæselige, da de optræder med ubenyttede taphuller eller med uorden i tømmermærker som afslører, at delen er kommet til fra et andet sted (Engqvist, 1989). Genbrugen kunne forekomme både internt i husstanden, hvor elementerne blev flyttet rundt, men det kunne også være handlet mellem gården, hvor bindingsværkets fag blev betragtet som løse, der kunne handles efter behov (Eybye, 2016; Tang Kristensen, 1987).

Gennem det 20. århundrede forsvandt størstedelen af Danmarks bindingsværksgårde bla. pga. manglende vedligehold. Derudover begyndte man at anvende nye mineralske eller kemiske byggevarer, som havde andre fysiske egenskaber end de organiske og derfor ødelagde de biogene materialer. Derudover var den historiske iscenesættelse af bondestanden som en laverestående, uddannet, uvidende og uren befolkningsgruppe nok også med til at sætte den traditionelle og historiske byggeskik i et dårligt og uattraktivt lys, hvis arkaiske åndsverden efterkrigstidens modernitet og en stigende (vestlig) globalisering ikke ville forbindes med.

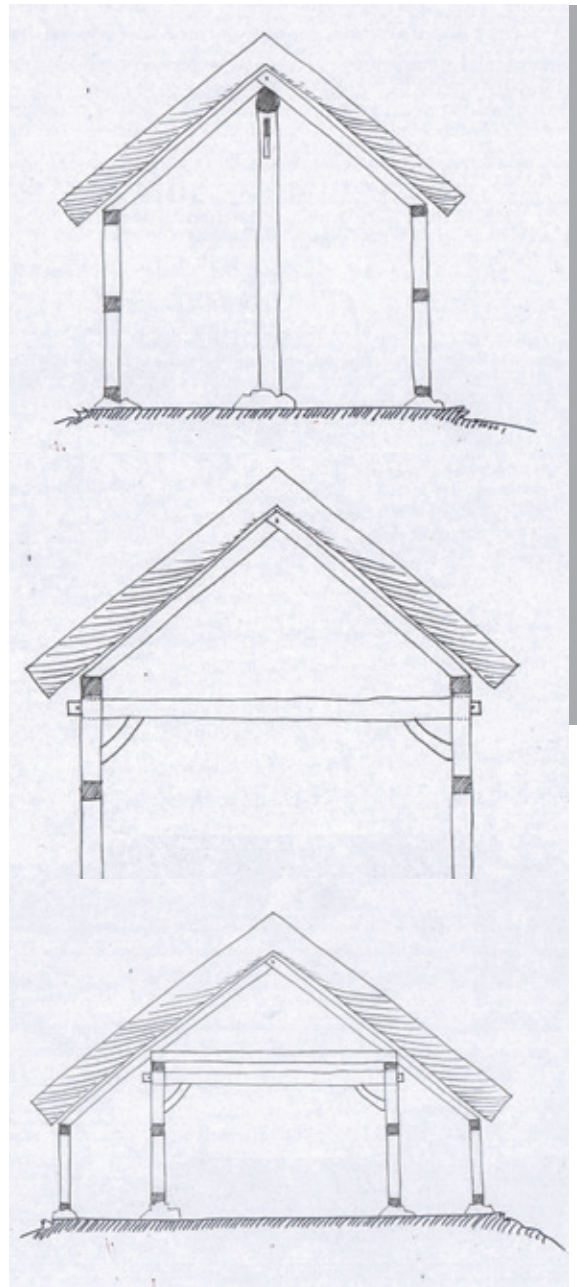


FIG 9: Principskitse af sule- (A), styrtrums- (B) og højremkonstruktion (C).  
© Henriette Ejstrup, 2024

## VÆGGEN

### Konstruktion

Væggen er opbygget af en række bærende stolper, som er bundet sammen med løsholter, som er tappet eller bladset ind i stolperne og fastholdt med nagler. Derudover kan strukturen være suppleret med dokker og skråstivere efter statisk behov eller dekorativ hensigt. Ved styrtrums- og sulekonstruktioner har ydervæggen en større statisk betydning, end ved højremskonstruktioner, hvor bæringerne lagdes indenfor facadevæggene.

Bindingsværk kan have flere stokværk, men dette har nok mest været almindeligt hos velstående bønder eller

funktionsbygninger, f.eks., vandmøller. Bindingsværkets tavler blev lukket af fletværk eller lodrette træstave (støjler), men også brændte/ubrændte sten eller bulfjæle afhængig af tid og lokation.

### Byggeteknik

Bindingsværkets bærende elementer blev udfærdiget med traditionelle tømmer teknikker og -redskaber. Lige tømmer, i god kvalitet, var at foretrække, mens krogede tømmerstykker var hyppigt anvendt som skråstivere fordi det havde stærke statiske egenskaber. Bindingsværket blev afbundet og prøvesamlet liggende, før det blev fragtet til byggepladsen og opsat og er hermed beslægtet med moderne tanker om præfabrikation.



FIG 10: Gården fra Fjelsted i Den Fynske Landsby er en sulekonstruktion, som har været egnskarakteristisk for Fyn. Stolperne er bundet sammen med et indtappet løsholt. I øverste tavler er der isat flettede vidjer, som er lerklinet indefra. Nedenunder opdeler en dok gående fra bundremmen op i løsholtet tavlet i to. Heri er der isat pudsede og kalkede teglsten. © Henriette Ejstrup, 2024



FIG 11: På Lynggården på Læsø er der anvendt lerklinede og kalket halmsime i tavlene. Simene er flettet omkring støjler som er notet ind i bindingsværkets løsholt og toprem. © Henriette Ejstrup, 2024



FIG 12: Genopførelse af 'Den Bornholmske Gård' på Frilandsmuseet. Klining af kostaldens vestvæg set fra vest. © Nationalmuseets online samlinger

Endvidere har det været en byggeteknik, der også har været tæt på standardiseret, hvad angår samlingsmetoder og mål. Bindingsværkets tavler blev udfyldt med vidjer af bløde og bøjelige træsorter, der blev flettet om lodrette støjler, der var boret ned i den bærende konstruktion. Herpå klinedes der med ler, hvorpå der kalkes.

Afhængig af bygningstypen og alder kunne tavlene også være lukket med vidjer og halmsime eller dukker, som er en type knude lavet af halm, lersten eller teglsten. Udover de lerklinede tavler, har gavlene endvidere været lukket af strå – enten som tæk eller som dukker, bræddebeklædning eller risflet afhængig af alder og egnstradition (Kirk, 1979). Farvesætningen på kalkningen og opstrøg af bindingsværket eller ej var egnsbetonet. Således har der på Sjælland været tradition for at kalke over 'stok og sten', mens der i Østjylland har været tradition for at male bindingsværket op i en anden farve end tavlet (von Jessen, 1986).



FIG 13: Bindingsværksfag på gård fra Fjelsted i Den Fynske Landsby. Øverst ses støjlerne i pil nedboret i løsholt og toprem. Herimellem er der flettet med vidjer. I de nederste tavler ses der ingen huller i tømmeret hvilket tyder på, at der her er anvendt en anden byggeteknik – f.eks. udmuring med ubrændte lersten. © Henriette Ejstrup, 2024

Indtil 1600-tallet var det også udbredt i skovrige egne at bruge egeplanker i tavlets udfyldning – de såkaldte bulhuse. Plankerne var planskåret af hele tømmerstokken og notet i stolperne skiftevis med rod og top, så deres koniske form udlignede hinanden. Byggeteknikken forsvandt langsomt gennem middelalderen, da konstruktionstypen af flere omgange blev forbudt ved kongelig forordning fordi den var for ressourcekrævende og egetræ blev en mangelvare (von Jessen, 1986). I det skovrige Sønderjylland blev teknikken anvendt langt op i tiden og det er i denne egn, at man i dag finder de sidste eksisterende eksempler, som ikke er museumsgenstande.

## Materiale

Materialet anvendt i bindingsværkskonstruktionernes vægge er karakteriseret af en lav bearbejdningsgrad. Materialer med lang tilvæksttid, som egetømmer, er primært blevet brugt strategiske steder for dets konstruktive egenskaber, mens biogene materialer af kortere tilvækstperiode, som strå, unge træer og grene fra f.eks. hassel og pil, blev anvendt til at lukke konstruktionen med. Da godt, lige tømmer var bekosteligt at anskaffe, blev sådanne stykker genbrugt indtil det var slidt op. Der-

udover er der anvendt ler, kalk og linoliemaling med pigmentering. I folkeopsamlingerne findes der intet decideret udlæg af, hvor lang levetid en bindingsværkskonstruktion havde, men dendrokronologiske undersøgelser af gamle gårdes konstruktioner har påvist at tømmer i bærende konstruktioner kan være op til over 500 år gammelt, hvis det er placeret og brugt hensigtsmæssigt i bærende konstruktioner (Eybye og Ejstrup, 2024).

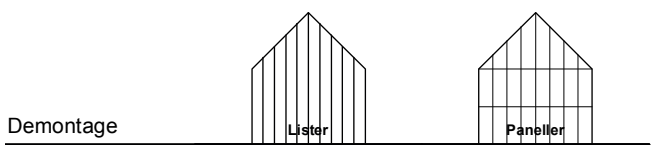
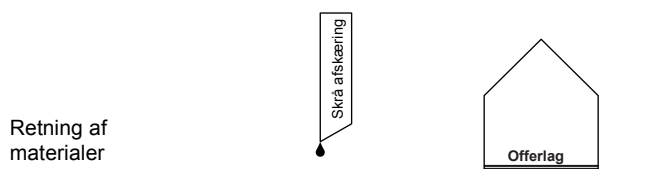
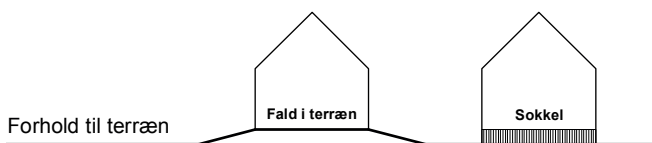
FIG 14: Bullade på Hjerl Hede. Bygningen er udført med stolper, der er indtappet i bund- og toprem. Tavlene er udfyldt med egeplanker, som er notet ind i stolperne. På gavlen er brædderne dyvlet fast, hvor de kraftige, afrundede dyvler også er brugt som et dekorativt og gennemgående element mellem gavltrekanten og portpartiet. © Henriette Ejstrup, 2015



## Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet

*Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* i forhold til terræn, udkragning, materialers retning, materialers afskæring, demonterbar fastgørelse, synlige konstruktioner og vedligeholdelsesgang m.m.



Se derudover kapitlet *Kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til potentialerne vedr. skovbrug, landbrug og hedebrug.



## TAGET

### Konstruktion

Tagkonstruktionerne i bindingsværksbygningerne fordeles sig på de tre typologier; styrtrums-, højrems- og sulekonstruktion. I styrtrumskonstruktioner lægges spærerne af på væggenes toprem, mens selve bjælkelaget, bindebjælkerne, er gennemstukket i vægkonstruktionens bærende lodrette tømmer med en tap, som holdes fast på vægstolpens yderside med to dyvler. Indvendigt har det været anvendt at understøtte bjælken med knægte for at forstærke konstruktionen. Konstruktionen gør, at tagrummet forhøjes en smule, da der inddrages et stykke af væggenes konstruktion og den ligeledes har været nem at skille ad (Søren Vadstrup, 2020).

Højremskonstruktionen ligner på sin vis styrtrumskonstruktionens logik, men her er den bærende konstruktion flyttet ind i bygningen og en 'sekundær' konstruktion er bygget udenpå for at danne klimaskærm.

Konstruktionen er udstyret med en decideret spærkonstruktion, men gør også brug af en bindebjælke.

Konstruktionens egentlige ydervægge sidder således som udskud udenpå den bærende konstruktion. Sulekonstruktionen adskiller sig fra de to ovenfor beskrevne konstruktioner ved at have en række bærende søjler (suler) i midten af bygningen, som bar en ås, hvorpå spærerne, her kaldet hængeltræer, var lagt af og spændte ud til ydervæggens toprem. Sulerne kunne være udstyret med skrånstivere, der var tappet eller kæmmet ind i åsen og bindebjælker, der var kæmmet sammen med spærerne for yderligere afstivning. Ofte var sulerne indarbejdet i en indvendig skillevæg. Taget var typisk tækket med et stråmateriale, som var syet om lægter med bomkant, finske lægter, eller bundet med kæppe. Tækningen afsluttedes med en mønning.

FIG 15: På gården fra Agger på Frilandsmuseet kan man i det indre af styrtrumskonstruktionen se stråtagets syninger med garn om de finske lægter. Som brolægning er der anvendt et lag af rør. Spærerne er indkæmmet i topremmen og fastholdes bl.a. af de indkæmmede hanebånd nær kip. © Henriette Ejstrup, 2015







FIG 17: Kvostedhus på Hjerl Hede er en styrtrumskonstruktion, som har rørtækket tag. Bygningen kommer fra en egn, hvor det har været almindeligt at anvende tørv som mønning. © Henriette Ejstrup, 2015

## Byggeteknik

Tagkonstruktionerne blev rejst sammen med væggene, som en del af det samlede bindingsværk. Ofte blev det anvendt, at konstruktionen blev afprøvet, afbundet på afbindingspladsen, for at teste om samlingerne passede. Herefter blev det rejst på byggepladsen og afslutningsvis blev taget tækket. Byggeteknik knytter konstruktionen sig til det traditionelle tømmerhåndværk med øksen som central værktøj. Til formålet fandtes der flere specialiserede økser som, Bindøkse, skavhug, Kværøkse, Stikøkse og Skarøkse (Nyrop, 1887). Afhængig af egnstraditionen var der forskellige skikke for, hvem der tækkede konstruktionen. Således var det f. eks. på Læsø kvinder og børns arbejde, mens det andet -steds var tækkemanden eller bonden selv, der sørgede for tækningen. Allerede i fællesskabets tid var det dog almindeligt at hyre en tækkemand (Abrahamsen, 1979). Tækningen foregik ved, at der først blev lagt et brolag af enten strå, grene eller lyng, afhængig af egnstraditionen, som sikrede at tækkematerialet ikke faldt ned mellem lægterne. Herpå blev knippe af strå eller rør syet fast med garn om lægterne. Ved det bundne tag anvendtes der kæppe, som holdt knippene fast og disse fæstnedes så til lægterne. Mønningens materiale af-

hang af egnstraditionen og tilgængelige materialer. I nogle egne har det været almindeligt at anvende krumme stykker egetræ til at surre mønningen fast, de såkaldte kragtræer (Tækkelaug, 2023; von Jessen, 1986). Ved særlige traditioner, som tanghusene på Læsø og Endelave, samt græstage på Gotland, har materialet været lagt løst op, stampet sammen og holdt nede af egenvægten (Engqvist, 1944).



FIG 16: Sulegården på Hjerl Hede ses her med et ældre anlagt stråtag og mønning i strå. Bindingsværket er simpelt med lerpuddede tavler. © Henriette Ejstrup 2015

## Materiale

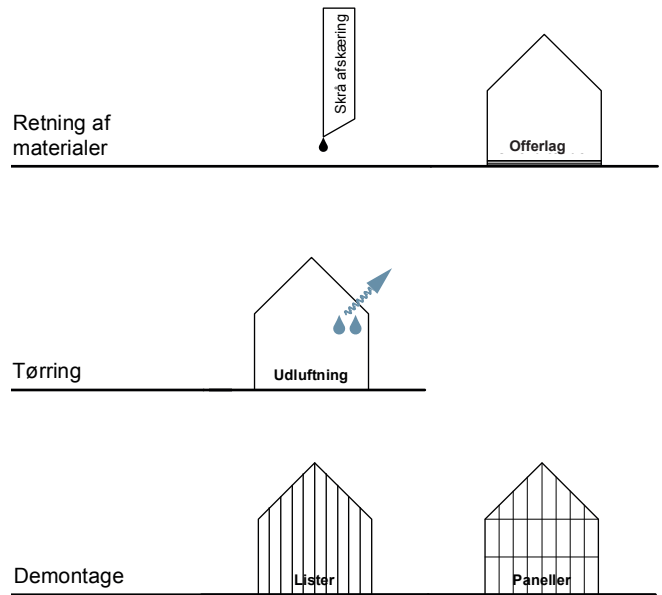
Lige tømmer af god kvalitet har været i høj kurs, men også ukurant og kroget træ var anvendt for styrken i dets naturlige form. Lægter har været afrundet for ikke at slide unødvendigt på bindegarnet, men har således også været mindre holdbare. Nogle steder har der været meget specifikke traditioner omkring indsamling, tørring og opbevaring af tækkemateriale, hvor f.eks. høst og tørretider for tagrør har været systematisk foretaget i forhold til året (Bak-Andersen, 2020). Til tækningen har der alt efter egnstradition og tilgængelige materialer været anvendt tagrør, rughalm, lyng, tang og visse steder træspån (bæverhaler). Taget afsluttedes med en mønning, der ligeledes efter egnstradition kunne være udført i strå, lyng, tang eller tørv og kunne have korslagte, egetræsstykker, kragtræer. Stråtag i Danmark er tidligere blevet antaget til at kunne holde omkring 30 år, mens tangtage er dokumenteret til at have haft en holdbarhed på flere hundrede år (Kibsgaard, 2012; T. Lund, 1929). Da der har været praktiseret løbende vedligehold og partiel udskiftning, er reelle levetider uvisse. Ligeledes er der heller ikke nogen indikationer om lokation, vejrliget og verdenshjørnernes påvirkning herpå. Bærende sulekonstruktioner, som f.eks. Vinkelgården på Hjerl Hede, er dendrokronologisk dokumenteret til at være over 400 år gammel (Inger Laigaard, 2014).

FIG 18: På Læsø har det været anvendt at bruge birkegrene som brolag. Her ses teknikken på på Lynggården. © Henriette Ejstrup, 2024



## Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet *Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* i forhold til materialers retning, materialers afskæring, ventilation og demonterbar fastgørelse m.m.



Se derudover publikationen *Kortlægning af biogene materialers anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til potentialerne vedr. skovbrug, landbrug, hedebrug og paludikultur.



## FUNDAMENTET

### Konstruktion

Fundamentet bestod oftest af syldsten, hvorpå bindingsværkets bundrem var lagt. Terrændækket kunne være et jordstampet gulv, teglsten, eller bræddegulv, der var lagt på strøer, som typisk ville være indkæmmet i bundremmen. Syldstenene kunne være tildannet og lagt som en decideret sokkel, men mest almindeligt var nok, at der lå en enkelt linje af store marksten, som løftede fodremmen fra grundfugt. Syldstenen kunne være malet eller tjæret med trætjære.

### Byggeteknik

Stenene blev fundet lokalt i forbindelse med markarbejde og anvendt direkte til fundamentet, hvor det blev udlagt, før bindingsværket blev afbundet på pladsen. Hvis sylden bestod af flere skifter, kunne der være brugt mørtel til at binde dem sammen med. Hvis stenene skulle tildannes krævede det rette værktøjer og kompetencer til at hugge stenene i den rette facon. Soklen

kunne afslutningsvis males med trætjære iblandet en mørk pigment (f.eks. kønrøg). Den mørke farve har både tiltrukket varme og derved afhjulpet en smule til at fjerne grundfugt. Sylden har ligeledes være suppleret af en pigstensbelægning af f.eks. af søsten eller granit, der har været lagt med stenens korteste side mod huset, så vandet blev ledt væk fra bundremmen. Derudover sikrede pigstenene, at dråber fra taget ville blive slået i stykker og tilbagesprøjt på husmuren dermed minimeret.

### Materiale

Sylden bestod typisk af kampesten eller marksten, som enten blev fundet rundt om i landskabet, eller genanvendt fra andre gårde. Afhængig af typen af fundament kunne syldstenene blot være placeret i en linje under bundremmen, eller stables til et højere linjefundament, hvor stenene også kunne være blevet afrettet og muret sammen med kalkmørtel. Stenene kunne stå ubehandlet, eller været kalket eller tjæret med trætjære afhængig af egnstradition.

FIG 19: Præstegård fra Tommerup i Den Fynske Landsby har en høj sokkel lagt som en tærmur af utildannet marksten. © Henriette Ejstrup, 2024





FIG 21: På 'træskomagerhuset' fra Vigerslev I den Fynske Landsby ses et let tildannet fundament i kampesten, der hæver bundremmen op over terrænet. Terrænet er brolagt med pigsten, som afhjælper opsprøjt fra regn ved at slå dråberne i stykker samt hjælper med vandafledningen ved at stenens 'korteste' side er lagt vinkelret mod huset, og derved leder vand ned langs stenenes 'lange' side. Bundremmen er sammensat af flere tømmerstykker sammenføjnet af bladsamlinger. © Henriette Ejstrup, 2024

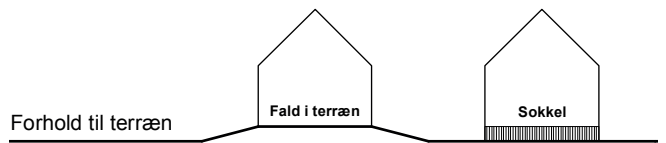


FIG 20: Vinkelgården på Hjerlhedede er opført som en højremkonstruktion, hvilket afspejler sig ved bindingsværkets aftegninger i gavlen, hvor to højstolper ses i andet til fjerde fag, mens de første og sidste fag i konstruktionen er udført som en tilbygning hertil, udsået. Gavlens bundrem lægger af på en række af syldesten, hvor hjørnestenene er let tildannet. © Henriette Ejstrup, 2015

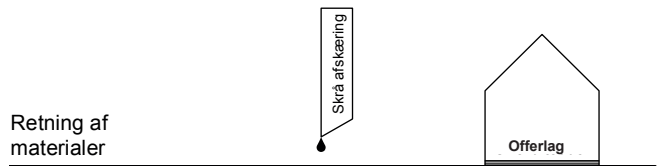
## Perspektiver

Relevante perspektiver findes i kapitlet

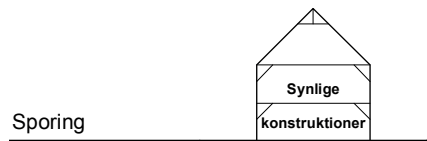
*Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer* i forhold til terræn, afledning af vand, materialers retning, synlig konstruktion og vedligeholdelsesgang m.m.



Forhold til terræn



Retning af materialer



Sporing

Se derudover kapitlet *Kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri* i forhold til potentialerne.





FIG 22: Lynggården på Læsø er opført som en højremskonstruktion. Bindingsværkets tømmer er spinkelt uden overflødig brug af træ, da dette var en mangelvare på øen. Træ var derfor ofte noget man bjærgede fra strandinger. Konstruktionen har ingen gennemgående fodrem hvorfor de fleste stolper hviler direkte af på en linje af syldsten. © Henriette Ejstrup, 2024

# SAMMENFATNING

## Byggeskik

Den skandinaviske folkelige byggeskik var egnspræget men ikke stavnsbundet. Den har været præget af:

- lokale tilpasninger
- byggende og flytbare fællesskaber
- løbende vedligeholdelse efter årstidsbestemte rutiner

Byggeskikke på tværs af Skandinavien besidder en stor egnesspecifik variation. Bygningerne er blevet lokalt tilpasset kontekstens klima og miljø, herunder relation til landskabet og omgivelserne, placeringen, byggeteknik og anvendelse af tilgængelige materialer. Generelt beror skikkene på byggende fællesskaber, hvor man i vid udstrækning har hjulpet hinanden. Man hjalp hinanden, men var også afhængig af alles respektive selvoprettholdelse, fordi landsbyen var én samlet 'produktionsenhed'. I samme ånd har løbende vedligehold og årstidsafhængige rutiner været formaliseret i fællesskabet i kraft af bl.a. talemåder eller 'overtro' om, hvornår særlige typer af arbejde skulle udføres. Dette for at sikre ikke kun bygningernes rutinemæssige opretholdelse, men det lokale samfunds identitet som helhed. Tillige var landsbyens placering ikke nødvendigvis permanent. Landsbyen blev flyttet rundt i det nære landskab efter behov, når f.eks. vandforsyningen var blevet forurennet, eller der var brug for at indtage nye marker.

## Konstruktion

Konstruktionerne har været udført efter nøjsomme, men sofistikerede logikker. De har været:

- dimensioneret efter kroppen
- differentieret i henhold til materialet og dets konstruktive formål
- designet til at kunne adskilles

Dimensioneringen af konstruktionerne var sjældent større end, at få personer kunne håndtere elementerne



FIG 23: Partiel reparation af skrånstiver i bindingsværkskonstruktion i Den Fynske Landsby. © Henriette Ejstrup, 2024

på byggepladsen uden yderligere mekanisk hjælp. Materialerne anvendt i konstruktionens forskellige elementer har været særligt udvalgte i forhold til deres specifikke formål, så ressourcerne blev udnyttet bedst muligt. Det kunne f.eks. være at mere bestandige, biogene materialer, der havde haft en lang tilvæksttid, blev anvendt ved bæringer eller steder, hvor det var mere udsat for vejrlig, mens materialer med hurtige tilvækstperioder blev anvendt i ikke bærende elementer, eller som offerlag. Derudover var der ofte indarbejdet konstruktive eller årstidsbestemt beskyttende elementer, som tagudhæng, pigsten og halm på facaderne. De simple, let aflæselige logikker gjorde også, at elementerne kunne skilles ad igen uden at materialer der tog lang tid at fremdrive, og derfor var en stor økonomisk udgift, gik til grunde og de kunne dermed blive direkte genbrugt internt i husholdningen, videreudnyttede til andre formål/genanvendelse, eller sælges som løse.

## Byggeteknik

Byggeteknikkerne var præget af simple metoder og værktøjer. De var:

- funderet i forhistoriske teknikker, men under løbende forældning
- domineret af snedker-, tømmer- og væverhåndværk
- et udtryk for et dybt materialekendskab

Traditionelt tømmer- og snedkerhåndværk og -redskaber har været dominerende i en kombination med afarter af vævning, der peger tilbage på teknikker anvendt i forhistorisk tid. Byggeteknikkerne har været tæt knyttet til egenskikke i forhold til hvilke personer og køn, der varetog bestemte konstruktions- eller vedligeholdelsesopgaver på bestemte tidspunkter af året. Det tekniske blev dermed også knyttet sammen til en større åndsverden og fællesskabsforståelse i samfundet. Dermed sikredes også overlevering af håndværksmæssig kundskab og dybt materialekendskab omkring, hvilke materialer, der kunne benyttes til hvad og hvordan de skulle behandles korrekt i forarbejdelsen og under konstruktionen.

## Materialer

Biogene og genanvendte materialer har været centrale i vores traditionelle byggeskik og kultur. Materialerne har:

- været lokalt forankrede
- haft en lav bearbejdningsgrad
- varieret mellem at blive anskaffet ved naturpleje/sankning, videreudnyttelse af restprodukter, nyproduceret materiale og genbrug/genanvendelse.

Materialebrugen i den historiske bygningskultur har knyttet sig til den nære og lokale kontekst og derfor været egnesspecifikke i forhold til, hvad der har været let tilgængeligt i et særligt område. Bearbejdningsgraden af materialerne har været lav og vejen fra høst til byggemateriale har været kort, omend der i nogle byggeskikke forekommer lange processer omkring korrekt tørring og håndtering. Materialer anvendt på tværs af egnsbyggeskikke kan kategoriseres i tre grupper: 1) biogene materialer (græs- og træsorter), 2) uorganiske



FIG 24: Udlusning i bræddegulv i bygning i Den Fynske Landsby.  
© Henriette Ejstrup 2024

materialer (sten, sand og kalk), og 3) jordarter, herunder ler. Primært græssorterne, f.eks. halm, knytter sig til specifikke dyrkningskulturer og udspringer af et overskudsprodukt i landsbyens landbrug. Sankekultur har været definerende for materialernes vej til byggeriet. Dette ses f.eks. ved tagrør, som ikke har været decideret dyrket. Der har ikke været særligt store, kommercielle interesser i at dyrke træ til de lavere stande, så sankning har også her været essentiel for at skaffe sig tømmer, mens vragtømmer i kystnære egne også har været væsentlige kilder til byggemateriale.

Pleje eller specifik udvælgelse har sikkert også været en del af sankeprocessen – altså foregik der en form for pleje af den 'vilde' natur. Genanvendelse af ressourcer, har været essentielle – både internt i husholdningen, men også mellem bygningerne. Særligt ressourcer som har været svære at skaffe, eller hvis tilvæksttid er lang, såsom godt, lige tømmer i bærende konstruktioner, eller sten af rette beskaffenhed til fundamenter, har været særligt passet på og flittigt genanvendt, mens materialer med kortere tilvækstperiode, som strå, rør og ris, har været nemmere at skaffe, mere udsatte og derfor haft en kortere levetid. Datidens mennesker har ikke haft generelle betragninger omkring materialers levetider, men i flere kilder nævnes det f.eks. at et godt tækket eller tænget tag kunne holde så-og-så lang tid. Dvs. håndværkskvalitet og materialer blev set i forlængelse af hinanden. Derudover har der i kulturen været en bred forståelse af, at det ud fra et økonomisk husholdningsperspektiv gav bedst mening, at alle materialerne levede længst muligt.

# LITTERATUR

- Abrahamsen, P. (1979). Trae og fest. <https://www.e-pages.dk/traeinfo/73/>
- Arnö-Berg, I., & Björnstad, A. (Eds.). (1980). Skansens hus och gårdar. Nordiska museet : Skansen.
- Bak-Andersen, S. (2020). Gammel viden til nye bygninger: Traditionelle byggematerialer og håndværksteknik i nutidigt byggeri.
- Beim, A., Ejstrup, H., Østerby Arnfred, L. (red.), Kaarup, J., & Hohlman, M. (2023). Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling: CO2-neutral brandsikring af tækkede lodrette flader. (1 udg.) Miljøministeriet \* Miljøstyrelsen. MUDP Rapport
- Benzon, G. (1984). Gammelt dansk bindingsværk. Kreditforeningen Danmark.
- Benzon, G., & Nielsen, A. (2001). Danske bygningsudtryk. Foreningen RealDanmark.
- Bing, L. H. (1806). Beskrivelser over Læsø 1802 med tillæg til samme, 1806 (Genoptryk). Rosenkilde og Bagger.
- byggeskik—Den Danske Ordbog. (n.d.). Retrieved 21 May 2024, from <https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=byggeskik>
- Dagsbo, P. (2018). Bulladen Tyrstrup, De ulovlige huse lever endnu—1001 fortællinger om Danmark. [http://www.kulturarkiv.dk/1001fortaellinger/da\\_DK/bulladen-tyrstrup](http://www.kulturarkiv.dk/1001fortaellinger/da_DK/bulladen-tyrstrup)
- Den Danske Ordbog. (2024a). Konstruktion. <https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=konstruktion>
- Den Danske Ordbog. (2024b). Teknik. <https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=teknik>
- E. Møller & O. Olsen. (1961). Danske trækirker. In Nationalmuseets Arbejdsmark (pp. 35–58).
- Ehrhardt, B., & Brande, M. (1980). Bygninger på Frilandsmuseet: Opmålings tegninger. Frilandsmuseet. Ejstrup, H. (2019). Varmeisoleringens Tektonik—Hvad er der i fortiden for fremtidens byggeri? KADK. Engqvist, H. H. (1944). Læsø Byggeskik. Nationalmuseets Arbejdsmark, 1944, 49–60.
- Engqvist, H. H. (1989). Tømmernumre og andre former for afbindingsmærker anvendt paa bindingsværk og tagværker i verdslige bygninger. Bygningsarkæologiske Studier, 1989.
- Eybye, B. (2016). Bæredygtighed i Danmarks førindustrielle bygningskultur og dens aktuelle relevans, Belyst gennem studier af seks boliger. Aarhus : Arkitektskolen Aarhus.
- Fascari, M. (1984). The Tell-the-Tale Detail. VIA7: The Building of Architecture, 23–37.
- Hans Becker-Larsen. (2004). Kompendium i blokhusbygning. Skovskolen.
- Hartoonian, G. (1994). Ontology of Construction, On nihilism of technology in Theories of Modern Architecture. Cambridge University Press.
- Højrup, O. (1974). Landbokvinden, rok og kærne: Grovbrød og vadmel. Kbh.
- Inger Laigaard. (2014). Vinkelgården. Skalk, 2. <https://billundbib.dk/work/work-of%3A159082-fag-bib%3A000174923?type=artikel>
- Jensen, Chr. A. (1933). Dansk Bindingsværk fra Renæssancetiden, dets Forhistorie, Teknik og Dekoration. Gad.
- Jespersen, S. (1961). Studier i Danmarks bønderbygninger. Nationalmuseet.
- Kibsgaard, S. (2012). Kalines tanghus på Læsø. Realdania.
- Kirk, F. (1979). Tre primitive sjællandske gavle. Arkitekturstudier tilegnede Hans Henrik Engqvist (pp. 160–163). Arkitektens Forlag. Kirk, F. (1980). Bygninger på Frilandsmuseet. Frilandsmuseet.
- Kongsgaard, L. (Ed.). (1994). Det danske træhus: En levende tradition. Træbranchens oplysningsråd.
- lex.dk. (2022, December 16). Landsby. Den Store Danske. <https://denstoredanske.lex.dk/landsby>
- lex.dk. (2023, March 29). Dyrkningsfællesskab. Den Store Danske. <https://denstoredanske.lex.dk/dyrknings-f%C3%A6llesskab>
- Ludvigsen, A., & Steensberg, A. (1941). En dansk Bondegaard gennem 2000 Aar. Gyldendal.



- Lund, T. (1929). *Dagligt Liv i Norden i det sekstende Aarhundrede: Vol. 5. udgave (Folkeudgave)*. Gyldendalske Boghandel ; Nordisk Forlag. <http://runeberg.org/dagligt/materiale>—
- Den Danske Ordbog. (n.d.). Retrieved 8 May 2024, from <https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=materiale>
- Michelsen, P. (1979). *Bondehuses alder*. Nationalmuseet.
- Nielsen, N. A. (2008). *Dansk etymologisk ordbog: Ordenes historie (5. udg., 1. opl. Uændret optr. af 4. udg., 5. opl.)*. Gyldendal.
- Nyrop, C. (1887). *Kjøbenhavns Tømmerlav: Industrihistoriske meddelelser*. C.A.Reitzel.
- Oliver, P. (Ed.). (1997). *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge University Press.
- Roar Hauglid. (1989). *Nordens eldre trekirker*. Forvannen, 51–56.
- Schiølin, K., & Riis, S. (2013). *Nye spørgsmål om teknikken*. Aarhus Universitetsforlag.
- Semper, G. (2010). *The Four Elements of Architecture and Other Writings (H. F. Mallgrave, Ed.)*. Cambridge University Press.
- Søren Vadstrup. (2020). *Styrtrumshuset—Det danske landbindingsværkshus immaterielle kulturarv*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.bevardithus.dk/wp-content/uploads/Styrtrumshuset-ny-1.pdf>
- Steensberg, A. (Ed.). (1981a). *Dagligliv i Danmark: 1620-1720: I fløj eller vadmæl (2. udgave (fotografisk optryk))*. Gyldendals Bogklub.
- Steensberg, A. (Ed.). (1981b). *Dagligliv i Danmark: 1720-1790: Nyttige kundskaber og honnet ambition (2. udgave (fotografisk optryk))*. Gyldendals Bogklub.
- Steensberg, A. (1986). *Pebringegården: Folk og dagværk fra oldtid til nutid*. Wormianum.
- Steensberg, A. (red. ). (1971). *Dagligt liv i Danmark i det syttende og attende århundrede: 1720-1790*. Gyldendal.
- Stoklund, B. (1963). *Landbygninger indtil 1870*. In H. Lund & K. Millech (Eds.), *Danmarks bygningskunst fra oldtid til nutid (1963rd ed., Vol. 1963)*. H. Hirschsprungs forlag.
- Stoklund, B. (1969). *Bondegård og byggeskik før 1850*. Dansk Historisk Fællesforening. <https://slaegtsbibliotek.dk/908033.pdf>
- Stoklund, B. (Ed.). (2003). *Ander veje til middelalderhuset*. In *Bolig og familie i Danmarks middelalder*. Jysk Arkæologisk Selskab ; Distribution, Aarhus Universitetsforlag.
- Tækkelauget. (2023). *Veludført stråtag*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/<https://www.danskindustri.dk/siteassets/di-byggeri/medlemsforeninger/takkelaugget/veludfort-stratag-9.-udgave-oktober-2023-2.pdf?v=240531>
- Tang Kristensen, E. (1987). *Gamle folks fortællinger om det jyske almueliv, som det er blevet ført i mands minde, samt enkelte oplysende sidestykker fra øerne. (2. udg; optrykt efter originalen 1891-1905)*. Busck. [https://archive.org/stream/gamlefolksforta03krisgoog/gamlefolksforta03krisgoog\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/gamlefolksforta03krisgoog/gamlefolksforta03krisgoog_djvu.txt)
- Vadstrup, S. (2021). *Landhuset: Historie, bevaring, istandsættelse (1. udgave)*. Lindhardt og Ringhof.
- von Jessen, C. (Ed.). (1986). *Landhuset: Byggeskik og egnspræg : gode raad om vedligeholdelse og istandsættelse*. Gyldendal.
- Zangenberg, H., & Ingemann, H. (1982). *Danske bøndergaarde: Grundplaner og konstruktioner: foredrag holdt ved det 3. nordiske folkelivs- og folkemindeforsker møde i København 1924 (2. udg)*. Foreningen Danmarks folke-minder.

**Online:**

Center for Bygningsbevaring i Raadvad, Anvisninger til Bygningsbevaring, Bindingsværkshuse i Danmark, Søren Vadstrup, 2010, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.bygningsbevaring.dk/uploads/files/anvisninger/8-ANVISN\_Bdv\_huse\_DK.pdf

Kompendium i Blokhushbygning, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://www.tjoringspejderne.dk/files/2018-09/Blokhush.pdf

Danskernes Historie Online, Bygninger før i tiden - Brandforsikring og bygningshistorie, Harry Christensen, 1996, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgglefindmkaj/https://slaegtsbibliotek.dk/905057.pdf

## Fotos/Illustrationer

Metode og afgrænsning

FIG 1: © Nationalmuseets online samlinger: <https://samlinger.natmus.dk/dnt/asset/487210>

Blokhuse

FIG 2: © Nationalmuseets online samlinger: <https://samlinger.natmus.dk/flm/asset/233695>

FIG 3: © Henriette Ejstrup, 2024

FIG 4: © Henriette Ejstrup, 2024

FIG 5: © Henriette Ejstrup, 2015

FIG 6: © Henriette Ejstrup, 2015

FIG 7: © Henriette Ejstrup, 2015

FIG 8: © Nationalmuseets online samlinger: <https://samlinger.natmus.dk/dnt/asset/537719>

Bindingsværk

FIG 9: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 10: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 11: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 12: © Nationalmuseets online samlinger: <https://samlinger.natmus.dk/flm/asset/1392>

FIG 13: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 14: © Henriette Ejstrup 2015

FIG 15: © Henriette Ejstrup 2015

FIG 16: © Henriette Ejstrup 2015

FIG 17: © Henriette Ejstrup 2015

FIG 18: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 19: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 20: © Henriette Ejstrup 2015

FIG 21: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 22: © Henriette Ejstrup 2024

Sammenfatning

FIG 23: © Henriette Ejstrup 2024

FIG 24: © Henriette Ejstrup 2024









# KONSTRUKTIV BESKYTTELSE AF BIOGENE MATERIALER

Risikofaktorer, konstruktive beskyttelsesstrategier  
og byggetekniske løsninger som påvirker biogene  
materialers holdbarhed

*Af Nini Leimand og Johannes Schotanus*

## OM FORFATTERNE

Nini Leimand er lektor ved Institut for Bygningskunst og Teknologi og programansvarlig for instituttets bachelorprogram; Arkitekturens Anatomi og Fabrikation. Hun er Cand. Arch fra Det Kongelige Akademi og Ph.d. fra Det Kongelige Akademi – Center for Industriel Arkitektur (CINARK). Hendes forskningsfelt er centreret omkring anvendt byggeteknik – herunder blandt andet konstruktivt byggeri og blokmurværk.

Johannes Schotanus er studielektor på Det Kongelige Akademi – Institut for Bygningskunst og Teknologi og underviser på bachelorprogrammet Arkitekturens Anatomi og Fabrikation. Han er Cand. Arch. fra Delft University of Technology. Johannes Schotanus er praktiserende arkitekt og driver en tegnestue i sit eget navn.



# KONSTRUKTIV BESKYTTELSE AF BIOGENE MATERIALER

Risikofaktorer, konstruktive beskyttelsesstrategier og byggetekniske løsninger som påvirker biogene materials holdbarhed

## KAPITLETS INDHOLD

---

Indledning og afgrænsning	50
Tre strategier for beskyttelse	52
Risikofaktorer	54
Taksonomi	56
Første strategi	59
Holde skadelige elementer væk	
Anden strategi	89
Håndtering af skadelige elementer	
Tredje strategi	99
Vedligehold	
Litteratur og kreditering	116

# INDLEDNING

Dette kapitel består af en afgrænset kortlægning af tekniske strategier og byggetekniske løsninger til konstruktiv beskyttelse af biogene materialer.

At beskytte materialer og konstruktionsdele ved brug af særligt udviklede byggetekniske løsninger og detaljer er kendte metoder som har været anvendt i byggeriet i årtusinder. Der er udarbejdet en taksonomi som er opdelt i risikofaktorer, beskyttelsesstrategier og metoder. Beskyttelsesstrategierne og beskyttelsesmetoderne er ikke til tænkt specifikke biogene materialer, men er tænkt til biogene materialer generelt, som har mange fælles egenskaber i forhold til hvad de skal beskyttes imod.

Risikofaktorerne er evigtgyldige, men under fx. kategorien fugt, peger alt på, at mængden af nedbør kun vil stige, hvilket stiller højere krav til facadens robusthed og bygningens fundamentsopbygning. Fugt fra indeklimaet er også af mange grunde en tiltagende risikofaktor, blandt andet pga. høje komfortkrav til rumtemperaturen som dermed kan indeholde mere fugt.

Beskyttelsesstrategierne er ligeledes velkendte. Alment Teknisk Fælleseje i form af bl.a. SBI-anvisninger og TRÆ Informations håndbøger er afgørende kilder til at sikre konstruktiv beskyttelse og danner således udgangspunkt for nærværende publikation. Men ambitionen er desuden at inspirere til at genopdage snusfornuften og ikke mindst de karakterfulde motiver, som ofte ligger implicit i strategierne bag konstruktiv beskyttelse.

Beskyttelsesmetoderne bidrager i flere tilfælde til at løse flere vigtige forhold; Forstørrede vandbrædder opsat per etage og over vinduer beskytter f.eks. facaden, men kan også fungere som flammeafbøjere afhængig af geometri og materiale. Tagudhæng kan danne vedhæftning for altangange som beskytter den bagvedliggende facade, sikrer inspektion af den fulde facade samt mulighed for løbende vedligehold uden fordyrende opsætning af stillads.

## Afgrænsning

Konstruktiv beskyttelse bruger bevidst bygningens geometri og materialebrug til at beskytte biogene materialer. Konstruktiv beskyttelse af biogene materialer forstås i nærværende kortlægning som principper hvor man anvender bygningens udformning, detaljering og bevidst materialebrug til at beskytte de anvendte biogene materialer.

Den oprindelig definition af *Konstruktiv beskyttelse* fra TRÆ46 Træbeskyttelse (2001) præciserer, at "Konstruktiv beskyttelse har til formål, ved udformning af konstruktionsdetaljer, at beskytte træet mod klimatiske påvirkninger, primært fugt- og solpåvirkning". For at give biogene materialer en længere levetid skal de dog ikke kun beskyttes mod fugt- og solpåvirkning, men også mod andre risikofaktorer, som kortlægges i denne undersøgelse.

Udgangspunktet for kortlægningen har været konstruktioner, hvor der er anvendt biogene materialer, hvor det har været muligt. Da der endnu ikke findes mange bygninger bygget udelukkende med biogene materialer, er der også valgt bygninger hvor der indgår ikke-biogene materialer i den samlede konstruktion, men som ikke desto mindre eksemplificerer en metode for konstruktiv beskyttelse på en generelt kvalificeret måde.

Det er tilstræbt at favne både de radikale biogene facadebeklædninger udført af f.eks. lerimpregneret tækkede elementer, men også pege på konstruktioner hvor de biogene materialer ikke umiddelbart er synlige, men til gengæld udgør langt størstedelen af den bagvedliggende konstruktion. Sidstnævnte kunne være kendetegnet ved et yderst vejrbestandigt tyndt plademateriale såsom genanvendt aluminium, som beskytter og dermed muliggør en konsekvent biogen konstruktion bagved. På engelsk kaldes det "enablering materials" - lad os kalde det "det muliggørende materiale", som f.eks. flammeafbøjere af stål på en facade der gør det muligt at bruge en mere brandbar facadebeklædning, udført i f.eks. træ.

Tektoniske strategier bliver beskrevet i relation til udvalgte bygninger, og der har været et særligt fokus på metoder for konstruktiv beskyttelse som har tektoniske konsekvenser. Specifikke tektoniske strategier kan anvendes til at betone særlige æstetiske karaktertræk, understrege byggekulturelle traditioner, sikre materia- lers genbrug/-anvendelse eller medvirke til at differen- tiere konstruktioners levetid.

En underliggende præmis er at foretrække løsninger der synes selvforklarende frem for at sætte sin lid til avancerede produkter såsom fugtadaptive dampspær- rer, der ændrer egenskab (adapterer) afhængigt af om- givelsernes relative luftfugtighed.

Kortlægningen hidrører boligbyggeri og anvendelses- klasse 3 har været vejledende for at imødekomme mu- lig udlejning og dermed skærpede krav til fugt- og brandsikring i forhold til forsikring.

I forordet til TRÆ57 Træbeskyttelse (2009) står der, at det er netop samspillet mellem valg af træart, den kon- struktive træbeskyttelse og valget af kemisk træbeskyt- telse, der sikrer træets holdbarhed.

I denne udgivelse fokuseres der på løsninger, hvor byg- ningens udformning forholder sig bevidst til kontek- stens mikroklima og skærpes af en tektonisk detaljering af de biogene materialer, som ikke er afhængig af kemisk træbeskyttelse.

# TRE STRATEGIER FOR KONSTRUKTIV BESKYTTELSE

Tre konstruktive beskyttelsesstrategier for at forlænge levetiden af biogene materialer

## FØRSTE STRATEGI

### *Holde skadelige elementer væk fra biogene materialer*

Det første og mest effektive skridt til at beskytte biogene materialer er selvsagt, at holde skadelige elementer helt væk fra biogene materialer, så de så vidt muligt ikke bliver påvirket unødigt.

De fleste kender SBIs mantra: *VIS VAND VÆK - VAND VOLDER VANSKELIGHEDER!* Her godt 100 år efter modernismens radikale fejring af den abstrakte bygningskrop der 'vokser' uarticuleret op af jorden uden synlig sokkel eller den usynlige afvikling af tag og nedløb, måner de accellerende og ekstreme vejrforhold til at gensesøge glemte men basale konstruktive beskyttelsesstrategier.

Bygningens møde med terrænet og himlen er afgørende at beskæftige sig med på et meget tidligt stadium i projektudviklingen for at sikre bygningens holdbarhed.

Taget betegnes ofte som husets 5. facade. Tagkonstruktionen er en væsentlig del af bygningens klimaskærm og som regel den bygningsdel, der er hårdest påvirket af udeklimaet. At taget er en del af klimaskærmen betyder, at der stilles store krav til materialevalg, opbygning og udførelse af tagkonstruktionen, for at taget kan fungere og opnå en forventet lang levetid. (SBI 273, Taget, 2019)

## ANDEN STRATEGI

### *Håndtering af skadelige elementer når de er nået til de biogene materialer*

Det er ofte uundgåeligt at skadelige elementer når til de biogene materialer. Når det sker, handler det om at fjerne, afbøje eller neutralisere dem på en effektiv måde, så de ikke ødelægger materialerne.

Selvom biogene materialer er hygroskopiske, og derfor optager fugt enten fra luften eller ved direkte vandpåvirkning, afgiver biogene materialer villigt fugten igen, når forholdene er til det. En god træbeklædning er tør i lange perioder, fordi tynde træemner med en relativ stor overflade i forhold til volumet, vil tørre meget hurtigt ud efter en opfugtning. (Vadstrup, 2000)

Fleere biogene isoleringsmaterialer er netop i kraft af deres hygroskopiske egenskab i stand til at sprede en evt. fugtpåvirkning så hurtigt til et større areal således at der ikke opstår en kritisk høj lokal fugtprocent der skaber grobund for skimmeldannelse.

Hvis uheldet er ude i forhold til en vandskade af en art, kan det i langt de fleste tilfælde udbedres ved blot at skrue godt op for varmen og sikre god ventilation. I modsætning til andre materialegrupper er de biogene materialer som nævnt hurtigt til at tørre ud igen.

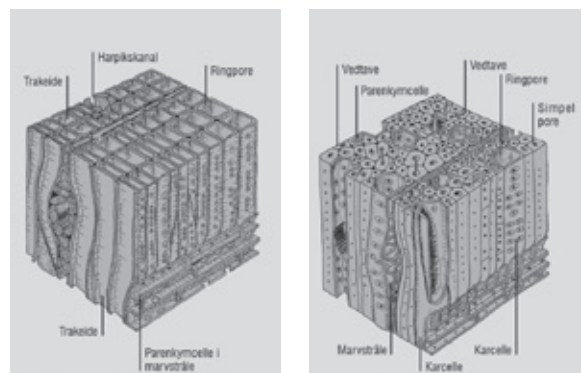
## TREDJE STRATEGI

### *Vedligehold; Sikre mulighed for inspektion, vedligehold og reparation*

Når skadelige elementer er ved at, eller har forårsaget nedbrydning af de biogene materialer, er det afgørende at det kan inspiceres, så rettidigt vedligehold, reparation og udskiftning løbende kan udføres.

Vedligehold er et vigtigt aspekt af konstruktiv beskyttelse af biogene materialer, da konsekvent og løbende vedligeholdelse og reparationer kan hjælpe med at håndtere problemer, før de forværres, især når skader nemt kan spores i kraft af lagernes tilgængelighed. Regelmæssige inspektioner muliggør tidlig påvisning af tegn på nedbrydning, skade eller skadedyrsangreb. Vedligehold forstås her derfor som afrensning, inspektion og reparation, som alle kræver adgang til de biogene materialer.

Bygningers udformning, detaljering og materialevalg spiller en stor rolle i hvor nemt og økonomisk det er at vedligeholde bygningen.



Cellernes opbygning i nåletræ (tv.) og i løvtræ (th.) © Teknologisk institut

# RISIKOFAKTORER

Hvad skal biogene materialer beskyttes imod?

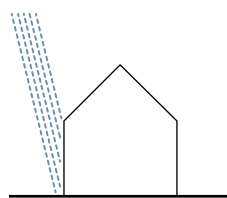
## FUGT

Bygninger påvirkes i stigende grad af fugt, både udefra og indefra. Denne publikation ser primært på vand i form af nedbør, opstigende grundfugt og overfladevand og strejfer kun overfladisk vanddamp/kondensvand og fugt i konstruktioner. Fugt indefra kan udover vanddamp fra respiration og madlavning, være byggefugt. Fugtpåvirkning fra brugsvand forekommer især fra vådrum i forbindelse med tøjvask, badning og ved gulvvask.

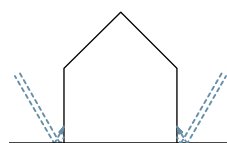
Vind og varme er medvirkende faktorer med ugunstig eller gunstig virkning i forhold til fugtpåvirkning. Vind er ikke medtaget som risikofaktor, selvom regn plus blæst i form af slagregn kan gøre vandpåvirkningen markant større end i stille vejr. Dels rammer regnvandet flader som i stille vejr er beskyttet af fremspring, dels betyder vindtrykket at utætheder i fuger lækker mere. Blæst kan på den anden side medvirke til hurtigere udtørring af opfugtede konstruktioner. Træ og mange andre biogene materialer kan som nævnt principielt godt tåle at blive vådt, når det bare tørrer hurtigt ud igen.

Varme kan ligeledes medvirke positivt til udtørring. Varme, herunder direkte solpåvirkning, er dog ofte en negativ faktor, da de fleste skadeprocesser forløber hurtigere ved højere temperatur, fx kemiske nedbrydningsprocesser, svampeangreb i træ etc. UV-lysets bølgelængde ødelægger desuden forbindelser i materialer.

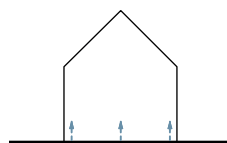
Frost er ligeledes medvirkende til skader, når vandet fryser til is i revner og sprækker mm. (Munch-Petersen, Johs. F., 1983, S.4)



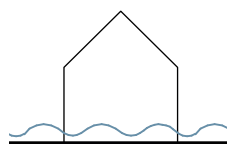
Påvirkning af nedbør



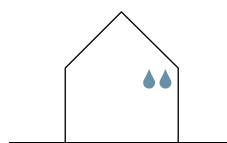
Opsprøjtende vand



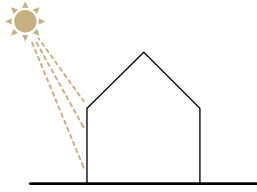
Opstigende grundfugt



Overfladevand

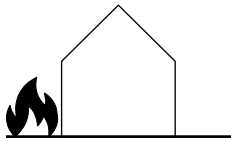


Fugt indefra



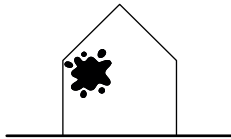
### UV-STRÅLER

Det synlige lys bevirker en opvarmning af facaden. Da træ har en god isoleringsevne, er det kun overfladen, der opvarmes. Forhøjet temperatur medfører udsvedning af harpiks fra nåletræ. Det ikke-synlige UV-lys nedbryder i træoverfladen de tyndhuedede vårvedsceller, som i et levende træ sørger for den opadgående vandtransport fra roden, modsat høstveddet som danner styrkevæv.



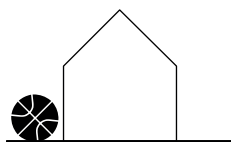
### BRAND

Biogene materialer brænder godt på grund af deres varierende indhold af kulstof og brint. Mange biogene materialer indeholder desuden olier, harpiks og fedtstoffer der let antænder. Strukturen i mange biogene materialer er desuden porøs, hvilket giver mulighed for bedre iltindtrængning og dermed mere effektiv forbrænding. Kalk eller ler kan tilsættes eller påføres de biogene materialer, for at undgå anden miljøbelastende brandimprægnering.



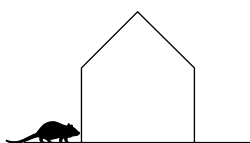
### SNAVS

Når ubehandlede biogene materialer udsættes for vejrliget, begynder den biologiske nedbrydning fra bakterier og svampe. Angrebet kan f.eks. forekomme som overfladisk mørkfarvet begroning, der mest minder om snavspartikler. Hvorvidt dette kun er en æstetisk problemstilling eller reelt nedbrydende, afhænger bl.a. af hvilket biogent materiale der er anvendt.



### FYSISK SKADE

Biogene materialer er typisk mindre slagfaste end mineraliske materialer. Men omvendt kan et knækket bræt i en træbeklædning være helt ukompliceret at udskifte.



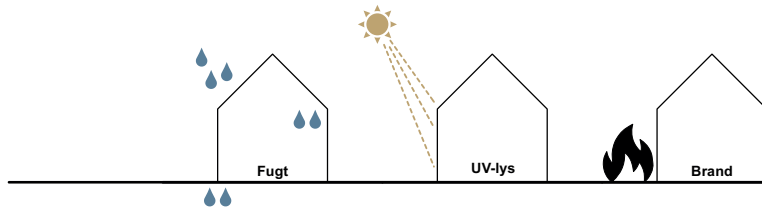
### SKADEDYR

Biogene materialer er ofte kilde til føde og bolig for dyr. Ventilationsåbninger skal sikres mod indtrængen af skadedyr, f.eks. med metalriste. For at opnå tilstrækkelig åbning ved tagfod og samtidig forhindre indtrængende skadedyr bør der anvendes et insektnet/fuglegitter.

# TAKSONOMI

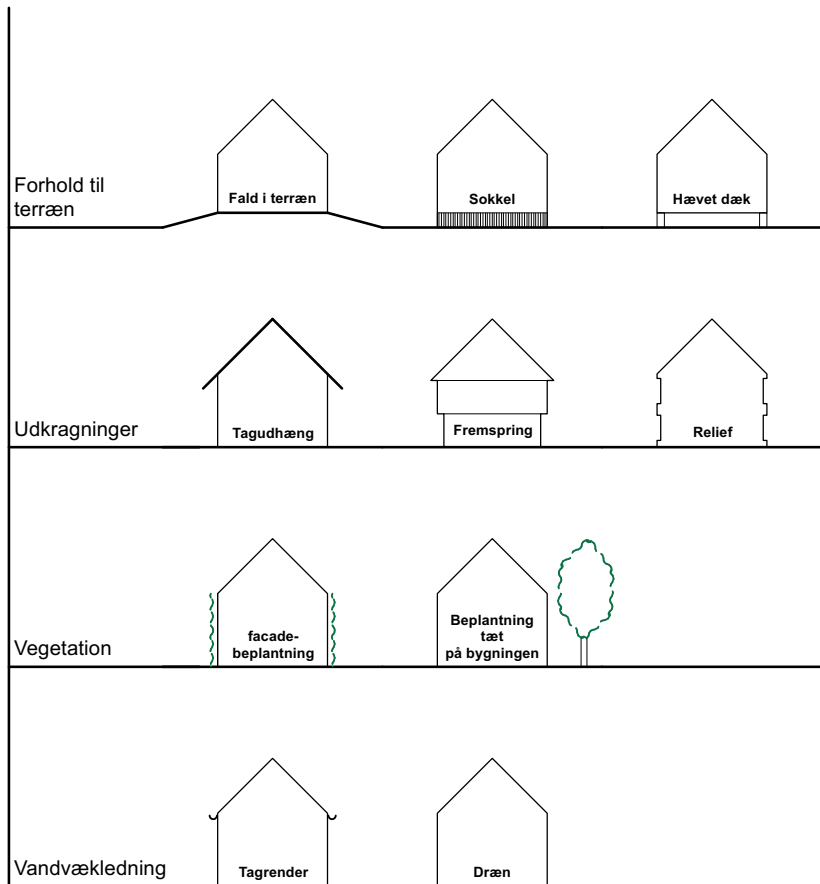
Risikofaktorer, konstruktive beskyttelsesstrategier og byggetekniske løsninger som påvirker biogene materialers holdbarhed

## RISIKOFAKTORER



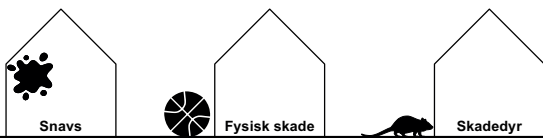
## TRE STRATEGIER FOR KONSTRUKTIV BESKYTTELSE

**Holde skadelige elementer væk fra biogene materialer**

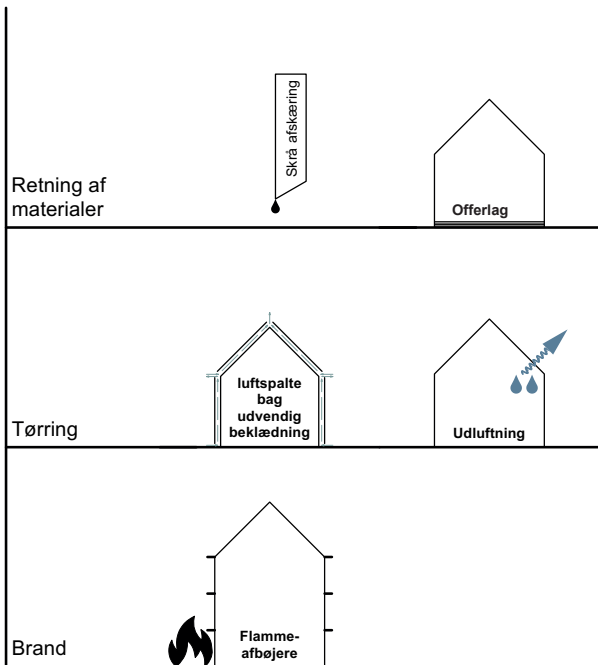


## BYGGETEKNISKE LØSNINGER

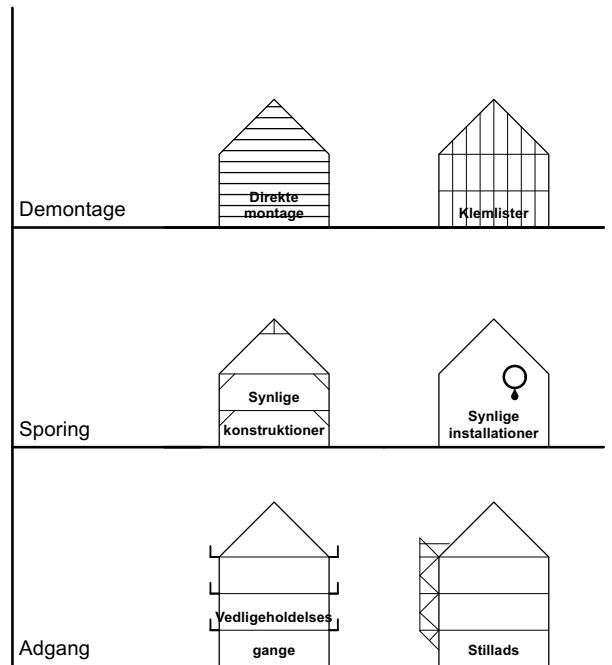




**Håndtering af skadelige elementer når de er nået til biogene materialer**



**Sikre mulighed for inspektion, vedligehold og reparation**





# FØRSTE STRATEGI:

## HOLDE SKADELIGE ELEMENTER VÆK FRA BIOGENE MATERIALER

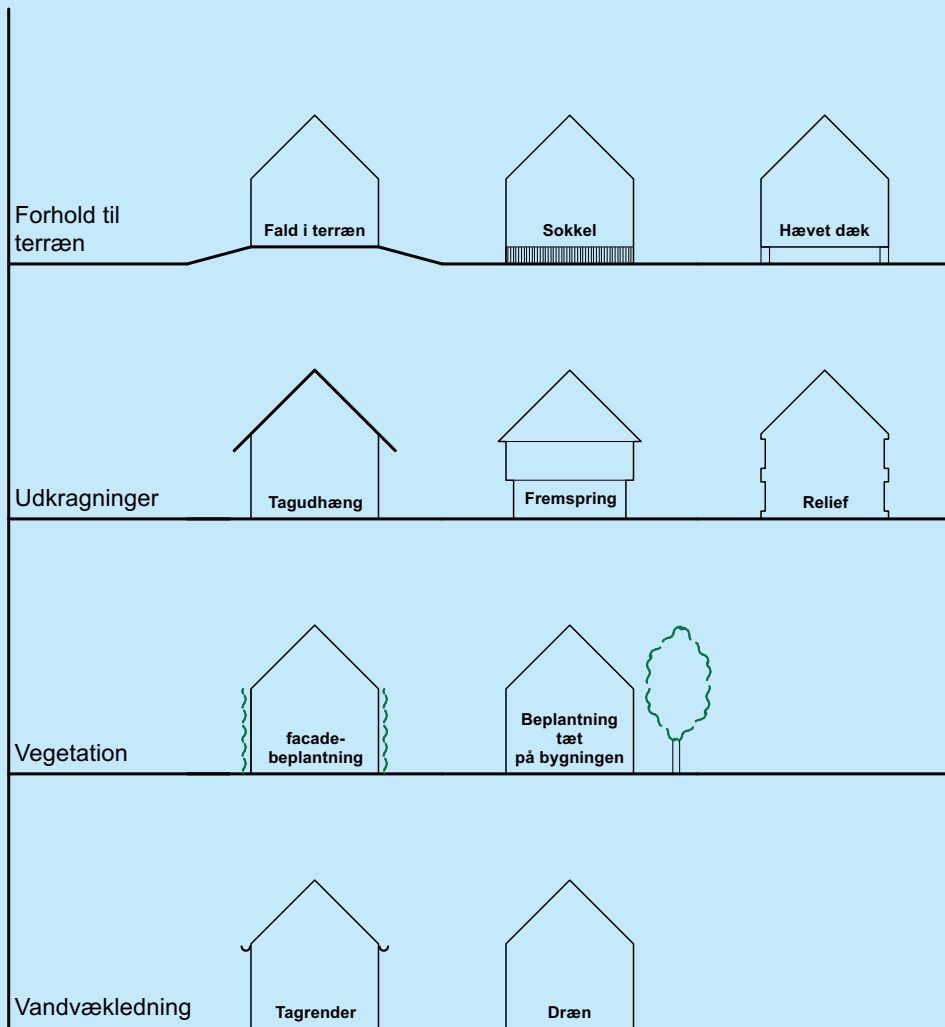
FIRE TYPER AF BYGGETEKNISK LØSNINGER;

FORHOLD TIL TERRÆN

UDKRAGNINGER

VEGETATION

AFLEDNING AF VAND



## FØRSTE STRATEGI

### *Holde skadelige elementer væk fra biogene materialer*

#### FORHOLD TIL TERRÆN

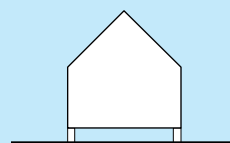
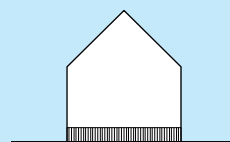
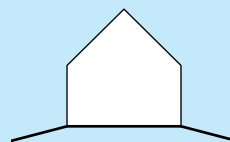
Forhold til terræn og konstruktiv beskyttelse af biogene materialer handler om at skabe en afstand mellem terræn og bygningernes biogene materialer for at sørge for, at de skadelige elementer ideelt set slet ikke når til de biogene materialer. Man kan komme langt ved at indordne sig topografien på grunden og udnytte orientering af bygningen. Det drejer sig hovedsageligt om at undgå, at disse materialer opfugtes eller bliver våde fra kapillær virkning, opsprøjtende vand eller oversvømmelser. Der er flere mulige metoder, men de har alle det til fælles, at de baserer sig på ikke-biogene materialer.

Punkt- og pælefundamenter udmærker sig ved at have et reduceret materialeforbrug i forhold til støbte rand- og pladefundamenter og har samtidigt en mindsket påvirkning af terræn og biodiversiteten i jorden.

**Fald i terræn** væk fra bygningen er afgørende for at lede vand væk, så det ikke når til bygningen. Derfor skal terrænet have et fald på mindst 1:40 (25 mm pr. m) væk fra bygningen på de nærmeste tre meter fra bygningens ydervæg.

En **sokkel** skaber et skel mellem de biogene, fugtfølsomme materialer i konstruktionen og terræn ved at anvende et ikke kapillært mineralsk materiale. For at undgå opsprøjt og opsugning fra terræn bør facader og stolper have mindst 200-300cm afstand til jord eller græsunderlag.

**Hævet dæk** opbygget på punkt- / pælefundamenter skaber en effektiv afstand mellem terræn og bygning. Løsningen kan beskytte mod oversvømmelser. Der er mulighed for ventilation under bygningen for at sikre tørring og dermed reducere af fugt og risiko for skimmelsvamp, råd mm.. Derudover kan hævede konstruktioner have en kølende effekt i varmt vejr.



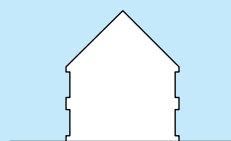
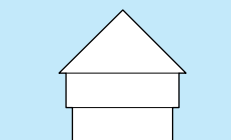
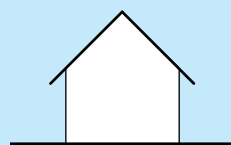
## UDKRAGNINGER

Udkragninger af en tilstrækkelig størrelse beskytter biologiske materialer anvendt i facaden mod direkte eksponering for regn og sol. Erfaringsmæssigt vil et tagudhæng på 50-70 cm give en fornuftig beskyttelse af facader der er op til fire meter høje (TRÆ57). Udkragningerne skaber mulighed for at nedstroppe foranstaltninger for yderligere beskyttelse og vedligehold. Ved udformning af udkragninger skal der tages højde for hvordan udkragningen muligvis påvirker lysindfaldet i bygningen. Til gengæld kan udkragningen være med til modvirke overophedning af de indvendige rum. Over døre og vinduer kan der bruges skrånede vandbrædder, der afskærmer den øverste del af døren eller vinduet mod regnvand, så disse elementer kan holde længere. Ulempen ved større forskydninger i bygningskroppen er, at der er flere hjørner og samlinger som skal udføres konstruktivt korrekt, sammenlignet med en fortløbende plan facade.

**Tagudhængets** effektive størrelse er hovedsageligt afhængig af bygningens højde, samt i mindre grad, af bygningens orientering. Højere facader vil kræve større tagudhæng.

**Fremspring** i bygningskroppen i form af udkraget stokværk etablerer etagevis beskyttelse. Såløbende er afgørende for at lede regnvand behørigt væk fra den udsatte bundkarm og vindueslysning. Glatte facader (uden fremspring) vil patinere mere ensartet, men udsættes samtidig for en større nedbrydende vejrpåvirkning.

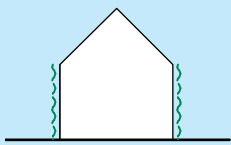
Fordelen ved **relief / recesser** i facaden er, som ved fremspring i bygningskroppen, at man kan lave flere mindre udhæng og gesimser i stedet for én stor udkrøgning af taget. Især ved bygninger i fleretagesbygninger er dette en fordel i forhold til højdegrænseplaner og dagslysforhold på den øverste etage.



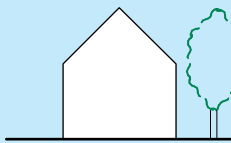
## VEGETATION

Facadebeplantning og beplantning tæt på bygningen kan beskytte bygningen imod slagregn, solopvarmning og UV-lys.

Facadens orientering i forhold til verdenshjørnerne spiller en stor rolle i forhold til hvordan den patinerer. Så længe nedbrydningen ikke går påfaldende stærkt så er det relevant i et bæredygtighedsperspektiv visuelt at forudsige og styre hvor patineringen vil blive særlig synlig for så at arbejde det ind som en uundgåelig men potentiel karakterfuld æstetisk påvirkning.



**Facadebeplantning** beskytter bygningen mod slagregn og mod solopvarmning og UV-lys



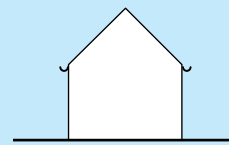
**Beplantning tæt på bygningen** beskytter bygningen mod slagregn og mod solopvarmning og UV-lys

## AFLEDNING AF VAND / VANDOPSAMLING

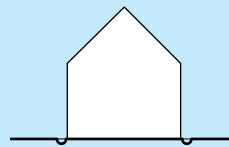
Afledning af vand gennem rør er en metode til at holde vand væk, inden det når de biogene materialer, hovedsageligt i facaden men også ved soklen. Nedløb bør i særdeleshed, når man har med biogene konstruktioner at gøre, føres synligt udenpå facaden og ikke indbygges i skakte. Tagrender skal nemt kunne renses, så man undgår overløb. Regnsvandopsamling bør fremmes.

Undertage afsluttes som regel på fodblikket, som er inddækningen ved tagfoden, der sikrer afledning af vand til tagrende.

Ved at lave vandrette eller lodrette reliefvirkninger i facaden kan man opløse eller understrege patineringens mønstervirkning. Vandbrædder kan også bruges ved bygningens sokkel.



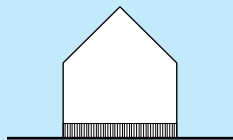
**Tagrender og nedløbsrør** leder vand væk fra bygningen; dette vand når derfor ikke ind til bygningen.



**Dræn rundt om bygningen.** Indretningen af terrænet rundt om bygningen påvirker også hvor meget bygningens materialer bliver udsat for opsprøjt, hvorfor eksempelvis en zone af pigsten langs bygningen er en historisk måde at dirigere regnvand væk fra bygningens sokkel. Facader og stolper kan nøjes med en afstand på 100-150cm til terræn, hvis der langs facaden findes et min. 30cm bredt stenlag af runde søsten.



## EKSEMPEL - FORHOLD TIL TERRÆN SOKKEL



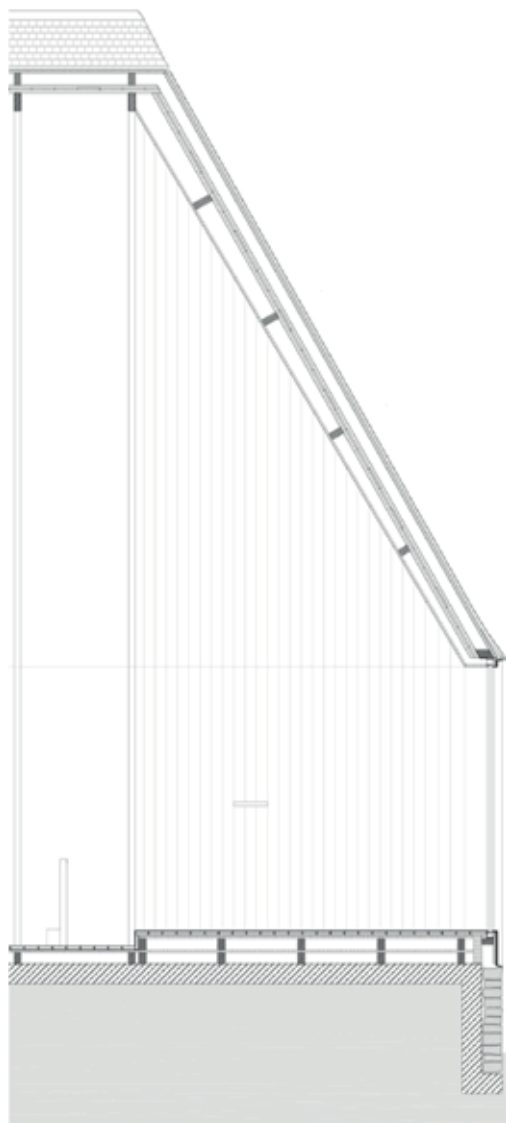
### Kapelle Salgenreute, Krumbach, Østrig

Arkitekt: Bernardo Bader

Opført: 2016

Dette lille bjergkapel er placeret på en stensokkel hævet over terræn. Soklen optager højdeforskelle i terræn. Soklen følger bygningskroppen meget nøje uden frem-spring eller tilbagetrækninger.

I dette tilfælde er natursten placeret foran et betonfundament. Før anvendelsen af beton var det meget normalt at lave fundamenter og sokler i natursten. Soklen beskytter facadens træspånbeklædning mod opsprøjt og mod fysisk skade.



Snit i skala 1:50, hvor der fremgår at bygningens betonfundament er udført med en skalmur i natursten



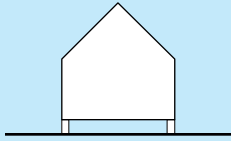
Træfacader bør afsluttes 200-300 mm over terræn for at undgå opsprøjt, der opfugter beklædningen og tils-mudser træet med jord. der samtidig kan inficere træet med bakterier og svampespore. (TRÆ 55, 2008)



Det lille kapel er placeret på en betonsokkel, som er udført med en skalmur i natursten. Facaden er beklædt med træspån. © Jesus Granada



## EKSEMPEL - FORHOLD TIL TERRÆN HÆVET DÆK



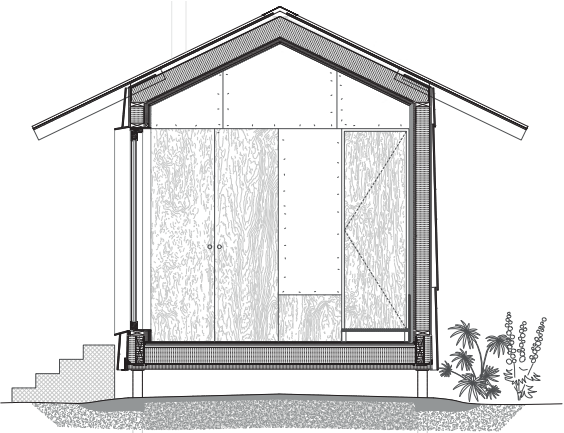
### Between Birch, Danmark

Arkitekt: Kim Lenschow & pihlman architects

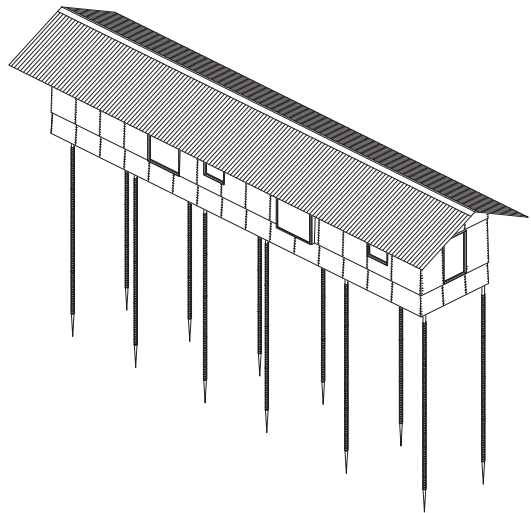
Opført: 2022

Sommerhuset er bygget på skruefundamenter som går 7,5 meter ned i jorden, hvilket er relativt langt for et hus på denne størrelse og vægt. Dette var dog nødvendigt i dette tilfælde på grund af en dårlig bæreevne af jordbunden på stedet.

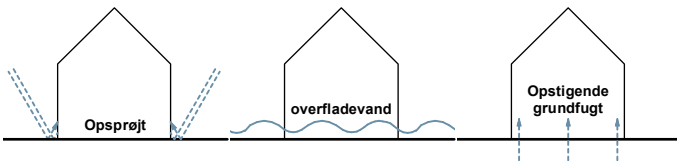
Skruefundamenter udført i galvaniseret stål har den enorme fordel, at de kan genbruges som komponent uden at skulle bearbejdes, samt at de i forhold til betonfundamenter kræver færre CO2 belastende råstoffer. Derudover har skruefundamenter og punktfundamenter den fordel, at de skåner jordens biodiversitet under huset.



Tværsnit gennem sommerhuset i skala 1:40. Husets gulv ligger omkring 60 cm over terræn og husets underside er hævet omkring 30 cm over terræn.



Isometri af sommerhuset med lange skruefundamenter



Her er husets underside hævet omkring 30cm over terræn, som dermed er beskyttet mod opsprøjt. Samtidigt skråner jorden under huset lidt udad for at forebygge at vand samles under huset. Dette er især relevant taget i betragtning at huset er udført uden tagrender.

Ulemperne ved hævede dæk, er den ikke-niveaufri adgang og nødvendigheden af at bruge mere isolering end i terrændæk.

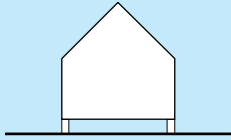


Bygningen er hævet over terrænen, og det kræver en lille trappe at komme ud og ind af huset. På billedet kan det ses at skruefundamenterne er trukket lidt tilbage i forhold til facaden og derfor fremtræder som et underspillet svævende møde med stenbedet under huset. © Hampus Berndtson

Husets tektoniske udtryk er præget af de vandrette bånd som opstår i pladebeklædningen monteret på klink. Afstanden mellem husets underside og terrænen indgår i dette motiv med de vandrette lag. Samtidigt kan det ses på dette billede at skruefundamenter kan placeres tæt på eksisterende træer, da de har en lille påvirkning på jordforholdene på stedet. © Hampus Berndtson



## EKSEMPEL - FORHOLD TIL TERRÆN HÆVET DÆK



### Centre d'hébergement de Rigot, Geneve, Schweiz

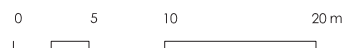
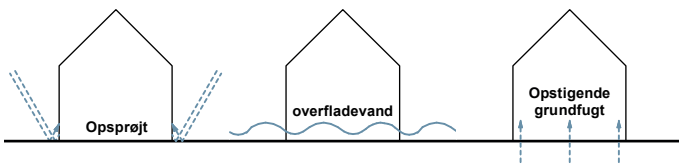
Arkitekt: Acau

Opført: 2019

Denne midlertidige bygning med boliger til flygtninge er opført med et træpælefundament, udført i lærketræ. På fundamentet er der placeret præfabrikerede rumstore moduler og det er intentionen at bygningen skal genopføres et andet sted efter 10 år.

Under bygningen ligger en installationsrende, som ligesom resten af bygningen kan fjernes igen, når bygningen demonteres og flyttes. De to bygningskroppe, som bygningen består af, ligger på forskellige højder i et kuperet terræn.

Terrænet er tilpasset til bygningens stueetager. Adgang til bygningerne er løst med svalegange, hvor den nederste er forsynet med en rampe for at etablere niveaufri adgang fra terræn.



Tværsnit gennem bygningerne i skala 1:500



Under midten af bygningen er der en installationsrende, som også er udført i træ. © Enric Rovira

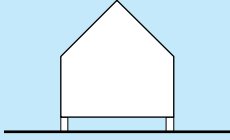


Bygningerne er synligt hævet over terræn på siderne som peger ned af bakken. Overgangen mellem bygningerne og terræn er accentueret af elementer som næsten ligner kapitæler på en søjle, som i dette tilfælde befinder sig under jorden i form af træpælefundamentet. © Marcel Kultscher

Der er adgang til boligerne gennem svalegange, hvor den nederste tilgås via trapper og ramper fra terræn. Så meget som muligt er udført i træ, ikke kun den bærende konstruktion, men for eksempel også gelænder. © Marcel Kultscher



## EKSEMPEL - FORHOLD TIL TERRÆN HÆVET DÆK

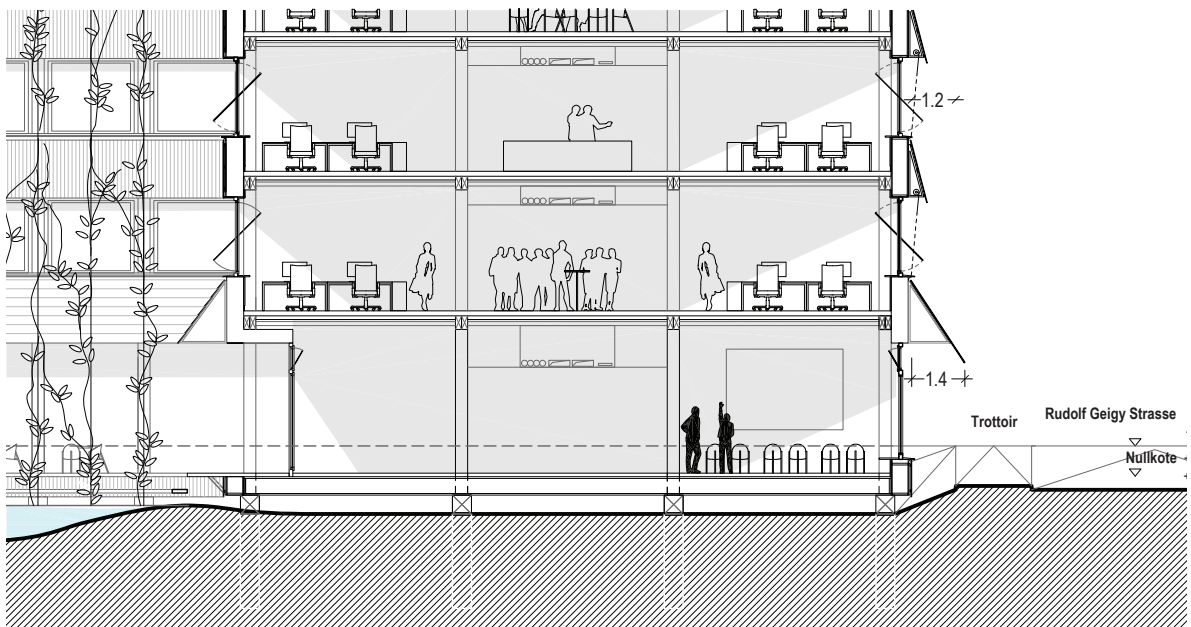
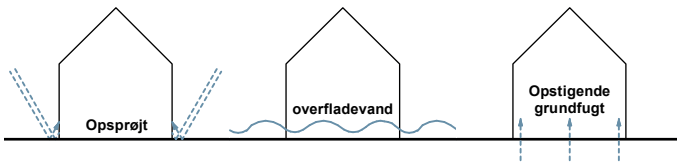


Hortus kontorhotel, Allschwil, Basel, Schweiz  
Arkitekt: Herzog & de Meuron  
Opføres: 2025

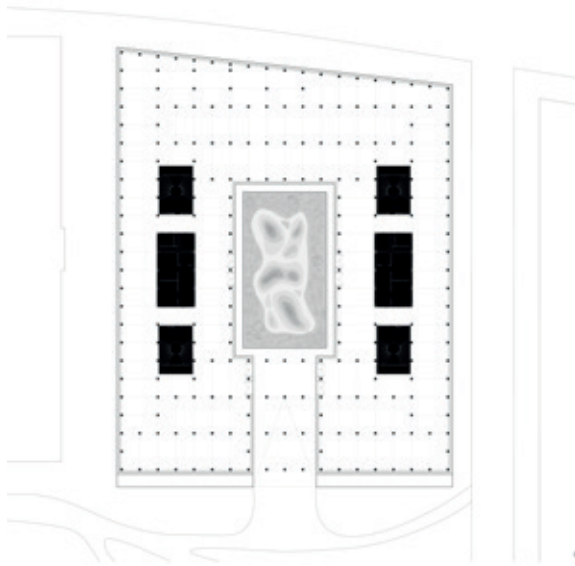
Der er ingen CO2 krævende kælder under dette fem etages kontorhus. Derimod hviler bygningen på punktfundamenter, hvilket desuden begrænser anlægsarbejdet radikalt. De prefabricerede punktfundamenter er udført i beton. Træsøjler og træbjælker i bøg udgør den bærende konstruktion.

Trædækkenes rammekonstruktion er samlet på fabrik og transporteret til byggepladsen som elementer.

Mellem de tætsiddende bjælker er der inden montage udført stampede hvælv, produceret med 60% lerjord fra byggegrunden. Stueetagens biobaserede dæk er hævet over terræn, og ramper forbinder terræn med bygningen. HORTUS står for House of Research, Technology, Utopia and Sustainability.



På punktfundamenterne, der i kontrast til bygningens biobaserede materialevalg er udført i beton, hviler træbjælker på langs af bygningen. Der er frit ventileret under bygningen. Tværsnit gennem bygningen i skala 1:200



Fundamentsplan

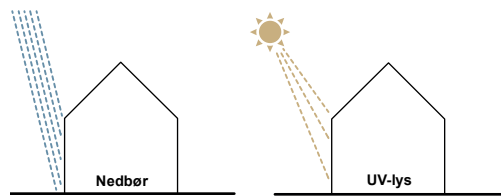


Stampede lerhvælvinger opnår vederlag på de skråt affasede massive bjælker i bøg. Leren bidrager med termisk masse, trinlydsdæmpning og brandbeskyttelse. Søjlerne er i lamineret bøg. © Herzog & de Meuron

Der er adgang til boligerne gennem svalegange, hvor den nederste tilgås via trapper og ramper fra terræn. Så meget som muligt er udført i træ, ikke kun den bærende konstruktion, men for eksempel også gelænder. © Herzog & de Meuron



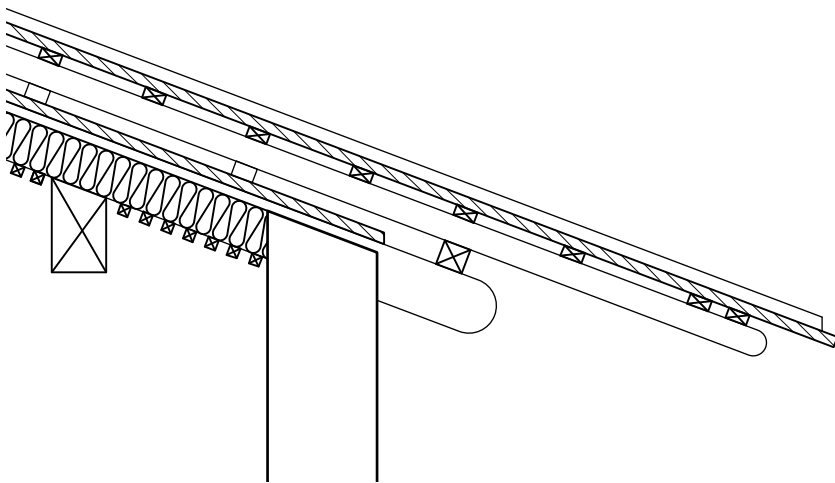
## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER TAGUDHÆNG



Hoffs Sommerhus, Danmark  
Arkitekt: Gehrdt Bornebusch  
Opført: 1989

Sommerhuset har et tag med en to-lags opbygning, hvor det øverste lag, det eksponerede tag, består af 1 på 2 træbrædder. Det nederste lag består af tagpap på rup-løjede brædder.

Under tagudhænget er der synlige spær, med afrundede, spærender, som udtnyder i lag og materialer og skaber en visuel opløsning af konstruktionen, som kulminerer i de forskudte bræddeender.



- Lærk 1 på 2 beklædning
- Lægter, høvlet
- Hjælpepær 70 x 70mm
- Afstandsklods
- Tagpap
- Ru pløjede brædder
- Udluftning
- Spær 145 x 70mm 100mm isolering Aluminiumdug
- Trælister, høvlet 28 x 28mm

Lodret snit af knudepunktsdetalje af tagudhæng og ydervæg i skala 1:20



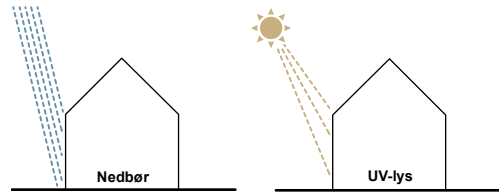


Tagudhæng set indefra. © Bent Ryberg

Tagudhæng set udefra. Det giver mindelser om en fuglevinge vis knoglestruktur og fjer bliver mere spinkel des længere væk fra kroppen den strækker sig. © Bent Ryberg



## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER TAGUDHÆNG



### Enfamiliehus, Humlebæk, Danmark

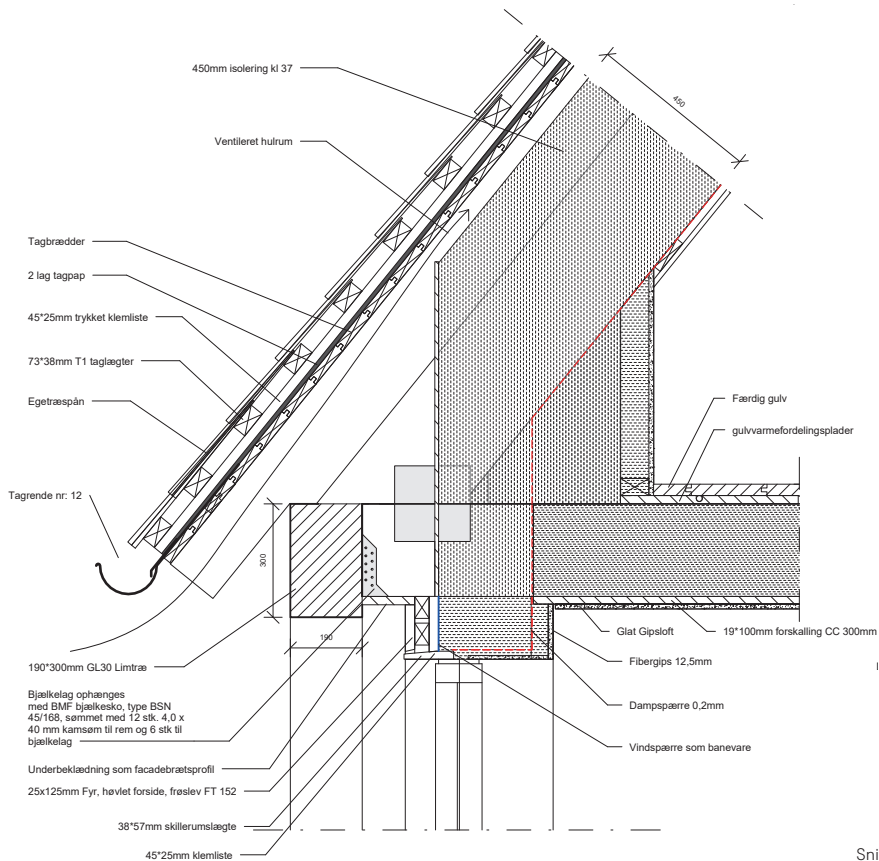
Arkitekt: Emilie Henriksen og Høgni T. Hansen

Opført: 2024

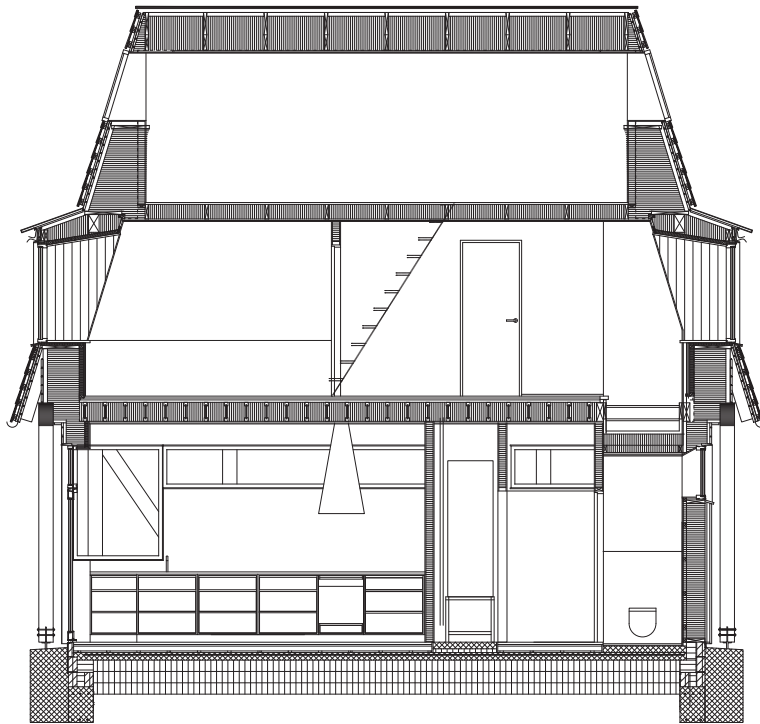
Huset er karakteriseret af det mægtige og stejle tag hvis konstruktion hviler af på den synlige bærende konstruktion som er placeret udenpå og med afstand til den bagvedliggende facade.

Husets udvendige træ er udført i egetræ, som er en meget holdbar træsort. Taget er beklædt med danske egespån i kileformede træstykker på 45-50cm længde, 10 cm bredde og en tykkelse i den nedre del på 2,2 cm. Var det ikke for gældende brandkrav (BROOF T2) kunne spånene nøjes med at være 1,5 cm nederst og dermed hurtigere kunne tørre ud efter nedbør.

Taget er udført med tagrender som leder vandet væk og øger tagudhængets konstruktive beskyttelse. Tagudhænget er ikke særligt stort men det er til gengæld placeret tæt på terræn i betragtning af at huset rummer 3 etager; det behøver således kun at beskytte stueetagens facade.



Snit gennem tagfod i skala 1:20

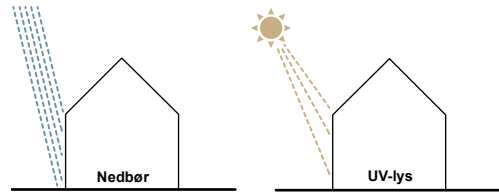
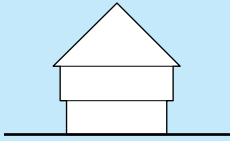


Lysindtag til de to etager under det prægtige tag, er konsekvent placeret symmetrisk i de to halvmedede gavle, dels i form af kviste samt tagvinduer. Snit i skala 1:100.

Det ubrudte stejle spåntag på langsiderne af huset fortsætter helt ned til studeetagen med en udkrægning som beskytter den eksponerede trækonstruktion og bagvedliggende træfacade. © Emilie Henriksen og Høgni T. Hansen



## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER FREMSPRING



### Nodi kontorhus, Nya Hovås, Göteborg, Sverige

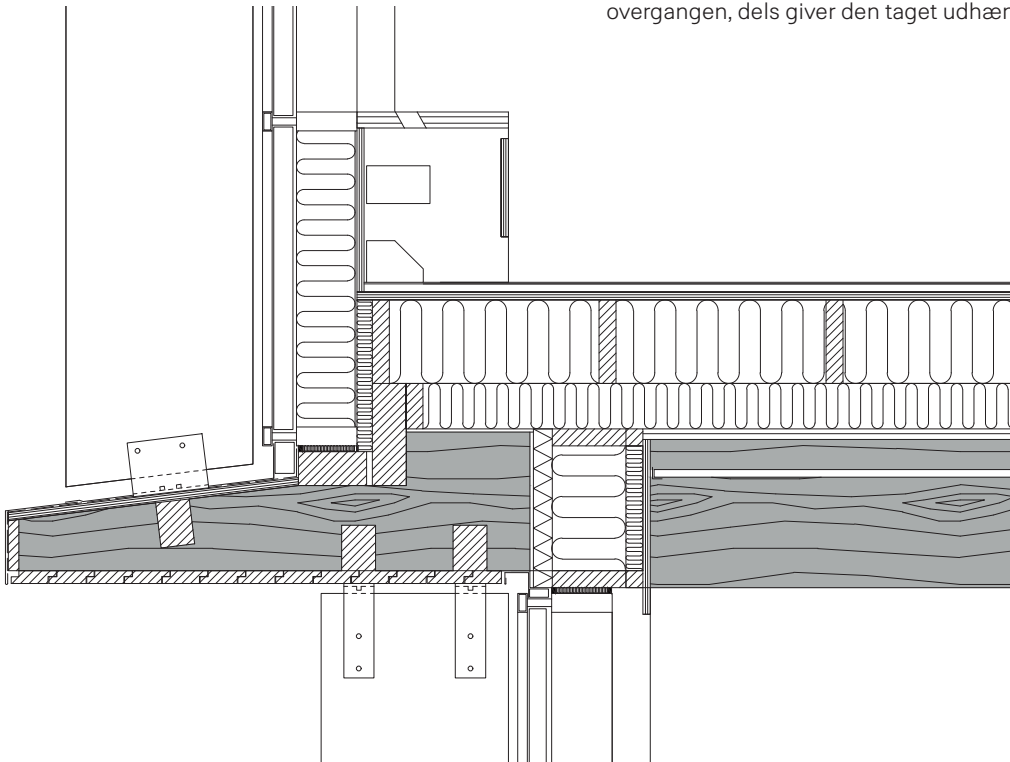
Arkitekt: White Architects

Opført: 2023

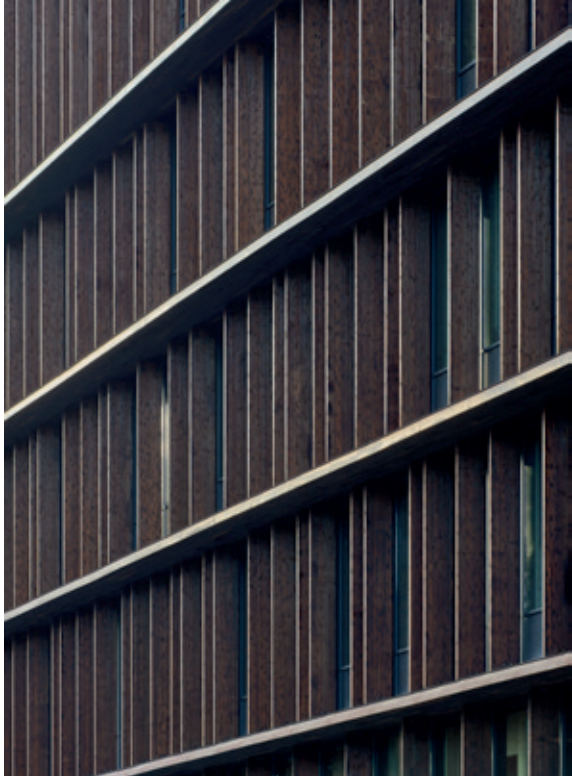
Dette projekt er en nyfortolkning af tidligere tiders stokværk. I stueetagen er der butikker og café bag en facade udført i glas. De øvrige etager rummer kontorer. Huset er bygget som søjle-bjælke konstruktion, hvor bjælkerne udkrager mod sydøst og sydvest, og skaber beskyttende fremspring i forhold til de nedenforliggende etager.

På husets øvrige to sider krager de tilspidsede bjælker også ud, og danner gesimser, som går rundt om hele bygningen og binder bygningssiderne med og uden fremspring visuelt sammen.

På denne måde kan man tale om en dobbelt udkragning; både i bygningskrop og i facadens relief, hvor gesimsen formidler husets vandrette lagdeling og overgangen mellem facade og tag. Dels kanter den overgangen, dels giver den taget udhæng.



Knudepunktsdetalje i lodret snit gennem etagefremspring i skala 1:20, med de tilspidsede træbjælker som udkrager fra kilmaskærmen.

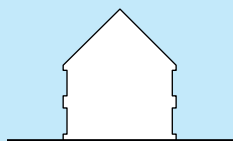


Bygningens lodrette trælameller mellem gesimserne er med til at forebygge overophedning inde i bygningen. © Åke E:son Lindman

Bygningernes etager udkrager mod syd mens facaderne mod nord er udført med gesimser i samme niveau over hinanden. På tagterrassen er den bærende konstruktion synlig. © Åke E:son Lindman



## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER RELIEF

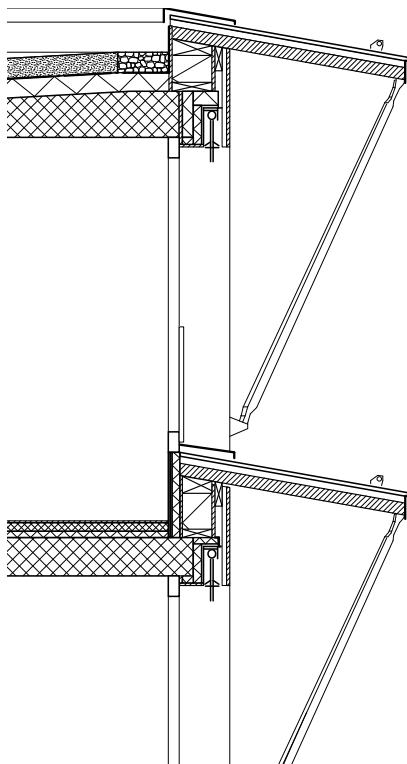


Gishalde – Steinbille, Aarbrug, Schweiz

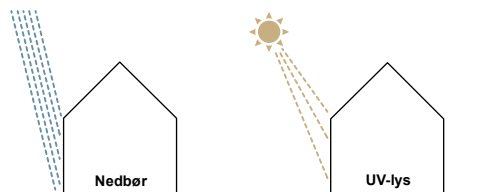
Arkitekt: Luca Selva

Opført: 2016-2017

Boligbyggeri med 180 boliger i op til 4 etager ovenpå en kælderetage. Hver etage bliver markeret af en udkragning som ser ud som et skråt tagudhæng, selvom bygningen har et fladt tag. Udkragningerne er monteret på alle sider af bygningen og beskytter de malede træfacader mod nedbør og UV-lys.



Lodret snit gennem udkragningerne i skala 1:50

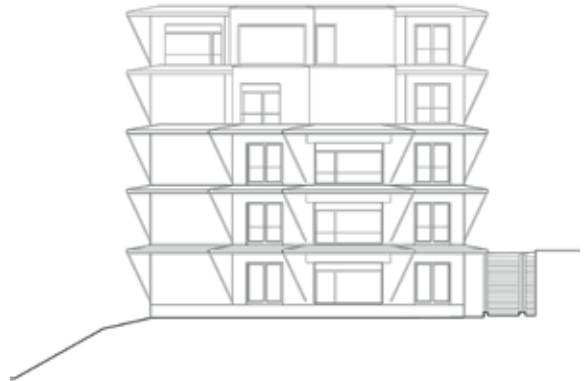


Udkragningen er konstrueret af forskellige pladematerialer, som er monteret ovenpå hinanden, med en fiberce-mentplade øverst og en stavtræplade i bunden. Fiberce-mentpladen indeholder 70% cement og kan betragtes som et enabler materiale, der muliggør anvendelse af biogene materialer.

Udkragningerne bliver understøttet og fastholdt for sug af metalrør der er med til at skabe en særlig tektonisk karakter.



Udkragningerne set tæt på, med stålør udført i samme farve som tagkanten. Sammen tilfører de en særlig let tektonik i relation til en ellers kasseformet bygning og meget regulær bagvedliggende facade. © Yohan Zerdoun

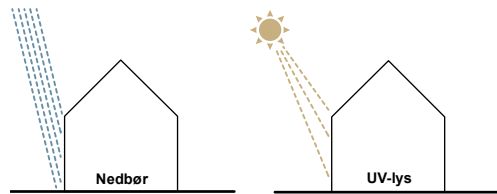
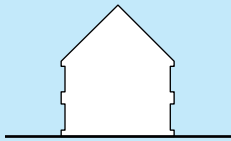


Opstalt af gavlen set fra øst.

Udkragningerne følger husets omkreds, og har i princippet den samme dybde hele vejen rundt om bygningen, bortset fra ved de overdækkede terrasser for enden af bygningen. På tagterrassen er den bærende konstruktion synlig. © Yohan Zerdoun



## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER RELIEF



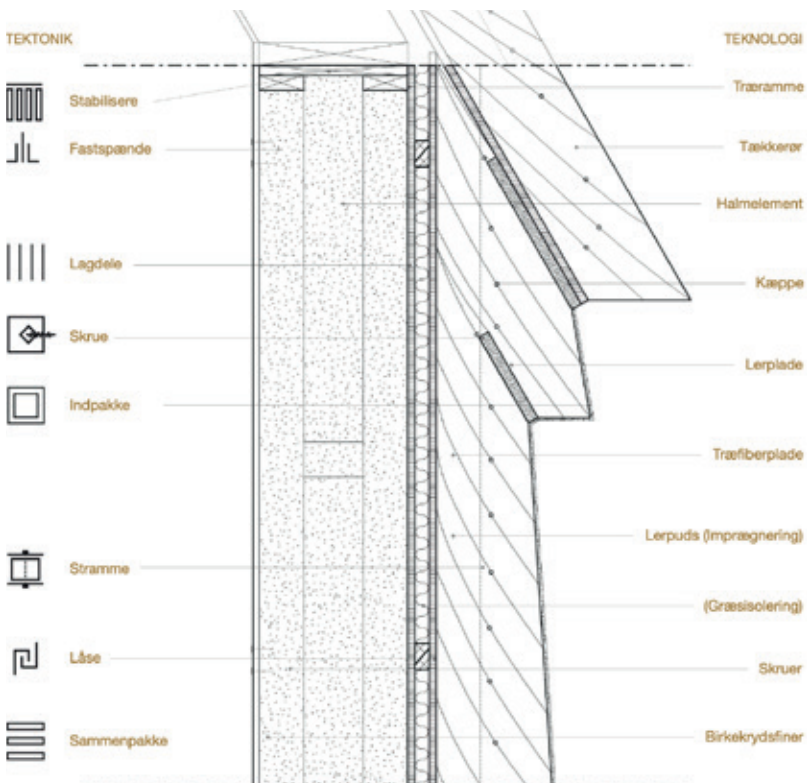
### Udviklingsprojekt tækkede facader, CINARK,

Det Kgl. Akademi, København, Danmark

Opført: 2021-2023

Dette facadeudsnit er et resultat af et udviklingsprojekt, hvor der først og fremmest blev undersøgt, hvordan tækkede, lodrette overflader kan blive beskyttet mod brand med biobaserede materialer. En brandtest med blandt andet hestemøg, kalk og flere andre materialer, viste, at moræneler fungerer som en god brandhæmmer for tækkede overflader.

Udsnittet består af bærende halmelementer med en tækket beklædning. Dette tækkede lag har et relief, som fungerer som flammeafbøjere, i kraft af de indskudte lerplader. Samtidigt fungerer reliefet som en slags vandbrædder som især mindsker vandmængderne på de tækkede overflader. Dette er ikke kun vigtigt for at forebygge opfugtning af de biogene materialer, men også for at mindske udvaskning af leret i de tækkede lag.



Lodret snit gennem relief i den tækkede facade i skala 1:20



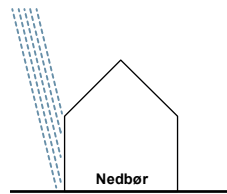
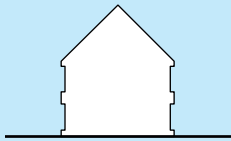


Den tækkede facade umiddelbart efter kraftig regn, hvor det tydeligt kan ses, at reliefet fugter op nederst og forbliver tørt øverst. © Cinark

Fragment af 'Biogen Konstruktion In Situ' blev udstillet på Det Kgl. Akademi som led i udstillingen '70% less - CO2 conversion to a viable age'. © Cinark



## EKSEMPEL - UDKRAGNINGER VANDBRÆDDER



### Lisbjerg, Århus, Danmark

Arkitekt: Tegnestuen Vandkunsten

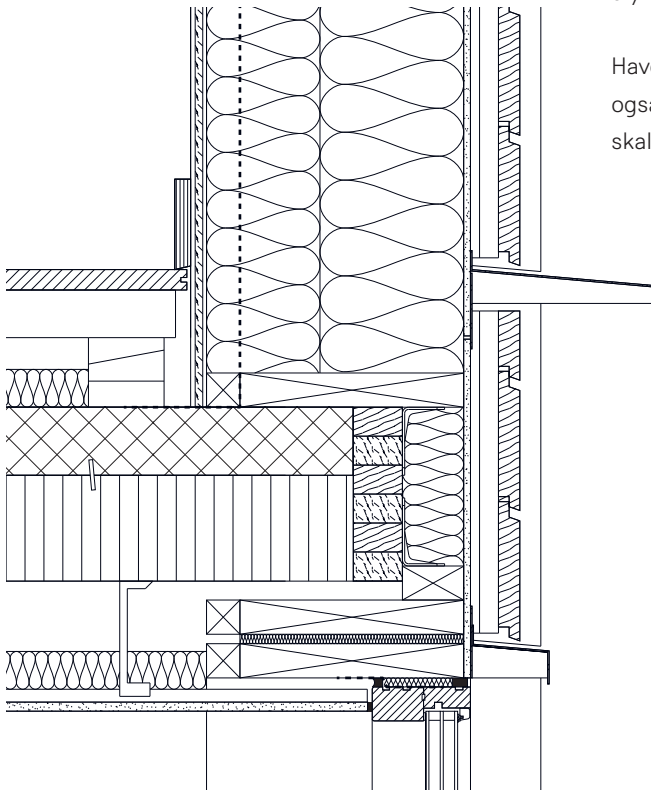
Opført: 2017

Ud for hvert etagedæk er der et markant vandbræt der udkrager 18 cm fra beklædningen, udført i bukket aluminium. Disse forhindrer dels regnvand i at løbe hele vejen ned af facaden, men opdeler også træbeklædningen, så der kan foretages en selektiv udskiftning af de brædder, der måtte være brudt ned.

Der er i dette projekt hverken brugt trykimprægneret eller malet træ. Den 32 mm tykke bræddebeklædning af facaden er i ubehandlet gran. Tagets markante 150 cm udkragning er ligesom dæk, tag og udvalgte stabiliserende facadeskiver udført i CLT træ.

Tagudhænget spænder mellem de kraftige spærfødder og tilfører etageboligbebyggelsen et karakterdannende motiv som sjældent ses i Danmark i den skala. Der opstår et klassisk hierarki imellem udhænget og de horisontale vandbrædder, som udgør en art gesimser, der styrer beklædningens patina.

Havde vandbrædderne været 20 cm dybere kunne de også have fungeret som flammeafbøjere, som minimum skal være 38 cm dybe.



Lodret snit gennem vandbrættet i skala 1:10

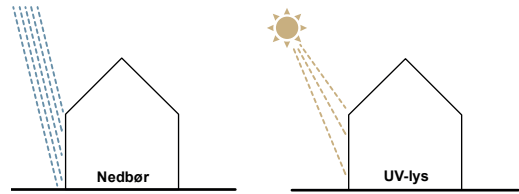
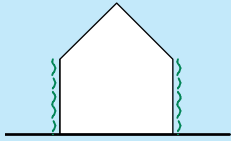


Over og under vinduerne er brædebeklædningen konsekvent vandret, modsat den ubrudte lodrette beklædningen mellem de etagevise vandbrædder. Det karakterfulde udhæng er udført i CLT elementer med brædder parallelt med førnævnte vandrette beklædning. © Helene Høyer Mikkelsen

Over og under vinduerne er brædebeklædningen konsekvent vandret modsat den lodrette beklædningen mellem de etagevise vandbrædder. Det karakterfulde udhæng er udført i CLT elementer med brædder parallelt med førnævnte vandrette beklædning. © Helene Høyer Mikkelsen



## EKSEMPEL - VEGETATION FACADEBEPLANTNING



### Hortus kontorhotel, Allschwil, Basel, Schweiz

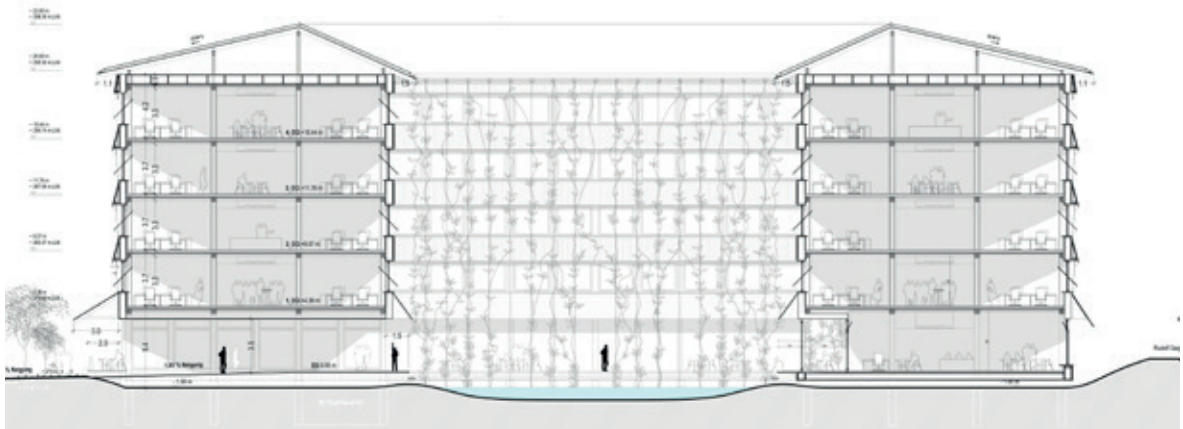
Arkitekt: Herzog & de Meuron

Opført: 2025

Facadebeplantningen i bygningens gård skaber ikke kun et grønt rum i et nyt kontorkvarter, den er også med til at regulere temperaturen i gården og i bygningen, da planterne trækker varme fra luften, når vandet i bladene fordamper i varmt vejr. Samtidigt beskytter planterne bygningen mod direkte sollys (UV-lys), som har en nedbrydende påvirkning på de fleste biogene materialer. For at planterne kan gro op ad facaderne, er der mellem

spærenderne i taget og terræn monteret stålwire, som planterne kan klatre op i. Disse wire er placeret omkring 1,5 m fra facaden, hvilket danner termisk opdrift mellem planterne og bygningen. Det gør det muligt at åbne vippevinduerne uden at planterne berører facaden.

Der kræves selvsagt lys og vand for at planterne kan trives, hvilket er bevidst indarbejdet i gårdrummet. Regnvand bliver opsamlet i en lille dam, som landskabsarkitektonisk spejler himlen, mens vandet bliver brugt til at vande planterne.



Tværsnit gennem bygningen og gårdrummet i skala 1:500

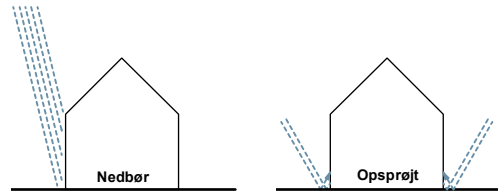
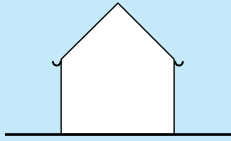


Tærsklen mellem arbejdspladserne bag de store glaspartier, den overdækkede rundgang afskærmet af klatreplanter og gårdrummets tæt bevoksede dam tilbyder mikroklimamæssige forskelle. © Herzog & de Meuron

Visualiseringen viser hvordan den klatrende vegetation delvis dækker den bagvedliggende kontrofacade. De mørke brystninger er skrånede solceller, som også fungerer som beskyttende etagevise udkragninger. © Herzog & de Meuron



## EKSEMPEL - AFLEDNING AF VAND TAGRENDE



### Eriksberg Viltpark, Ankomstbygning, Trensum, Sverige

Arkitekt: Sandellsandberg arkitekter

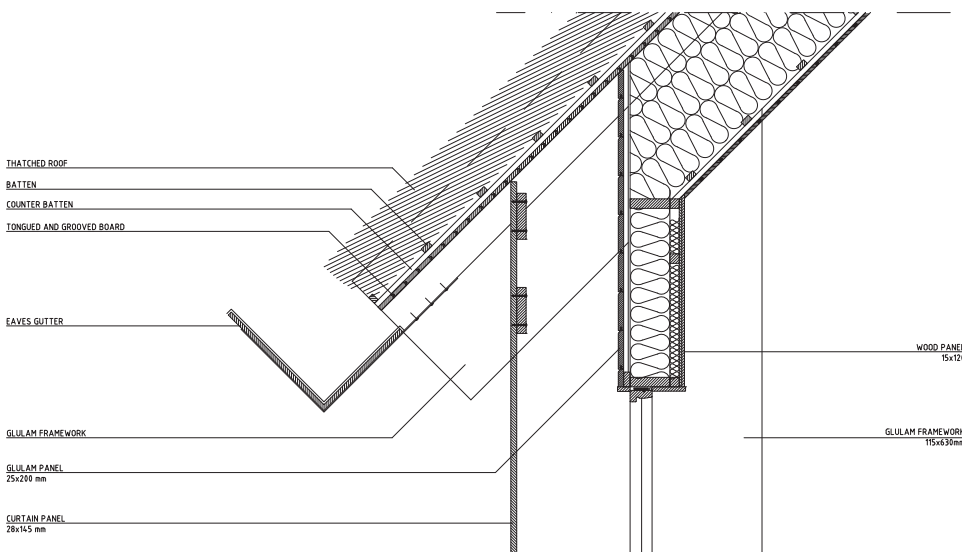
Opført: 2018

Bygningen er en moderne fortolkning af vernakulære langhuse i den folkelige byggeskik, og anvendelsen af et tækket tag ligger i forlængelse af denne inspiration. Det er dog sjældent at se tækkede tage udført med tagrender. Oftest er de udført uden tagrender, så vandet lander direkte på terrænet ved siden af bygningen med opsprøjt mod facaden til følge.

Denne bygning er udført med både tagrender og et gedigent tagudhæng, som sammen er med til holde bygningens base tør, hvilket altid er en absolut fordel; ikke mindst i dette tilfælde, hvor bygningen er udført med vinduer helt ned til terræn.

Selve tagrenden forholder sig til bygningens karakter både ved at være udført i rødmalet træ (indvendigt beklædt med zink) med store metalbeslag og ved at afspejle det tækkede tags tykkelse. En almindelig tagrende ville have set malplaceret ud.

Kæderne for enderne af tagrenderne er en velkendt svensk byggeteknisk løsning, der leder tagvandet ned til nedgravede faskiner.



Lotret snit i knudepunktsdetalje ved tagudhæng, tagrende og ydervæg skala 1:20



Det er et særsyn at se tækkede tage udført med tagrender.  
© Åke E:son Lindman

Denne festlige ankomstbygning er godt beskyttet af det tækkede ubrudte tag, der leder tagvandet ned til kraftige tagrender der via kæder styrer vandet. © Åke E:son Lindman







# ANDEN STRATEGI:

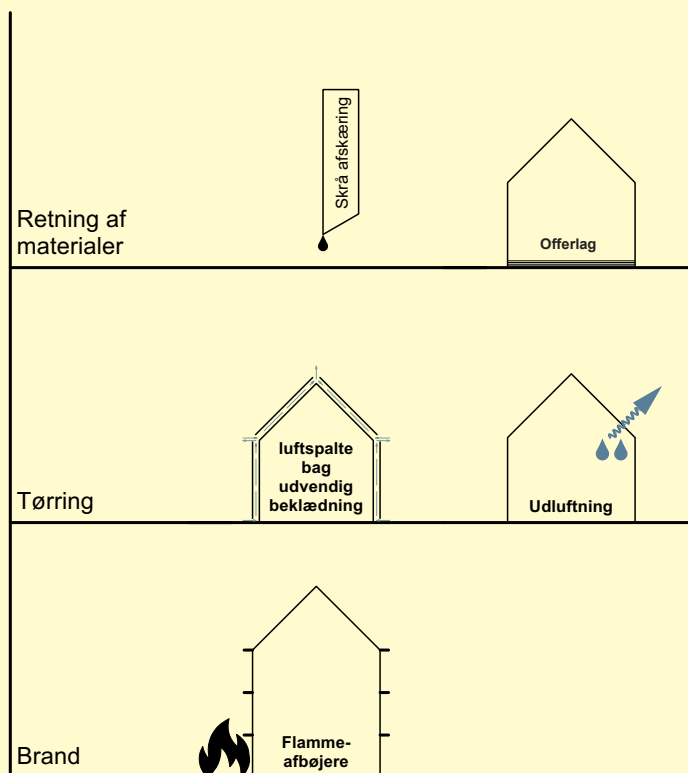
## HÅNDBTERING AF SKADELIGE ELEMENTER NÅR DE ER NÅET TIL DE BIOGENE MATERIALER

TRE TYPER AF BYGGETEKNISKE LØSNINGER;

RETNING AF MATERIALER

TØRRING

FORHINDRE BRANDSPREDNING



## ANDEN STRATEGI:

### Håndtering af skadelige elementer når de er nået til de biogene materialer

#### MATERIALERS RETNING

Lodret fiberretning på både brædde- og pladebeklædninger medvirker til, at regnvand hurtigere løber af facaden. Det er afgørende for varigheden af en træbeklædning, at retsiden (marv- og kerneside) vendes mod vejrliget, idet revner og ridser fortrinsvis fremkommer på vrang siden af et marvfrit bræt.

#### Skrå over- og undersider

Snedkerpartier som f.eks. glaslister og drypkanter, bundstykker i vinduer og døre, vandbrædder og drypkanter bør udføres med en skrå overside med en mindstehældning på 1:5. Under drypkanter på vinduer og døre skal der være mindst 8mm og for døre mindst 10mm luft for at undgå, at slagregn udfylder mellemrummet. Det er vigtigt, at vandet bliver ledt hurtigt væk fra beklædningens overflade og endeflader. Dette opnås bedst hvis drypkanten har et fremspring i forhold til facaden på mindst 45 mm og med en overfladehældning på mindst 1:5. En klinkbeklædning i træ hvor brædderne ligger vandret men lidt ind over hinanden er konstruktiv beskyttelse i sin essens, eftersom netop dette overlap

konsekvent beskytter det nedenforliggende bræt. For at opnå en god fordeling mellem den del af det enkelte brædt, hvor det overlapper og den resterende ventilerede del samt for at få tilstrækkeligt fald på de enkelte brædder bør bræddedimensionen være mindst 15-17,5 cm. For at hindre, at regnvandet bliver 'hængende' i de mange bræddeundersider, kan man høvle bræddernes underkant, så de får en skarpere forkant. (Vadstrup, 2000)

#### Sålbænk

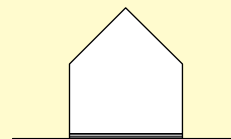
Vinduer med "indbygget træsålbænk" i form af en bred underkarm er ikke en god løsning. Også den samler vand, der angriber hjørnesamlinger, poste m.m. På den ene side er vinduet bedre beskyttet des dybere i facaden, det er placeret. Men jo længere vinduet trækkes ind, jo dybere bliver sålbænken, og jo større chance er der for, at opsprøjt kan skade vinduets underkarm, ramme og false. Traditionel trykimprægnering med biocider frarådes pga. medfølgende problemer for miljø og genanvendelse af materialet. (BUILD rapport, 2022, s. 87)

#### Drypkanter / Skrå afskæringer

Drypkanter underside skal være skråt afskåret 1:5 og evt. forsynet med en not i profilet underside der forhindrer vand i at løbe ind under drypkanten og ned i facaden.

#### Skrå montering af materialer / offerlag

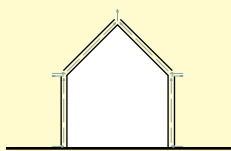
Mod terræn er det hensigtsmæssigt at indføre et vandret offerbrædt som beskytter den lodrette beklædning mod opugning af fugt fra terræn og som kan vedligeholdes mere hyppigt uden at det springer i øjnene. Og ikke mindst er det nemt at udskifte uden at det berører beklædningen ovenfor.



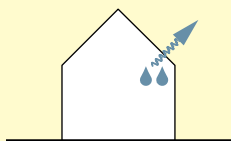
## TØRRING

Uisolerede, velventilerede funktionsbygninger såsom tørrelader, skure mm. kan holde i meget lang tid netop pga. den uhindrede adgang til luft i bevægelse. Brædder i en lodret beklædning med dæklister skal opsættes med en lille afstand mellem brædderne for at kunne optage fugt-bevægelser. Træets evne til at tørre hurtigt ud er teknisk forædlet i en spånbeklædning, fordi træspån er tynde og oplægges forskudt i to eller tre lag. Kløvede frem for savede spån har langt den bedste holdbarhed, da emnets marvstråler ligger parallelt med ydersiden/overfladen. Disse er derfor dels vandafvisende, dels ikke disponerede for revner, svind eller kastninger. (Vadstrup, 2000)

Stødsamlinger i en træbeklædning bør så vidt muligt undgås, fordi træ suger mest vand gennem endetræet. Er det ikke muligt at undgå endetræssamlinger bør der min. være en afstand på 10 mm mellem enderne ved opsætning. (TRÆ 57, 2009)



**Luftspalte** på min. 20 mm i ydervæggen og 45 mm i taget, etablerer et ventileret hulrum som sikrer at fugt ikke trænger ind til den bagvedliggende konstruktion. Ved paralleltag og hanebåndstage skal der være udluftning mellem tagfod og kip.



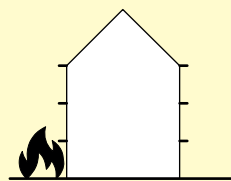
**Udluftning** Ventilation via vinduer og lemme er helt afgørende for at sikre god udluftning.

## FORHINDRE BRANDSPREDNING

Facadens geometri og målrettet materialeanvendelse kan forebygge brandspredning mellem brandsektioner, som ofte består af en etage hver.

En måde at gøre dette på er ved at anvende flammeafbøjere, som er udkragende elementer i facaden udført i et ikke brandbart materiale. Flammeafbøjere hindrer (eller forsinker), at branden kan få fat i de ovenliggende biogene materialer.

Ved større bygninger kan der også været placeret brandsektioner ved siden hinanden, som ligeledes kan udføres med flammeafbøjere eller andre typer af brandstop.



**Flammeafbøjere** udgøres typisk af vandrette etagevise udkragende elementer der afbøjer flammernes lodrette bevægelse for at hindre at branden spreder sig.

## EKSEMPEL - MATERIALERS RETNING SKRÅ AFSKÆRINGER



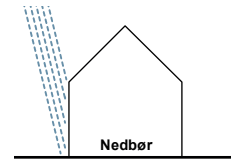
### Snickareglädje, Sverige

Arkitekt: Forskellige arkitekter og snedkere

Opført: Primært det 19. århundrede

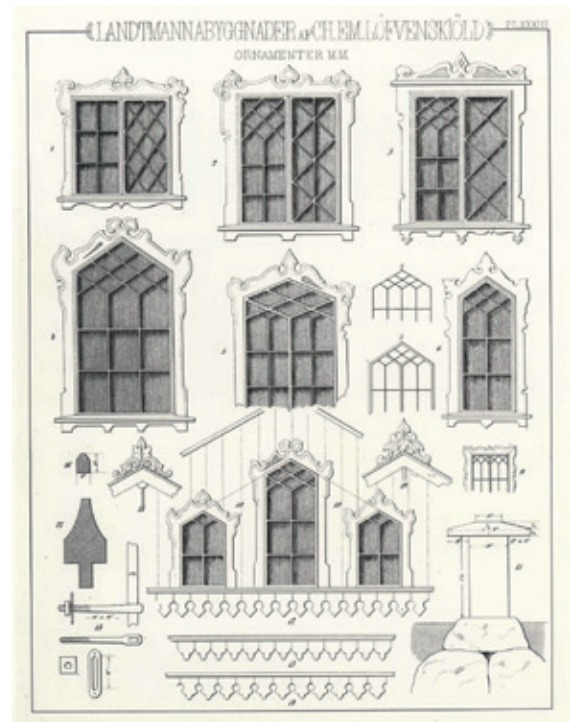
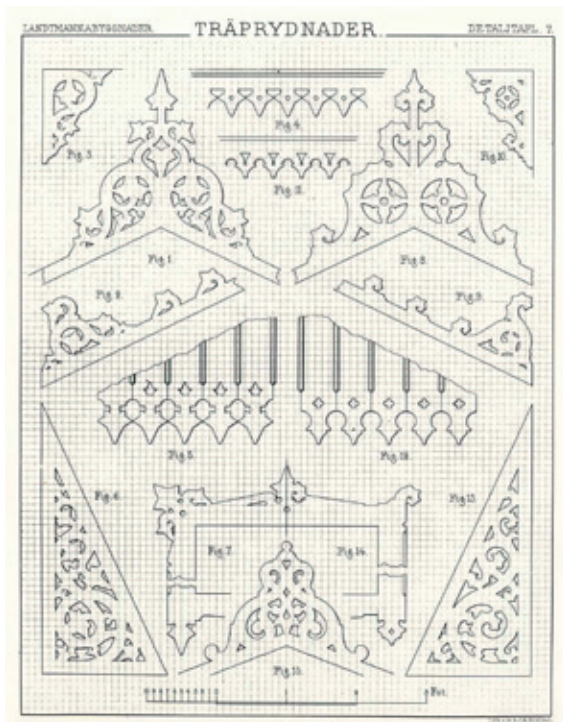
Snickareglädje havde kronede dage i Sverige i det 19. århundrede. Som en følge af den tiltagende industrialisering af bygningsdele, blev der på fabrikker produceret bygningsdekorationer i en høj kvalitet. Kendte producenter var Bark & Warburg og Strömman & Larsson.

I modsætning til den direkte betydning af 'snickareglädje', som signalerer, at en snedker har udskåret og



tildannet delene i hånden, kunne man allerede dengang som i dag bestille industrielt fabrikerede dekorerede bygningsdele.

Mange snickareglädje elementer har udover en dekorativ funktion, også konstruktiv beskyttelse indbygget i sin logik, såsom lukning af overgange mellem bygningsdele, skrå afskæringer, tilspidsede drykanter, hyldeknægte for gavlhæng eller vandbrædder. Desuden var det hyldevarer, som løbende kunne udskiftes i takt med at delene blev nedbrudte.



Charles Emil Löfvenskiöld (1810-1888) var en svensk arkitekt som bliver anset for at have bidraget til udbredelsen af Snickareglädje gennem sine plancher, hvoraf der ses to ovenfor. Han lavede ikke kun plancher med dekorationer men bidrog til udviklingen af moderne landbrug i Sverige, og udformning og indretning af gårde og bygninger. © Ann Katrin Pihl. Atmers Samling/KB



Verandaer er taknemmelige bygningsdele for Snickareglädje, da de har en åben karakter og ikke skal leve op til de mange krav som den bagvedliggende klimaskærm skal. © Bygnadsverk.se

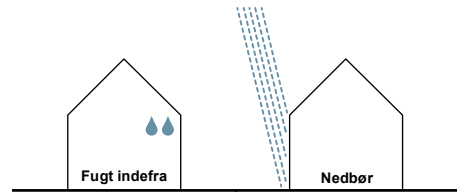
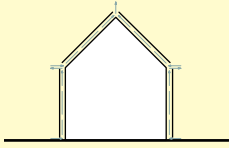


Vandbrædder over vinduer er også et taknemmeligt emne for Snickareglädje. I dette eksempel kan man pege på dobbelt konstruktiv beskyttelse, hvor vand som løber ned af facaden over vinduet både vises væk fra facaden, og til siderne. © Bygnadsverk.se

Fabel Arkitektur fra Göteborg har renoveret denne villa hvor den oprindelige Snickareglädje var fjernet. En vigtig del af opgaven var således at genopfinde og genetablere denne detaljering. © Fabel Arkitektur



## EKSEMPEL TØRRING LUFTSPALTE



### Grass House, Washington D.C., USA

Arkitekt: BLDUS

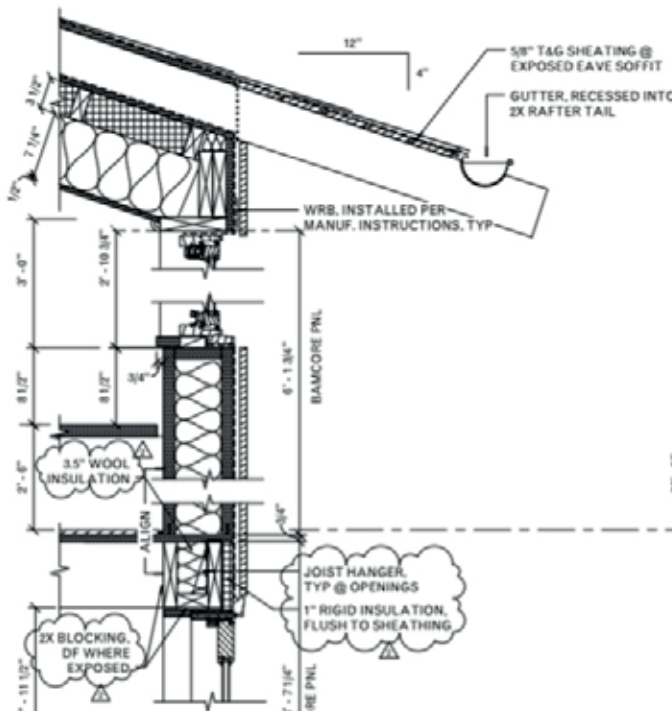
Opført: 2019

Bygningen er et anneks til et eksisterende enfamiliehus og fungerer som hjemmekontor. Den bærende konstruktion er udført med et bambus byggesystem og er isoleret med fåreuld.

Facaden er beklædt med træbrædder. At beklædningen blot er et tyndt lag på husets ydre bliver på en tektonisk måde synliggjort ved husets hjørner og lysninger. Der

kan man nemlig se enderne af de skråt monterede afstandslister som skaber en luftspalte mellem den isolerede bærende konstruktion og facadebeklædningen. Typisk er afstandslister en komponent, som er usynlig og det er meget sjældent, at en luftspalte bliver til et tektonisk element, som det gør i dette projekt.

Det bidrager utvivlsomt til holdbarheden af de eksponerede ender af afstandslisterne, at de er skråtstillet og dermed leder vandet af.



Lodret søjlesnit gennem tagfod og facade skala 1:20



På hjørnerne af huset flettes afstandslisterne fra de to tilstødende facader sammen og bliver til et tektonisk element. På hjørnerne er der tilføjet ekstra lister til at lukke hjørnet. © Ty Cole

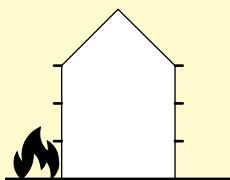


I vindueslysningerne bliver de skrånede afstandslisters også til et dekorativt element. © Ty Cole

Annekset ligger i et grønt kvarter med meget forskelligartet bebyggelse, med både ældre træhuse med flotte snedkerede detaljer samt murede bygninger med mere underspillet detaljering i facaderne. © Ty Cole



## EKSEMPEL - FORHINDRE BRANDSPREDNING FLAMMEAFBØJERE

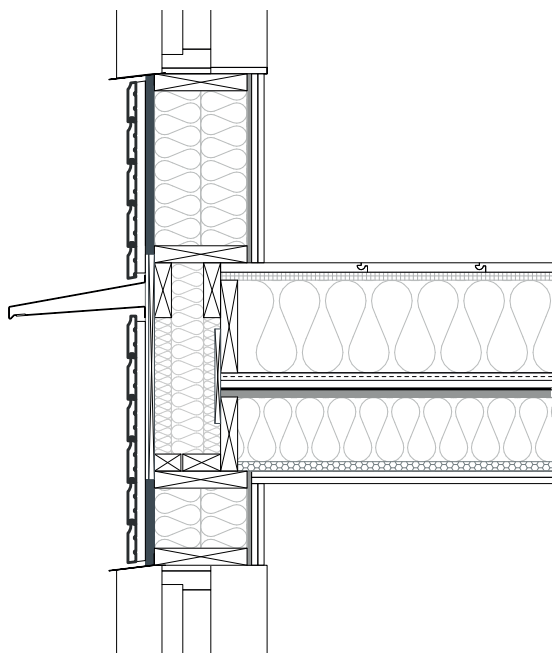


Village Tunnelfabrikken, Nordhavn, København,  
Danmark

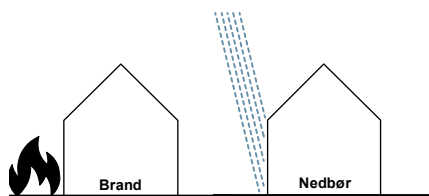
Arkitekt: CPH village

Opført: 2026

Dette projekt består af modulbaserede studieboliger. Bygherren har en tegnestue som har tegnet projektet. Byggeriet er del af BioFacades:UpHigh projektet, som skal bane vejen for ubehandlede træfacader i op til 22m højde.



Knudepunktsdetalje ved etageadskillelse, hvor flammeafbøjer kan ses til venstre, hvor den udkrager omkring 38 cm fra facaden. Det er bemærkelsesværdigt at der er en anden vægopbygning ved etageadskillelsen end ved den resterende facaden. Etageadskillelsen er udført med flere ikke brandbare materialer, hvorimod det meste af facaden er udført med biogene materialer, som ofte er brandbare i en eller anden grad.



En af udfordringerne er brandoverslag mellem brandsektioner; i dette tilfælde mellem etagerne. For at forebygge dette bliver der anvendt udkragende metalprofiler, som fungerer som flammeafbøjere, der forsinket lodret brandspredning.

Flammeafbøjer er den synlige del af en særlig løsning ved etageadskillelsen, hvor der bruges flere ubrandbare materialer, så som mineralsk isolering og cementbaseret vindspærre. Resten af konstruktionen består hovedsageligt af biogene materialer, som træfiberisolering og træfibervindspærre.

Bemærk at anvendelse af flammeafbøjere i øjeblikket skal vurderes i hver enkelt byggesag, da der endnu ikke er standarder for anvendelse af flammeafbøjere.

### Opbygning fra inderside

*Det meste af facaden:*

2-lags brandgipssystem (K260)

OSB –(12 mm)

Stabiliserende trækonstruktion (240 mm dybde)

Træfiberisolering (klasse E) – 240 mm (2 X 120 mm)

2 X 12,5 mm Bitumen-imprægnerede træfibervindspærre (klasse F)

Ubrandbar, tilpas diffusionsåben dug

Klemplister (25 mm)

Ubehandlet gran-facade - fer og not - horisontal orientering

(D-s2,d2)

*I etageadskillelsen:*

2-lags brandgipssystem (K260)

OSB –(12 mm)

Stabiliserende trækonstruktion (240 mm dybde), overdimensioneret

i horisontale dele Mineralsk isolering (2 X 120 mm) Cementbaseret

ubrandbar vindspærre.

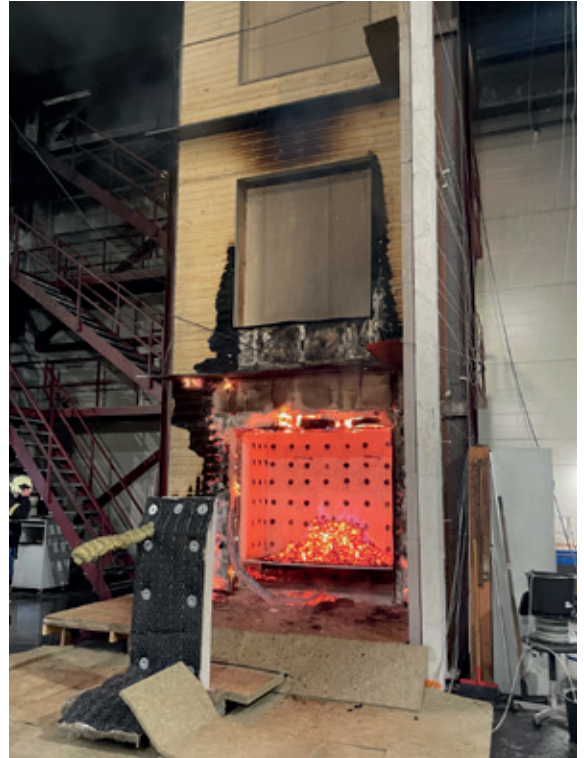
Flammeafbøjer i stål, lukket tæt ind mod ubrandbar vindspærre.

324 mm fra regnskærmen.





Flammeafbøjere indgår i bygningernes samlede tektoniske udtryk, og forholder sig til tagudhæng og den lodrette listeinddeling i facaden. © CPH Village



Kun ved vindueslysninger ses de vandrette brædders skrå afskårede profil. © CPH Village

Bebyggelsen består af en klynge af mindre bygninger, med udvendige trapper, som gør projektet brandteknisk mere overskueligt. © CPH Village





# TREDJE STRATEGI:

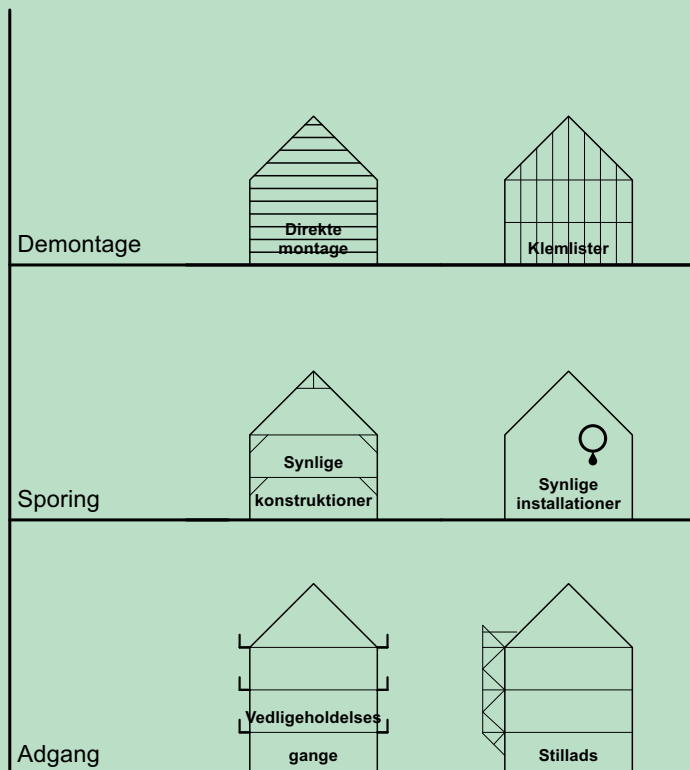
## SIKRE MULIGHED FOR INSPEKTION, VEDLIGEHOOLD OG REPARATION

TRE TYPER AF BYGGETEKNISKE LØSNINGER;

DEMONTERBAR FASTGØRELSE

SPORBARHED

ADGANG TIL KONSTRUKTIONER OG MATERIALER



## TREDJE STRATEGI

### Sikre mulighed for inspektion, vedligehold og reparation

#### DEMONTERBAR FASTGØRELSE

'Bygning for adskillelse' bliver ofte forstået som en metode til genbrug af bygningens komponenter. Det kan dog også forstås som en metode, der gør inspektion og reparation mulig, nemmere og billigere.

Der bliver oplagt ødelagt færre komponenter hvis man ikke skal brække dem fra hinanden og det skaber mulighed for at arbejde proaktivt med en bevidsthed om materialernes differentierede levetider.

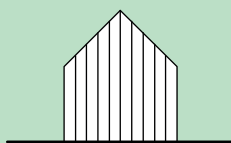
Komponenter der er nemme at håndtere og lette at skifte ud samt demonterbar fastgørelse af materialer med skruer, dyvler, klemlister og gummitætninger i stedet for lim, klæb eller skum, fremmer selektiv og ikke total-udskiftning af hele facader.

#### SPORBARHED

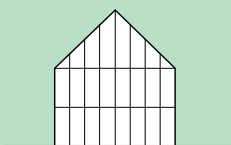
Langt de fleste skader kan udbedres, hvis blot man opdager dem i tide. Synlige eller tilgængelige konstruktioner er afgørende for at bygherren kan stoppe en pludseligt opstået skade samt sætte hurtigt ind med at udbedre den, inden de biogene materialer tager varig skade.

Ligeledes kan det også være yderst hensigtsmæssigt at arbejde med tilgængelige eller decideret synlige installationer. Som tidligere nævnt udmærker biogene materialer sig ved at kunne udtørre meget hurtigt efter f.eks en vandskade. Men omvendt er det katastrofalt, hvis en sådan skade ikke bliver opdaget hurtigt og fugtprocenten i det biogene materiale over længere tid er så høj, at skimmeldannelse etableres.

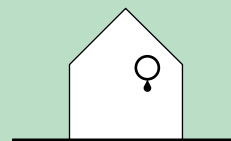
Demonterbare væg- eller gulvpaneler til inspektion og reparation af installationer, som kan forårsage skader, som vand- og varmerør bør der gøres en tektonisk dyd ud af.



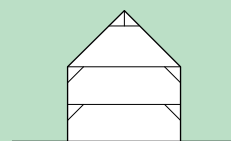
Demonterbare lister



Demonterbare paneler



Synlige eller tilgængelige installationer



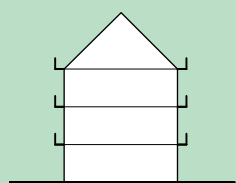
Synlige eller tilgængelige konstruktioner

## ADGANG TIL KONSTRUKTIONER OG MATERIALER

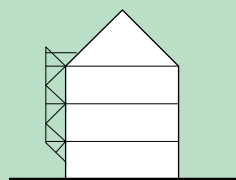
Leje af stillads er yderst bekosteligt og når man først har fået det sat op lokker denne udskrivning ofte bygherren til at benytte chancen til at få udskiftet andre dele end egentlig nødvendigt.

Udvendige permanente vedligeholdelsesgange, såsom altangange, betyder, at man løbende kan holde øje med om dele af facaden trænger til vedligehold og lægge en hensigtsmæssig tidsplan. Let adgang til den udvendige side af facaden kan også fremme, at beboerne selv tager del i vedligeholdelsen.

Alternativt kan der i tagudhænget eller i råhuset indtænkes montage for stillads, der ikke behøver at gå til terræn, men derimod kan monteres sektionsvist, uden at hele bygningen skal pakkes ind på én gang.

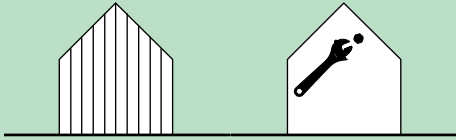


Vedligeholdelsesgang



Stillads

## EKSEMPEL - DEMONTERBAR FASTGØRELSE DEMONTERBAR BEKLÆDNING



### Haveforeningshus, Valby, Danmark

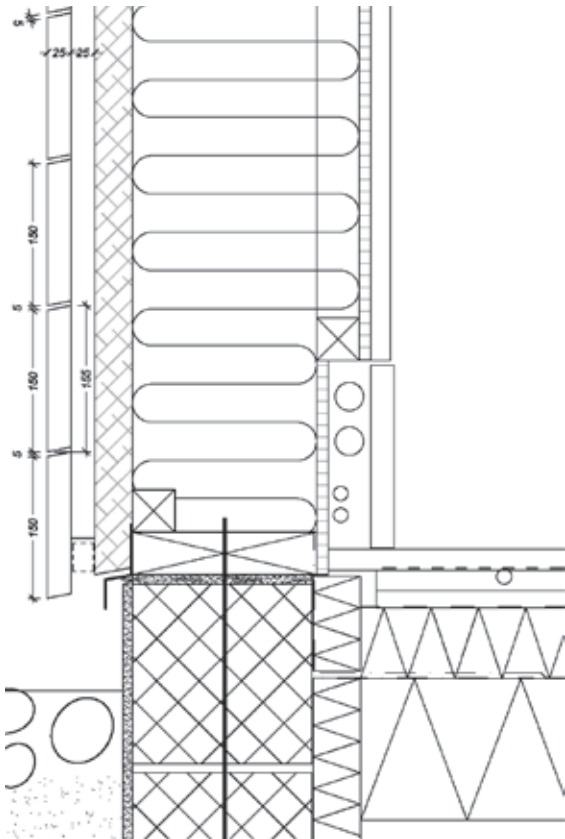
Arkitekt: Anne Beim og Thomas Nybo Rasmussen

Opført: 2024

Den vandrette beklædning er udført uden fer og not, i skråt afskårne egetræsbrædder. Det betyder, at det er nemt at udskifte et bræt af gangen uden at påvirke brættet over og under. Brædderne er sømmet fast til den bagvedliggende 25 mm afstandliste.

De lodrette lister bryder den vandrette beklædning og sikrer, at der ikke opstår stødsamlinger og dermed risiko for fugtsugning via endetræet. Facadens udtryk minder om de gedigne bulhuskonstruktioner.

Ydervæggen er udført uden hverken dampspærre eller dampbremse. Træfiberpladen bag den indvendige bræddebeklædning samt træfiberisoleringen fremmer hurtig difundering og dermed udtørring af indefrakommende fugt, så kondens undgås.



Opbygning af ydervæg (udefra) i skala 1:10. Bemærk det demonterbare fodpanel indvendigt hvor bag der kan føres installationer.

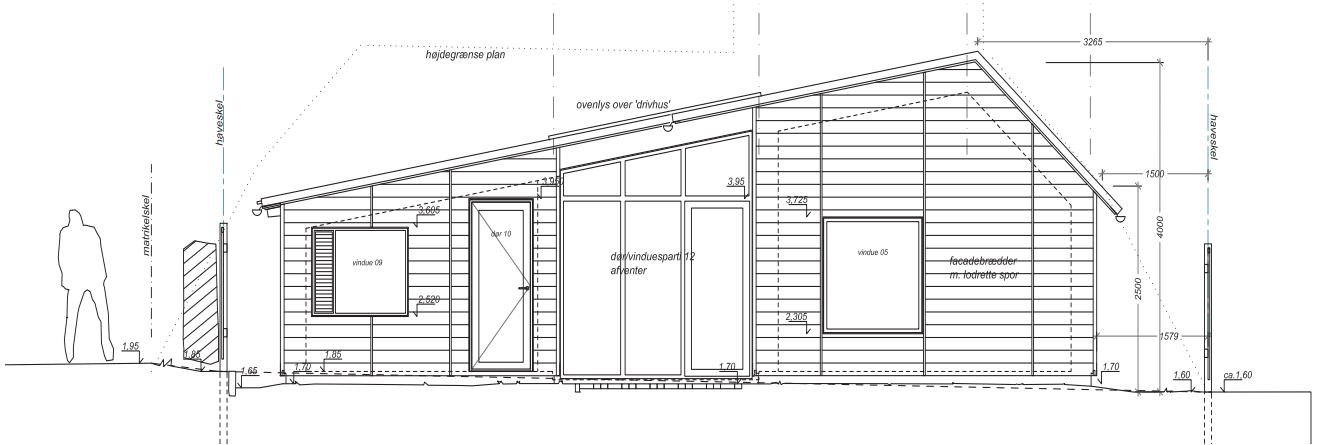
- 25x155 mm facadebrædder i eg, smigskåret med savskåret yderside, hævlet bagside
- 25mm lodrette afstandslister
- 40mm vindspærre, som Woodfiber Safe - diffusionsåben
- 45x195mm stolpeskellet pr. 60 cm
- 45x45mm påforing pr. 60 cm
- 240mm træfiber indblæst isolering kl. 0,36
- 12mm Woodfiber LB plader
- 21mm lodret bræddebeklædning



Ved hjørnerne afsluttes den vandrette beklædning med en bredere lodret og i tværsnit kvadratisk liste. © Anne Beim

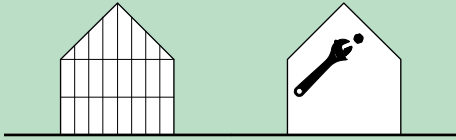


Kun ved vindueslysningerne ses de vandrette brædders skråt afskårede profil. © Anne Beim



Opstalt mod syd. Haveforeningshuset består af to parallelle bygninger med gennemgående spær som bliver synlige i mellemrummet hvor der bag et lag glas er etableres et drivhus.

## EKSEMPEL - DEMONTERBAR FASTGØRELSE DEMONTERBAR BEKLÆDNING



### Weekend house, Wachtebeke, Belgien

Arkitekt: GAFPA

Opført: 2011-2014

Sommerhusets trækonstruktion hviler som et moderne pælehus på præfabricerede beton T-elementer. Trækonstruktionen er isoleret med papiruld. Facaden er udstyret med aluminiumsprofiler, som omvikler hele bygningen.

Felterne derimellem kan stå frit eller være udfyldt med træpaneler, glas eller døråbninger. På udvalgte steder er rammesystemet suppleret med skodder i strækmetal, for at skabe mere privatliv i forhold til naboerne og gaden.

Træpanelerne og glasskiverne kan nemt afmonteres ved at skrue aluminiumslisterne af. Skrueerne er synlige og indgår som et tektonisk greb i husets overordnede udtryk.



Lodret snit gennem facaden i skala 1:50



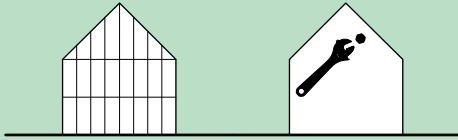


På billedet ses et dørparti monteret i rammestrukturen, med synlige skruer om holder panelerne på plads. Træpladerne er kun indklemmt ved højkanterne da der er en åben luftspalte i undersiden. © GAFPA



Husets facade fremstår som aluminiumsrammer som kan være fritstående eller indeholde glas, træpaneler eller dørpartier. © GAFPA

## EKSEMPEL - DEMONTERBAR FASTGØRELSE DEMONTERBAR BEKLÆDNING



### Huse i Hesnæs, Danmark

Arkitekt: Ukendt

Opført: Formentligt 1900-tallet

I landsbyen Hesnæs er der under nationalromantikken opstået en tradition for at montere tagrør på husenes murede facader.

Klemmlisterne kan klemme mange tagrør fast på en gang, som er en forudsætning for at bruge tagrør på en lodret muret flade. Men løsningen gør det også nemt at skifte tagrørerne ud.

Listerne er udført med en skrå overside, for at regnvand løber væk fra tagrørerne.



Listerne har en skrå overside for at vand løber væk fra tækkerørerne.  
© Thorbjørn Lønberg Petersen

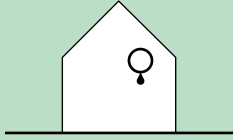


Her ses nye tækkerør, som stadigvæk har deres gyldne farve inden de patineres.  
© Thorbjørn Lønberg Petersen

Det er forskelligt fra hus til hus hvor mange facader er blevet beklædt med tækkerør og klemlister. © Thorbjørn Lønberg Petersen



## EKSEMPEL - SPORBARHED SYNLIGE INSTALLATIONER



### Box House, Bicester, Storbritannien

Arkitekt: Studio Bark

Opført: 2017

Dette selvbyggede hus består af præfabrikerede CNC skårne træmoduler monteret af bygherrerne og en gruppe arkitekturstuderende.

Ved at anvende synlige rørføringer er der fjernet en komplicerende faktor fra byggeprocessen, ligesom det også har skabt besparelser i budgettet.

Huset er så velisoleret, at det udelukkende opvarmes ved hjælp af et enkelt 22mm kobberrør, som løber gennem hele huset.

Også rørføringen for brugsvand er synligt monteret og er sammen med varmerøret blevet til et karakteristisk element i husets interiør.



Huset er udført i biogene materialer med en facade bestående af brændt træ.  
© Lenny Codd

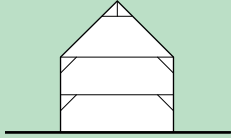


I badeværelset kontrasterer kobberrørerne mod en hvid baggrund som fremhæver deres grafiske udtryk i rummet. Også armaturerne er lavet i kobberrør og indgår i den overordnede rørinstallation. © Lenny Codd

I køkkenet ses både varmerør, samt rør til brugsvand. Et af rørene til køkkenvasken har fået en dobbeltfunktion som ophængningsrør. © Lenny Codd



## EKSEMPEL - SPORBARHED SYNLIGE INSTALLATIONER



### Plank house, London, Storbritannien

Arkitekt: Material Cultures / Practice Architecture

Opført: 2021

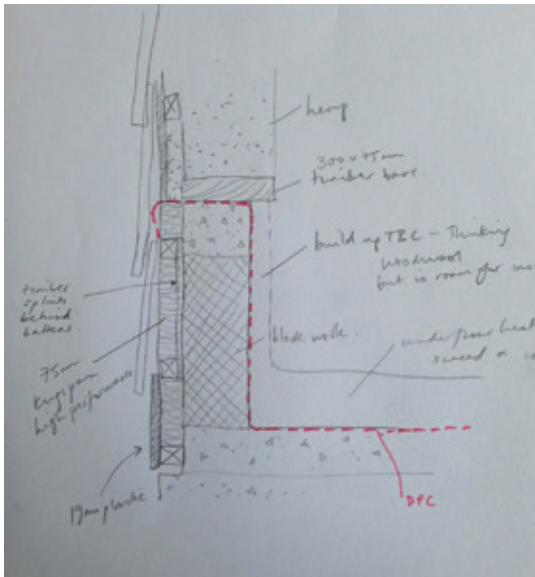
Huset indeholder et tekstilværksted og to lejligheder ved siden af en lille tagterasse på første sal.

Bygningen er et eksempel på selvbyggeri med en low-tech tilgang, hvor man udnytter materialernes selvregulerende egenskaber og manuel betjening til at regulere indeklimaet.

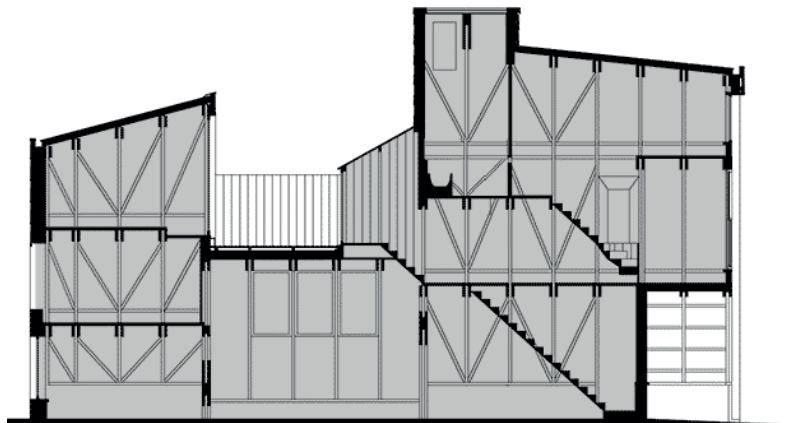
Huset består af en bindingsværkskonstruktion i træ, udfyldt med hampekalk. Denne massive opbygning er valgt for at lagre så meget CO2 som muligt, og mindsker desuden husets kompleksitet i selve byggeprocessen.

De blotlagte materialer betyder, at skader opdages hurtigere, og nemmere kan udbedres og udtørre, hvis der for eksempel opstår en vandskade.

Eksponerede hampekalkoverflader er relativt skrøbelige. Der kan bruges en diffusionsåben overfladebehandling, som en lermaling, som sikrer, at fugt kan diffundere ind og ud af konstruktionen.



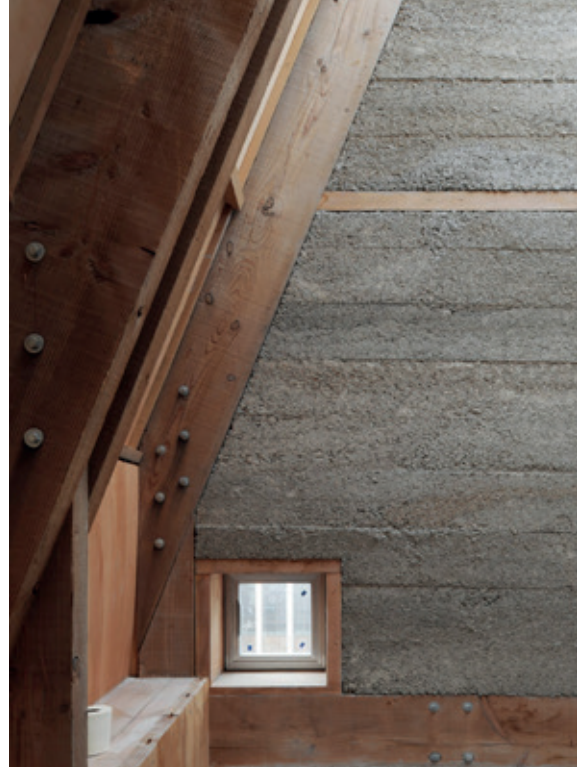
Håndskitse af konstruktionsopbygningen.



Snit gennem bygningen, med bindingsværkskonstruktionen.



Både bindingsværket og hampekalks overflader er synlige. Begge materialer ligger i samme niveau. © David Grandorge & Oskar Proctor



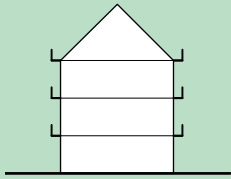
Ved nærmere fokus kan man se lagene af de forskellige hampekalk støbninger. © David Grandorge & Oskar Proctor

Bygningen ligger som en monolitisk volumen i et område med ældre bebyggelser. © David Grandorge & Oskar Proctor



## EKSEMPEL - ADGANG

### VEDLIGEHOEDESGANG



#### St. Mandé, Paris, Frankrig

Arkitekt: Mars Architectes

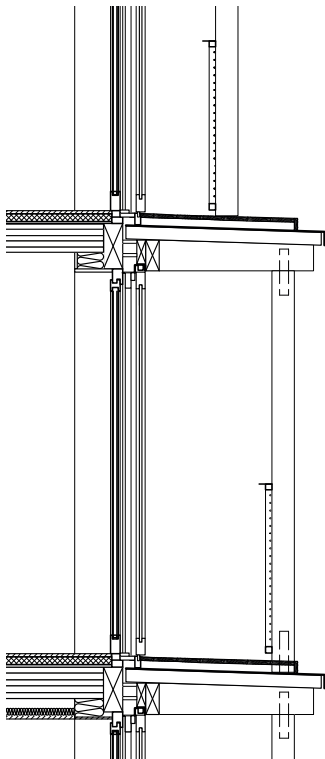
Opført: 2020

Bygningens bærende konstruktion består af bjælker og søjler i grantræ med CLT dæk.

Altangangene bliver understøttet af søjler og bjælker af douglastræ, med et dæk i CLT paneler monteret med en

lille hældning. Ovenpå denne konstruktion ligger der et tyndt lag blik og et trægulv, som ligesom facaderne er udført i douglastræ.

Disse to lag bliver visuelt adskilt fra hinanden ved at anvende hvidmalet blik og male bjælkeenderne hvide, som dermed bliver beskyttet men også kontrasterer de øvrige træfarvede overflader og fremhæver bygningens tektoniske opbygning.



Lodret snit gennem altangange i skala 1:50



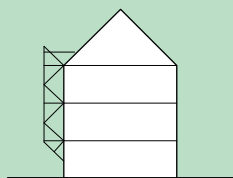


Vedligeholdelsesgang foran facaden, med lukkede skodder. Skodderne er monteret med et skydebeslag dermed at de ikke blokerer altangangene når de er åbent. Gelænderne er lakeret i en dæmpet grå farve og lader trækonstruktionerne spille hovedrollen i facadeudtrykket. © Charly Broeyz

Der er overdækkede altangange rundt om hele huset og tagudhænget af den tilbagetrukne øverste etage er udført på samme måde som altangangene, som skaber en sammenhængende tektonik. © Charly Broeyz



## EKSEMPEL - ADGANG TIL KONSTRUKTIONER STILLADS



Vedligeholdelsesgange er en god metode til at kunne inspicere, vedligeholde og reparere bygninger. Det er dog ikke altid muligt at bygge vedligeholdelsesgange, for eksempel på grund af anlægsøkonomi, bebyggelsesprocenten, brand osv.

Som alternativ foreslår vi at integrere permanente foranstaltninger for opstilling eller vedhæftning af stillads på bygninger ved at tilføje murankre. Primært for at

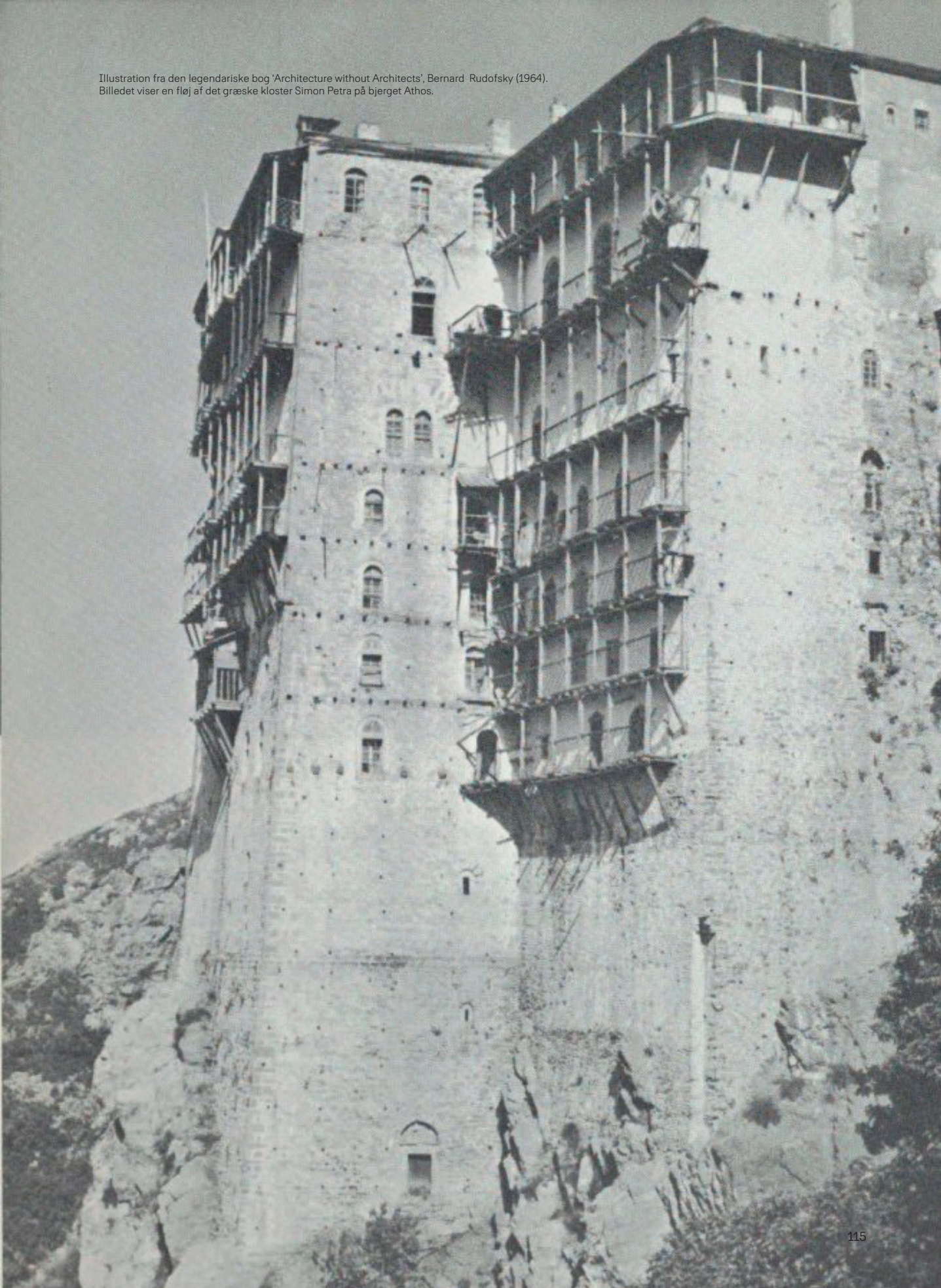
gøre det ukompliceret og økonomisk fordelagtigt at foretage løbende vedligehold. Endvidere kunne denne tilgang tilføre bygninger et yderligere tektonisk motiv præget af en midlertidig funktionel struktur.

Vi har ikke kunnet finde nutidige referencer på denne strategi, men på billedet af det græske tempel på næste side, ses hullerne fra det oprindelige etagevise stillads der er blevet anvendt under opførelsen af bygningen. Store dele af stilladset bliver efterfølgende permanent og tjener som loggia og altangang.

Et stillads udført i træ i Ungarn. © Stefano Longhi



Illustration fra den legendariske bog 'Architecture without Architects', Bernard Rudofsky (1964).  
Billedet viser en fløj af det græske kloster Simon Petra på bjerget Athos.



# LITTERATUR

- Beim, A., Arnfred, L., (red.), Biogent Byggeri - materiale, arkitektur, tektonik, Cinark, Det kongelige Akademi, København (2023)
- BYG-ERFA: Diverse erfaringsblade. Byggeteknisk Erfaringsformidling, København
- Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., & Morelli, M., Tage - Materialer, opbygning, egenskaber, detaljer (SBI-anvisning 273). Aalborg Universitet, København (2019)
- Brandt, E., Bunch-Nielsen, T., Kvist Hansen, T., Morelli, M., Nielsen A., & Sebastian W., Fugt i bygninger – Bygningsdele (SBI-anvisning 279) Aalborg Universitet, København (2023)
- Dansk Teknologisk Institut, SBI og Træbranchens Oplysningsråd, Konstruktiv træbeskyttelse mod biologisk nedbrydning, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 20 (1995)
- Jensen, B., TRÆ 46, Træbeskyttelse, Træbranchens Oplysningsråd, Lyngby (2001)
- Brandt, E., Jensen, B. & Thomassen, T., TRÆ 55, Træfacader, Træinformation, Lyngby (2008)
- Jensen, B. & Lund Johansen, B., TRÆ 57, Træbeskyttelse, Træinformation, Lyngby (2009)
- Miljøministeriet, Fredningsstyrelsen, Om byggeskik og vedligeholdelse, København (1983)
- Munch-Petersen, Johs. F., Vis Vand Væk – Geometriske forholdsregler mod bygningsskader, Institut for husbygning, forelæsningsnotat nr. 65, DTH, Lyngby (1983)
- Vadstrup, S., Træbeklædning - Historie og vedligehold, BY og LAND, Landsforeningen for Bygnings- og Landskabskultur, København & RAADVAD, Nordisk Center til Bevarelse af Håndværk, Lyngby (2000)
- Valbjørn, T. et al., BUILD Rapport 2022:09, Biogene materialers anvendelse i byggeriet, Institut for Byggeri, By og Miljø, aalborg Universitet, København (2022)

## Fotos/Illustrationer

Forfatterne har - gennem grundig research - bestræbt sig på at finde og afklare rettighederne til samtlige af publikationens illustrationer.

Skulle der alligevel være parter, som har rettighedskrav til illustrationer i publikationen, vil det blive tilgodeset ved henvendelse til:

CINARK, Det kongelige Akademi

Alt tegningsmateriale tilhører projekternes arkitekter, medmindre angivet anderledes nedenfor.

Grundprincipper

Cellernes opbygning i nåletræ

© Teknologisk Institut

Sokkel

Kappelle Salgenreute, Bernardo Bader, 2016

© Jesus Granada

Hævet dæk

Between Birch, Kim Lenschow & Pihlman Architects, 2022

© Hampus Berndtson

Centre 'hebergemenet de Rigot, Acau, 2019

© Enric Rovira

© Marcel Kultscher

Hortus kontorhotel, Herzog & De Meuron, 2025

© Herzog & De Meuron

Tagudhæng

Hoffs Sommerhus, Gehrdt Bornebusch, 1989

© Bent Ryberg

Enfamiliehus Humlebæk, Emilie Henriksen og Høgni T. Hansen, 2024

© Emilie Henriksen og Høgni T. Hansen

Fremspring

Nodi Kontorhus, White Architects, 2023

© Åke E:son Lindman

Relief

Gishalde – Steinbille, Luca Selva, 2017

© Yohan Zerdoun

Udviklingsprojekt tækkede facader, Cinark, Det Kongelige Akademi, 2021-23

© Cinark

Vandbrædder

Lisbjerg, Tegnestuen Vandkunsten, 2017

© Helene Høyer Mikkelsen

Facadebeplantning

Hortus kontorhotel, Herzog & De Meuron, 2025

© Herzog & De Meuron

Tagrende

Eriksberg Viltpark, Sandellsandberg Arkitekter, 2018  
© Åke E:son Lindman  
Skrå afskæringer  
Snickareglädje, varierende arkitekter og snedkere, primært det 19. århundrede  
© Ann Katrin Pihl. Atmers Samling/KB  
© Byggnadsverk.se  
© Fabel Arkitektur  
Luftspalte  
Grass House, BLDUS, 2019  
© Ty Cole  
Flammeafbøjere  
Village Tunnelfabrikken, CPH Village, 2026  
© CPH Village  
Demonterbar beklædning  
Haveforeningshus, Anne Beim & Thomas Nybo Rasmussen, 2024  
© Anne Beim  
Weekend House Wachtenbeke, GAFPA, 2011-14  
© Gafpa  
Huse i Hesnæs, arkitekt ukendt, formentlig 1900-tallet  
© Thorbjørn Lønberg Petersen  
Synlige installationer  
Box House, Studio Bark, 2017  
© Lenny Codd  
Synlige konstruktioner  
Plank House, Material Cultures / Practice Architecture, 2021  
© David Grandorge & Oskar Proctor  
Vedligeholdelsesgang  
St. Mandé, Mars Architects, 2020  
© Charly Broyez  
Stillads  
© 'Architecture without Architects', Bernard Rudofsky (1964)  
© Stefano Longhi













# KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALERS ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI

*Af Line Kjær Frederiksen*



## OM FORFATTEREN

Line Kjær Frederiksen er uddannet Cand. Arch. fra Det Kongelige Akademi - Institut for Bygningskunst og Teknologi. Hun har i 2024 afleveret Ph.d.-projektet 'Adskillelsens Tektonik - Cirkulære principper undersøgt i to nutidige byggesystemer' udarbejdet i regi af Center for Industriel arkitektur (CINARK).

Line Kjær Frederiksen er tilknyttet Institut for Bygningskunst og Teknologi som videnskabelig- og undervisningsassistent.

# KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALERS ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI

## KAPITLETS INDHOLD

---

Indledning	126
Afgrænsning	
Kategorier af kultivering	
Kategorier af forarbejdning	
Særligt angående træ	
Landbrug	130
Paludikultur	172
Havbrug	182
Hedebrug	196
Skovbrug	200
Uden anvendelse i nutidigt byggeri	236
Uden kategori	238
Litteratur og kreditering	240

# INDLEDNING

## AFGRÆNSNING

Dette kapitel indeholder en overordnet kortlægning af biogene materials anvendelse i nutidigt byggeri.

Hovedfokus er på biogene materialer der allerede gror eller dyrkes i Danmark, og som kan anvendes i byggeriet eller som potentielt kunne dyrkes og anvendes i byggeri.

Projektets fokus på biogene materialer afgrænser kortlægningen fra at medtage animalske og genbrugte eller genanvendte materialer, men disse materialekategorier har potentiale for at kunne erstatte miljøbelastende materialer i byggeriet på lige fod med biogene materialer.

Kortlægningen har fokus på eksempler, som er geografisk/regionalt sammenlignelige med danske klimaforhold, byggemåder og tektoniske løsninger. Da genstandsfeltet er relativt ubeskrevet, er den brede kortlægning af feltet prioriteret højt i dette kapitel.

Indholdet er opdelt efter typer af kultivering, hvor de dertilhørende afgrøder beskrives, efterfulgt af beskrivelser af erfaringer med den pågældende afgrøde som byggemateriale, som er baseret på billeder og konstruktionstegninger fra eksisterende projektmateriale.

Kortlægningen viser således *det dyrkede* overfor *det byggede*.

Formålet med kortlægningen er at skabe fælles udgangspunkt for videre undersøgelser af eksisterende og potentielle biogene materials arkitektoniske, historiske og tektoniske muligheder og udfordringer.

Den overordnede kortlægning af feltet er indsat i en matrix. Matrixen består af en x og y-akse, som hhv. viser inddelingen af typer af kultivering og kategorierne for forarbejdningsgrad fra afgrøde til byggemateriale brugt i arkitekturen.

Til højre er et eksempel på uddrag fra matrixen, hvor en enkelt afgrøde fra hver type kultivering optræder.

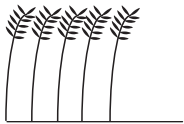
	<b>Afrøder (DK data)</b>	<b>Afgrøder (int. data)</b>	<b>Dyrkning</b>	<b>Høst</b>	<b>Anvendelse af råmateriale (forarbejdet men rent materiale)</b>	<b>Anvendelse af byggevare (forarbejdet komposit)</b>	<b>Bygget eks. DK</b>	<b>Bygget eks. int.</b>
<b>Skovbrug</b>	Rødel (Alnus glutinosa)		Gror på fugtig jordbund		Tåler at stå i vand - potentielle som skrufundament		En producent er i gang med undersøgelser	
<b>Landbrug (Agrikultur)</b>		Solsikker (Helianthus Annus) (Frankrig)	Markdyrkning til olieproduktion		Stængler kan bruges som fibre (tilovers fra olieproduktion)	Blandet med kalk (som Hempcrete)		Indvendige paneler på vægge Luma Arles (https://bc-as.org/projects/10t-8)
<b>Sumpdyrkning (Paludikultur)</b>	Tagrør (Phragmites Australis)		Gror naturligt i vådområder	Maskinel høst i DK i jan/feb	Tørres og sorteres efter kvalitet. Anvendes uforarbejdet		Vadehavsentret + CINARKS tækkede facader	
<b>Hedebrug</b>		Lyng (Ukraine & Tyskland)	Surbundsp lante		Som mønning/rygning på tækkede tage. (Tørret?)		Grønnestrand Mølle er tækket med lyng på facaden ( <a href="http://www.trap.lex.dk">www.trap.lex.dk</a> _Grønnestrand_Mølle)	
<b>Havbrug</b>	Ålegræs (Zostera Marina)		Gror på havbund	Skyller på land til høst	Tørres	Blandet non-woven med binder til akustikpaneler	Læsø-tagene (råmateriale) Søuld (akustikpaneler)	

## KATEGORIER AF KULTIVERING

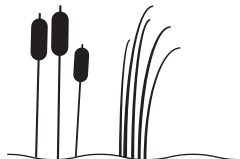
Til kortlægningen af biogene materialer er kultiveringen af vores naturlige omgivelser opdelt i fem kategorier. Dette er gjort for at give et overblik over, hvilke typer biogene materialer der eksisterer i forskellige typer landskab.

De fem kategorier er: *landbrug, paludikultur, havbrug, hedebrug og skovbrug.*

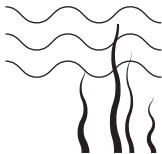
Disse kategorier danner endvidere struktur gennem dette kapitel. Hver kategori er illustreret med et ikon, som ledsager beskrivelserne af de biogene materialer.



LANDBRUG



PALUDIKULTUR



HAVBRUG



HEDEBRUG



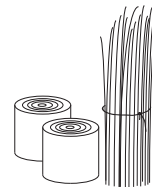
SKOVBRUG

## KATEGORIER AF FORARBEJDNING

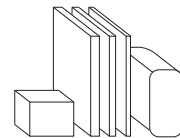
Til beskrivelserne af, hvordan biogene materialer anvendes i nutidigt byggeri, følger ligeledes et ledsagende ikon, som angiver forarbejdningsgraden af det biogene materiale. I byggeriet kan man tale om mange niveauer af forarbejdning - til denne kortlægning er der udvalgt tre kategorier.

De tre kategorier er: *råvare, komponent og element.*

De biogene materialer, der ikke endnu har fundet anvendelse i byggeriet, men som har potentiale herfor, er samlet i et særskilt afsnit, kaldet *Uden anvendelse.*



RÅVARE



KOMPONENT



ELEMENT

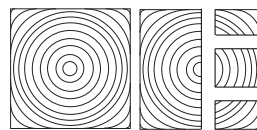


## SÆRLIGT ANGÅENDE TRÆ

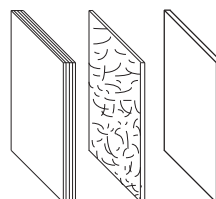
I forhold til anvendelse af biogene materialer i nutidigt byggeri bruges træ i stort omfang. Kortlægning af træarters anvendelse er i dette kapitel begrænset, således at der for hver træart kun er medtaget ét enkelt eksempel på anvendelse i nutidigt byggeri.

Eksemplerne er forsøgt udvalgt, så de tilsammen giver et indtryk af de samlede muligheder for anvendelse af træ i byggeriet. Eksemplerne er også forsøgt udvalgt, så de dækker de tre forarbejdningskategorier; råvare, komponent, element.

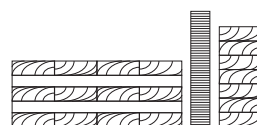
Til sidst under kategorien *Skovbrug* findes en kort opsamling af de mest gængse træbaserede byggematerialer. Her følger inddelingen; *savskåret træ*, *træelementer*, *pladematerialer* og *træfiber*.



SAVSKÅRET TRÆ



PLADEMATERIALE



TRÆELEMENTER



TRÆFIBER/CELLULOSE





# LANDBRUG

KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALER  
SOM DYRKES I LANDBRUG OG DERES  
ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI.

## BRÆNDENÆLDE

"Flerårig urt der kan lave rigtig meget biomasse (3-12 tons med lav næringstilførsel), samt producere en stor mængde protein ved høj næringstilførsel. Man vil typisk dyrke efter de lange fiberfraktioner og/eller proteinerne, hvorefter der vil være en biomassesidestrøm, som er interessant for byggeriet. Kan dyrkes uden brug af pesticider og er en nem afgrøde." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)



Brændenælder. © Anne Beim



## BRÆNDENÆLDE - FIBERFORSTÆRKNING

Nældens brugbare fibre er under det yderste lag af stænglen. Fibrene bruges til garn- og tekstilfremstilling, fiskenet, tæpper og papir. Når fibrene er taget, efterlades skærver fra stænglen, som kunne bruges på samme måde som hamp. Fx blandet med kalk til blokke eller som isolering. (Phytophilia, 2024)



Nældens høje celluloseindhold undersøges også til brug i komposit-materialer.

Se HALM for yderligere information.

Skærver af brændenældestængler. © Sara Martinsen, phytophilia.dk



## ELEFANTGRÆS

"Flerårig afgrøde der kan stå i rigtig mange år før den behøver blive udskiftet (15-25 år), og som har en rigtig høj biomasseproduktion (20 tons per hektar) uden højt pesticidforbrug eller nitratudvaskning. (Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, u.å.) Man dyrker specifikt efter biomassen, hvilket betyder, at f.eks. byggeriet eller energisektoren ikke er aftager på et sidestrømsprodukt, og derfor er med til at ændre arealanvendelsen." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

Afgrøden bliver 150-200 cm. I 2015 var hele den danske høst af tækkemiscanthus solgt umiddelbart efter endt høst i maj måned, så der er brug for nye avlere. (Vodder, Bundgaard, Karup, u.å.) GxN's MUDP-rapport "Det Biologiske Hus" peger på potentialer som: plader

og plast. Citat fra rapporten: "Elefantgræs, er en græsart der findes i mange former, og som blandt andet. Planter i sårbare arealer og bliver brugt som energiafgrøde. Efterafgrøder som elefantgræs og olierædiker, er med til at etablere sundere jordforhold og der bliver især kigget på elefantgræs, da det på sigt menes at kunne blive fremavlet til en sort, der vil kunne producere store mængder biobrændsel. På nuværende tidspunkt er det kun muligt at producere 9 ton tørstof pr. hektar." (Affald som ressource, 2016, 37). Miscanthus skal tørre før ibrugtagning som byggemateriale.



Elefantgræs. © 2020 Jean Pawek



## ELEFANTGRÆS - TAGBEKLÆDNING

”Elefantgræs spås til at erstatte korn i fremtiden pga. af klimaforandringer med vådere og varmere vejr. Planten er bla. en fremragende energiafgrøde med en brandværdi lignende halm.” (Een til Een, GxN, u.å. 37)



Miscanthus bruges som tækket tagbeklædning. Restaurant Carlslund, Fyn, er tækket med miscanthus i 2017.

Miscanthus kommer fra Japan, hvor der også en vernakular byggekultur med smukke tækkede tage kaldet gassho-zukuri.

Se TAGRØR, for uddybning af tækning.

Foto af traditionelle japanske huse "gassho-zukuri" hvor tagene er beklædt med elefantgræsset "miscanthus". © Bernard Gagnon



## GRÆS OG KLØVERGRÆS

Græs er en fællesbetegnelse for rigtig mange græsarter. Kan evt. opdeles, da der er store biologiske forskelle mellem alm. rajgræs, strandsvingel, kløvergræs og rørgræs. Fælles for græsserne er deres indhold af fibre, som kan anvendes i byggevareindustrien.

”Græs har et rigtig højt vækstpotentiale, blandt andet fordi det er en flerårig afgrøde der gør at den laver fotosyntese, og dermed bin-der CO<sub>2</sub>, året rundt. Ved at blande kløver i afgrøden, tilføjer man kløverets evne til at binde atmosfærisk kvælstof, som er et vigtigt næringsstof for planter, og som erstatter kvælstof der ellers skulle tilsættes gennem gødning.

Bioraffineringsteknologien kan ekstrahere græssets ellers sværttilgængelige proteinindhold, så det kan fod-

res til dyr med mindre stærke maver end køer, som eksempelvis grise, kyllinger eller mennesker. Dermed mindsker man sojaimporten og måske endda fordriver kød fra den menneskelige diæt. Efter proteinekstraktionen vil der være en fiberfraktion med meget kulstof, som er interessant for byggeriet.”

(Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

”Dyrkning af kløvergræs reducerer således nitratudvaskning og pesticidforbrug markant sammenlignet med den nuværende produktion af korn, majs og raps, samtidig med, at det bidrager til opbygning af kulstof i jorden (Olesen et al., 2016).” (Biogene materials anvendelse i byggeriet, 2022, 38)



Græs © Dustin



Hvidkløver. © Anne Beim





## GRÆS - ISOLERING

Virksomheden Havnens Hænder forhandler Gramitherm og skriver om produktet: "Gramitherm bruger græsoverskud fra offentlige pladser og parker. 100 % genanvendeligt. 1 kg. Gramitherm batt absorberer 1,5 kg. CO2.

Græsset indsamles lokalt, herefter fjernes væsken fra fibre. Fibrene tørres og presset. Væsken bruges i et biogasanlæg, som bidrager til produktionens strømforbrug." (Havnens Hænder, 2024)

Græsisolering undersøges til anvendelse i beboelsesbyggeri i Frankrig af Atelier Desmichelle, hvilket er under udvikling.

Græsisolering fra belgiske Gramitherm. © Line Kjær Frederiksen



## GRÆS - GRÆSPLADER

GxN har lavet forsøg med at presse græs til hårde plader (Affald som ressource, 2016)



Græsplade. © GxN



## HALM

Halm er strå der er tilbage efter kornaksene fra de enårige kornarter er høstet; i Danmark primært de fire kornsorter rug, hvede, byg eller havre. Historisk er eksempelvis rughalm tidligere brugt til at tvinde halmsimer og til tækkede tage.

"Halm er et sidestrømsprodukt, primært fra foderproduktionen, som kan tørres, presses og bindes til halmballer og bruges pt. Primært til strøelse, nedmuldning og afbrænding. Her kan byggeriet spille med som aftager." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

"Halm består primært af cellulose, ligning, voks, silicium og hemicellulose. I landbruget bruges halm til opvarmning og korntørring. ... Man regner med at der afbrændes omkring 1 millioner ton halm årligt; ca. 2,1 millioner ton føres tilbage til jorden. ... Halm er et materiale der har meget stort potentiale; ligningstrengene i halm er mindre knudrede end strengene fra træ og kan derfor lettere bruges i produktion." (Affald som ressource, 2016, 31)

"Det danske landbrugsareal dyrkes i dag overvejende med enårige korn- og frøafgrøder. Det giver en stor mængde halm til rådighed, hvoraf der i 2015-2019 i gennemsnit blev brugt 1,49 mio. tons tørstof til energiodnyttelse (Mortensen og Jørgensen, 2022), mens 1,56 mio. tons blev brugt til foder og strøelse ved husdyrene. Vinterhvede er den mest udbredte afgrøde, og dermed er det hvedehalm, der er den største ressource, efterfulgt af vårbyg, raps, rug og vinterbyg. De forskellige halmtyper har forskellige mekaniske egenskaber ved teknisk anvendelse. Samtidig kan halmens lignin udnyttes i biobaserede bindemidler til byggevarer (Ghaffar og Fan, 2014)." (Biogene materialers anvendelse i byggeriet, 2022, 28)



LANDBRUG

Halmballer samles på mark. © Baykedevries



## HALM - ISOLERING

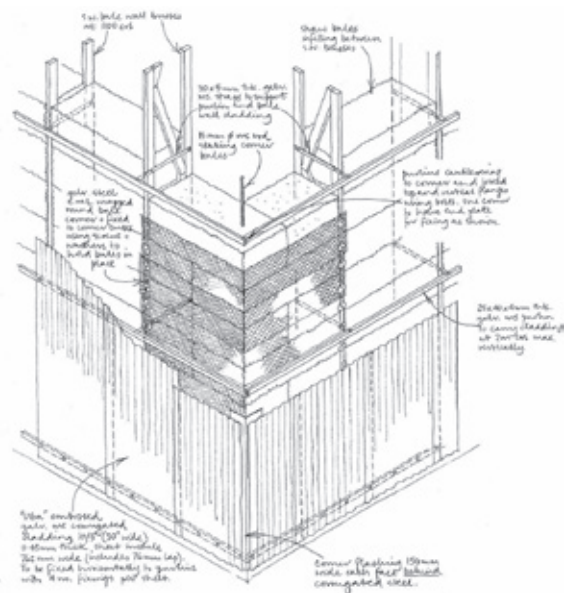
Findes som isolering, vægelementer, halmvægge, vindspærre og pladematerialer. Multiretningss pressteknologi giver isolerende lag i præfab elementer. Kan også bygges med som halmballer. Rug-, hvede-, byg- og havrehalv i bundter til brug for tækning. Langhalm er nogle gange omtalt som tagfoder da man i dårlige tider kunne tage det ned og bruge som foder til dyrene. Også brugt som rygningsmaterialer. (Tækkeordbogen, 2003, 35)

"Halm som isolering har en lavere isoleringsevne end fx mineraluld og har typisk en lambda-værdi på 0,044 W/m\*K." (Bolius, 2023)

Foto og tegninger viser Stock Orchard Street af Sarah Wigglesworth Architects, England. Projektet kaldes også Strawbale House.



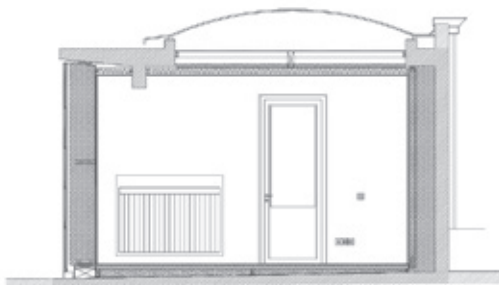
Foto og tegning af hjørnet på Strawbale House.  
© Sarah Wigglesworth Architects



# HALM - ISOLERING

Refuge II af Wim Goes Architecten

Midlertidig tilbygning til et eksisterende beboelseshus for en person, der havde brug for palliativ pleje, hvorfor tilbygningen er niveaufri.



© Wim Goes Architecten. © Philip Dujardin



**Mobilniveau D1**

- 1. Helling
- 2. Automatisk deur (sof gestand)
- 3. Tafel wissener
- 4. Corflectie gordijn
- 5. Tur
- 6. Bed
- 7. Vitaz tafel
- 8. Hengelen lokaal
- 9. Inborsel behandeling
- 10. Bewegbare duocamerengraai en retegile doozwelling
- 11. Kralden



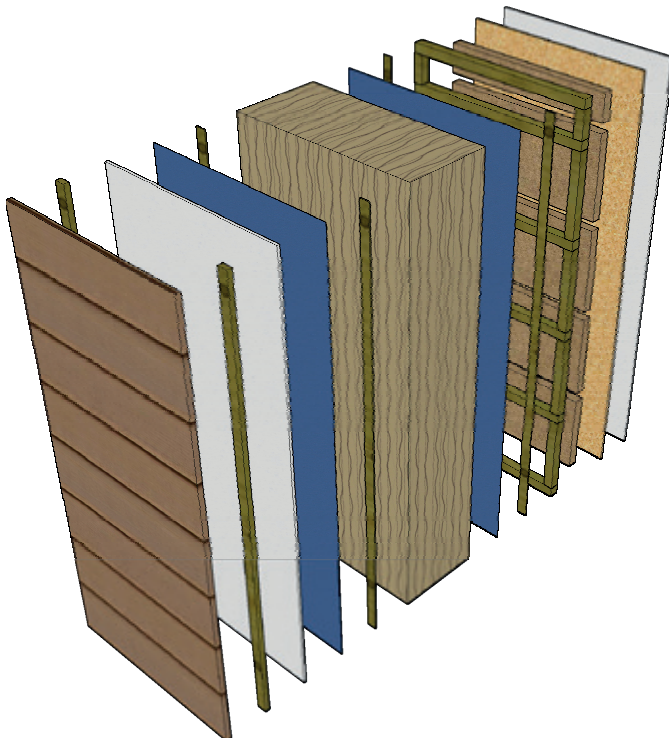
## HALM - ELEMENT

Vægelementer produceres af EcoCocon i Litauen og sælges i mange lande. Halmen er forarbejdet ved en multiretnings pressteknologi, som giver de isolerende lag i de præfabrikerede elementer.



EcoCocon er anvendt i VIGOT vægkonstruktion, hvor: "foreløbige data viser gunstige fugtforhold for vægkonstruktionen udsat for fugtbelastningsklasse 3." (Torben Valdbjørn Rasmussen, email til forfatter 26.aug. 2024)

Vægkonstruktion med EcoCocon-element. © David Rangan/VIGOT



23x150 mm vandret profileret, ru, klinkbeklædning (Thermowood) – inden for standard til brug som del i Brandklasse II beklædning

20x45 mm ventilationsliste

12,5 mm fibergipsplade med en isoleringsevne/lambdaværdi på 0,32 W/(m K) og en vanddampdiffusionsmodstand givet ved  $\mu$  på 13 svarende til en vanddampdiffusionsmodstand/Z-værdi på 0,923 GPa s m<sup>2</sup>/kg

6x45 mm krydsfinerstrimmel

Vindspærre dug, vindtæt, vandtæt og diffusionsåben med en Sd-værdi på 0,02 svarende til en vanddampdiffusionsmodstand/Z-værdi på 0,114 GPa s m<sup>2</sup>/kg

400 mm element med halmisolering

Dampbremse af papir med vanddampdiffusionsmodstand/Z-værdi på 36,12 GPa s m<sup>2</sup>/kg

6x45 mm krydsfinerstrimme

Påføring af 45x45 mm reglar, med 45 mm træfiberisolering i formstykker, brandklasse F med en isoleringsevne/lambdaværdi på 0,037 W/(m K)

12 mm OSB3 plade, TG2

12,5 mm fibergipsplade med en isoleringsevne/lambdaværdi på 0,32 W/(m K)

## HALM - ELEMENT

Feldballe Skole af Henning Larsen Architects, er bygget af EcoCocon-vægelementer. De forskellige typer vægelementer ses på tegningen herunder.



Tegninger © EcoCocon Fotos © Henning Larsen Architects



## HALM - HALMPLADE

Halmlader produceres i Tyskland af Novofibres. Halmlader er brugt i Det Biologiske Hus.



”Novofibres halmlade er udviklet og produceret i Tyskland. Den er lavet af 100% bæredygtige materialer bestående af naturlige fibre fra hvedehalm og formaldehydfri lim. Halmladen som produkt er en ny og bæredygtig løsning velegnet til let byggeri og kan bruges både af private og professionelle. Den formaldehydfri lim bliver blandet med halmen hvorefter det bliver presset og skåret ud til plader.” (Affald som ressource, 2016, 65)

”I Det Biologiske Hus bliver pladen brugt i konstruktionen som bund, sider og top, i de CNC-fræsede kasset-

ter. Disse udgør husets konstruktion og skæres specifikt til deres specifikke placering. Halmladerne er med til at skabe et sundt miljø i Det Biologiske Hus, da de er diffusionsåbne (åndbar) samt ikke afgiver kemiske stoffer til indeklimaet.” (Een til Een og GxN, 2016, 65)

Havnens Hænder forhandler halmlader fra polske VestaEco, som kan bruges til undertag, vindspærre og facadebatts til udvendig isolering..

Halmlade fra polske VestaEco. © Line Kjær Frederiksen



## HAMP

"Enårig afgrøde med relativ lav biomasseproduktion (ca. 10 tons/ha). Industriel hamp er en meget hurtigtvoksende plante, som kan høstes flere gange om året. Produces enten for olien eller de lange fibre til tekstil. Hvis de lange fibre aftages til tekstilindustrien (hvilket er forventeligt), så er der ikke meget rest tilbage." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

Planten er hårdfør, gøder jorden og har ingen behov for kemi under dyrkelse. (Havnens Hænder, 2024)

"I Danmark dyrkes i dag hamp på ca. 350 ha, men ikke noget fiber-hør (Landbrugsstyrelsen, 2021)." (Biogene materialers anvendelse i byggeriet, 2022, 29)

Hamp har potentiale i byggeriet som skærver. Der findes en række producenter af plader, byggeblokke, isolering og vægelementer med hamp.



Hamp. © Anne Beim





## HAMP - HAMPEKALK

Hempcrete består af en blanding af skærver fra hampestængler og kalk. Havnens Hænder beskriver Hempcrete fra IsoHemp som "selvbærende og isolerende byggeblokke af hempcrete, som kan anvendes til efterisolering både ude og inde. Man kan også opføre nybyg med vægge af hempcrete samt isolere etagedæk, diverse hulrum, tavler i bindingsværk, skillerum og hulrumsisolering. Er resistent overfor skimmel og skadedyr. Med puds er den brandklasse A2." (Havnens Hænder, 2024)

Hampekalk kan også påføres en lodret overflade som en våd masse, der sprayes ved høj kraft.



Ill. af bestanddele i hampekalk. © Pedersen, Moth, Ødegaard



Hempcrete fra IsoHemp. © Line Kjær Frederiksen

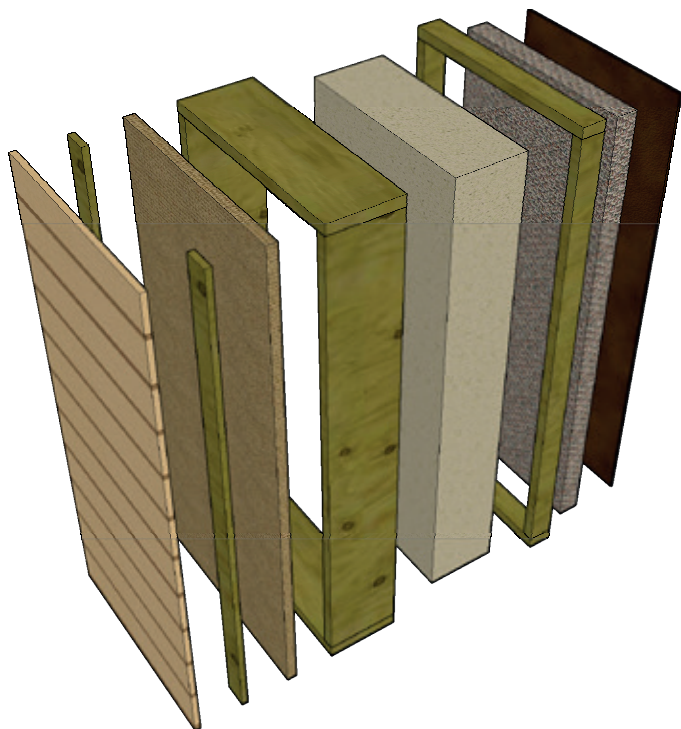


## HAMP - HAMPBLOKKE OG VINDSPÆRRE

Hempcrete blokke er anvendt i diffusionsåben vægkonstruktion fra VIGOT-projektet, som BUILD er en del af.



"Væg 6 bryder med bygningsfysikkens fugttekniske håndregler, både hvad angår krav til tæthedspan og forholdet mellem tæthedspanets og vindspærrens vanddampsdiffusionsmodstand. Væggen er diffusionsåben med en lav vanddampsdiffusionsmodstand både for tæthedspanet og for vindspærren, samt for ind i mellem. Tæthedspanet, som udgøres af den indvendige overflade af lerpuds, har ukendt lufttæthed og lav vanddampsdiffusionsmodstand. Vindspærren, en presset halmfiberplade, er diffusionsåben med en lav vanddampsdiffusionsmodstand, men højere end for tæthedspanet. Foreløbige data viser høje fugtniveauer i vægkonstruktionen, kritiske i forhold til organiske materialers vækst af skimmel, udsat for fugtbelastningsklasse 3." (Torben Valdbjørn Rasmussen, email til forfatter 26.aug. 2024)



23 mm vandret profileret, ru, klinkbeklædning i nåltræ (lærk) inden for standard til brug som del i Brandklasse II beklædning

25x100 mm sømbræt i nåltræ, der fungerer som afstandsliste/ventilationsspalte

40 mm vindspærre af presset halmfiber med en isoleringsevne/lambdaværdi på 0,049 W/(m K) og en vanddampsdiffusionsmodstand givet ved  $\mu$  på 5 svarende til en vanddampsdiffusionsmodstand/Z-værdi på 1,14 GPa s m<sup>2</sup>/kg

45x290 mm spærtræ, C24, med 200 mm indblæst løsfyldisolerering af træfiber i brandklasse D-s2-d0 med en isoleringsevne/lambdaværdi på 0,037 W/(m K), indblæst til en densitet på 42 kg/m<sup>3</sup>, og Hempcreed blok, 90 mm samlet med bloklim

15 mm lerpuds, kornstørrelse 0-2 mm med en vanddampsdiffusionsmodstand givet ved  $\mu$  på 5 til 10 svarende til en vanddampsdiffusionsmodstand/Z-værdi på 0,426 til 0,85 GPa s m<sup>2</sup>/kg

## HAMP - ISOLERING

Isoleringsprodukter i hamp fås både som måtter og som ruller.



”Måtterne bliver lavet af de korte fibre fra plantestilke. Fibrene er et biprodukt fra produktion af tekstiler. Isoleringsmåtter af hør og hamp har overordnet de samme egenskaber.” (Bæredygtigt Byggeri DK, u.å.).

Hampeisolering. © Hemspar



## HAMP - HAMPEPLADER

Hamp- & lerplader kan erstatte f.eks. gipsplader. Ler og hampeskærver lægges i forme og hærder naturligt. Uden brug af varme. (Havnens Hænder, u.å.)



Pladerne findes hos Havnens Hænder og Naturanum.

Plade af ler med hampeskærver fra tyske Schleusner. © Line Kjær Frederiksen



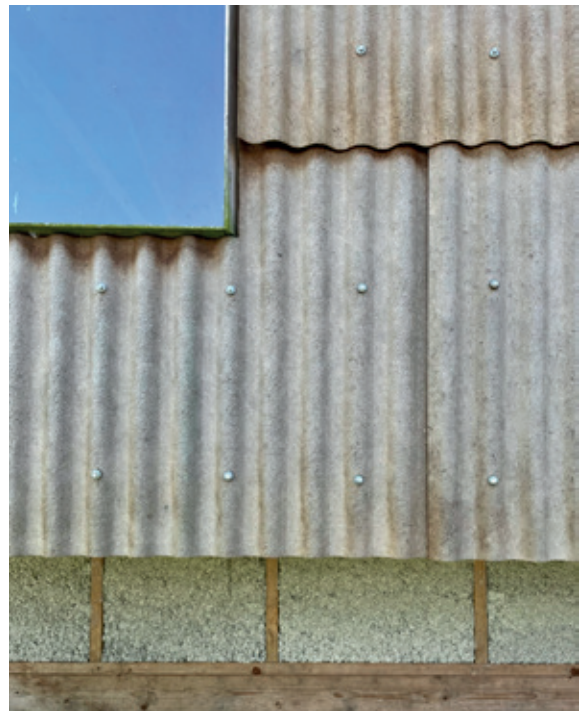
## HAMP - HAMPEPLADER

Hamp presset i form som beklædningsplader.  
Til udvendig brug.

Dette produkt er en materialekomposit, fremstillet ved at kartet hampefibre er tilført en sukkerbaseret harpiks som efterfølgende er presset og varmebehandlet i den ønskede form. Her som sinusplader. (AJ, "From farm to form", 22 June 2020, Rob Wilson)



Detajlefoto af facadekonstruktionen. © Anne Beim



Facadebeklædning af sinusplader af hamp på Margent Farm, England.  
© Anne Beim



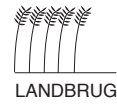
## HØR

Hør dyrkes både for fibre til tekstilproduktion og for frø og olie som bruges i fødevarerindustrien. Fibrene findes i både stængel og rod, hvorfor planten rykkes op med rod ved høst. Man kan bruge hele planten til tekstil, olie og isolering, så der ikke bliver meget spildprodukt tilbage.

Hør anvendes til tekstile akustik- og isoleringselementer, net, isolering samt til linolie til maling og overfladebehandling af træ.

”Minder rigtig meget om hamp, men har noget kortere fibre.” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

Se HAMP



Hvedemark. © Sten Porse



## HØR - LINOLIE

Olie fremstillet af hør kaldes linolie og har i lang tid været et af de vigtigste bindemidler til malinger og materialer til overfladebehandlinger.



"Linoliemaling har den fordel, at det er vandafvisende og samtidig kan fugt inde i træet, og evt. opsuget vand, hurtigt diffundere ud igen gennem linoliemalingen. Under hærdningen udvider linolien sig ca. 20 % og fylder derved træets porestruktur ud. Fugt kan derfor bevæge sig ud af træværket uden at malingen afskaller, og samtidig beskytter linoliemalingen overfladen mod regn." (Bæredygtigt Byggeri, u.å.)

Linolie og pigmenter til fremstilling af linoliemaling. © Handwerker



## HØR - ISOLERING

"Anvendes til lyd- og varmeisolering i yder-, inder-vægge, etageadskillelser og lofts konstruktioner. Leveres som ruller eller måtter og kan tilskæres med vinkelsliber eller tekstilskærer. Fibrene er stærke og seje og kan være vanskelige at tilskære. Hørisolering er hygroskopisk og virker godt i diffusionsåbne konstruktioner uden dampspærre. Fremstilles af de korte fibre fra stænglerne som er tilovers fra tekstilproduktion. Måtterne fås med og uden brandhæmmer. Fås i 50, 75 el. 100mm tykkelse, bredde og længde er 1200mm x 575 el. 375 mm. Nedbrydes ikke i korrekte udførte konstruktioner. Isoleringsevne (lambda værdi) på ca. 0,035 – 0,04, hvilket svarer ca. til de mest anvendte isoleringsmaterialer." (Bæredygtigt Byggeri DK, u.å)

"Hørmåtter kan også anvendes i tagkassetter eller som loftsisolering. Her bør måtterne være skåret nøjagtigt til, så de passer i størrelsen. Hvis de er lidt for store og skal klemmes sammen, kan der opstå hulrum eller tunneler, hvor den kolde luft kan cirkulere, og det formindsker



isoleringen. ... Isoleringsmåtterne indeholder imidlertid også en mængde polyesterfibre, som har et større klimaaftryk end hørfibrene. Polyesterfibrene gør derudover også, at hørisoleringen ikke vil kunne kompostere og fx bruges som næringsgiver til jorden, den dag det ikke skal bruges mere." (Bolius, 2023)

Hørisolering. © Linen and Jute Company





## HØR - LINOLEUM

”Linoleum fremstilles af linolie, der iltes til det faste stof linoxyn, som males, koges med harpiks og blandes med kork-, træ- og kalk-stenmel samt farvepigmenter, hvoraf nogle er syntetiske. Massen vales ved 150 °C ud på hessian, ofte jutevæv, i tykkelser på 2-4 mm.

Processen foregår normalt kontinuert ved kalandring, og den færdige linoleum oprulles i lange baner eller udskæres til fliser.

Linoleum er slidstærkt, antistatisk, trinlyddæmpende og modstandsdygtigt over for olie og fedtstoffer. Det er let at rengøre og anvendes hyppigt på hospitaler og plejehjem, i børneinstitutioner og kontorer samt i køkkener og på trappe- og gangarealer i boliger. Det er teknisk muligt at genforarbejde demonteret og rensset linoleum, men indtil videre dyrere end at erstatte det gamle linoleum med nyt.” (Den Store Danske, 2009)



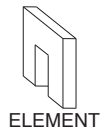
Et stykke overskåret linoleum © Alice Wiegand



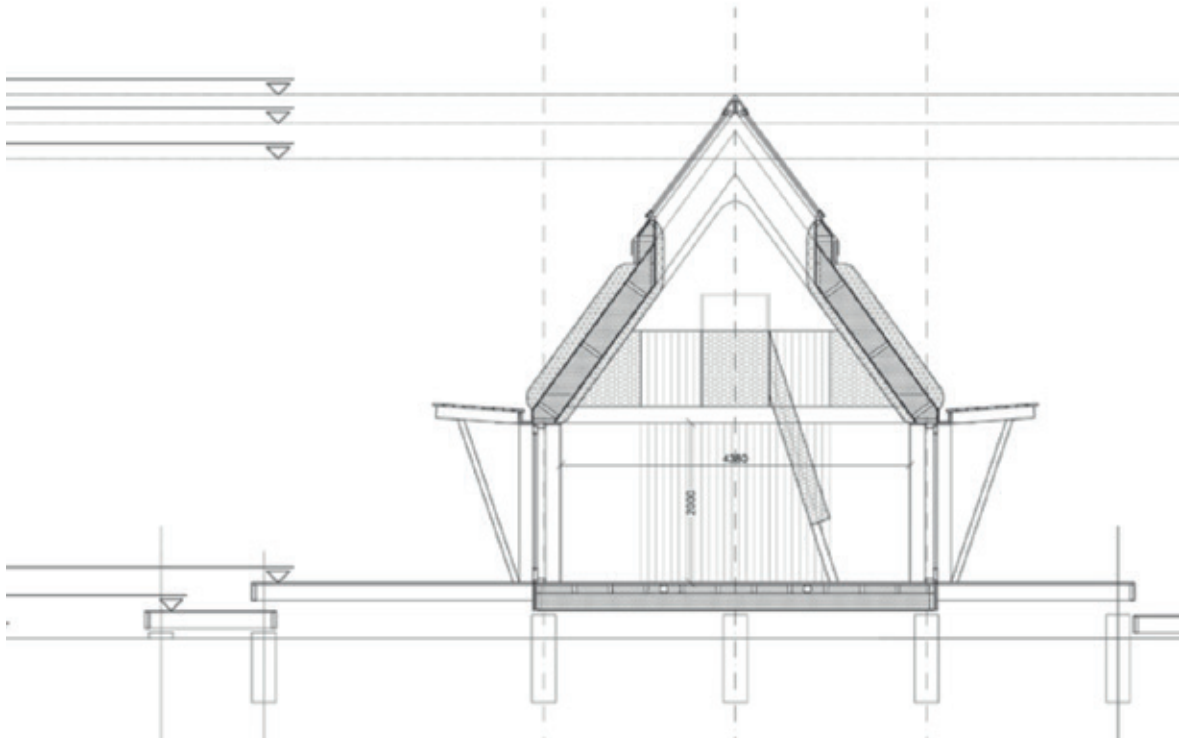
## HØR - TEKSTIL

Det Moderne Tanghus af Tegnestuen Vandkunsten  
De polstrede kassetter i tagkonstruktionen er fyldt med  
løst ålegræs og betrukket med lyst hørstof.

Der er betrukket 125m<sup>2</sup> ialt. (Nielsen, Klebak, og Søndermark 2013)



Snittegning. © Tegnestuen Vandkunsten





## PIL

Pil er en hurtigtvoksende plante, der kan stå i mange år. Pil producerer en stor mængde biomasse og akkumulerer en rigtig høj andel af alt, hvad der bliver tilsat, hvilket blandt andet giver en lav nitratudvaskning.



”Man dyrker specifikt efter biomassen, hvilket betyder at f.eks. byggeriet eller energisektoren ikke er aftager på et sidestrømsprodukt, og derfor er med til at ændre arealanvendelsen. Dette kan både være godt eller skidt, alt efter om man udtager naturareal eller landbrugs- areal.” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

I kort rotation er pil en landbrugsafgrøde. Pil dyrkes fugtige steder og er god til at filtrere næringsrig jord. ”Pil er et primærprodukt, som bliver brugt til energi, også kendt som ’energipil’. Pil kan gro steder hvor fødevarer ikke kan dyrkes.” (Affald som ressource, 2016, 39)

Mark med pil. © Line Kjær Frederiksen



## PIL

Afskårne pilegrene skal ligge i blød for at blive bøjelige. Derefter kan de formes og flettes til relativt eftergivende stukturer. Relativt uprøvet i byggeri. Mest kendt som materiale til pileflehogn, levende hegn, eller til brugs- genstande som kurveflet.

I eksemplet har Andrea von Chrismar bygget store "Wicker Menbranes".



Frisk pil i bundter. © Line Kjær Frederiksen

En rumlig sfære af flettet pil. © Allard van der Hoek



## PIL - KOMPOSIT

"ReGrow Willow" er en modulær pil- og jord-hybridstruktur - Karlsruhe Institute of Technology, KIT.



Citat fra KIT's projektbeskrivelse:

"Fremstillingsprocessen gør det muligt at skabe morfologisk differentierede komponenter, der tilpasser sig det overordnede design, og som inkorporerer adaptiv vævning og materialeplacering baseret på lokale krav og strukturel ydeevne. Pilekomponenter anvendes på grund af deres trækstyrke og fungerer samtidig som forskalling og armering til en 'zero-waste' og materiale-effektiv jordkonstruktion. Jorden skydes ind i udvalgte celler i pileforskallingen ved hjælp af en modificeret pudsemaskine, der anvender højtrykspneumatisk ekstrudering. Pileforskallingens geometri tillader en problemfri integration med jorden, hvilket eliminerer behovet for tilsætningsstoffer eller klæbemidler." (egen oversættelse) (Karlsruhe Institute of Technology, u.å.)

Fotos af fuld struktur og detalje (nederst) © dos, DDF - Karlsruhe Institute of Technology





## POPPEL

I kort rotation som energipoppel er poppel en landbrugsafgrøde. I så fald dyrkes poppel som en hurtigtvoksende energiafgrøde, hvor biomassen afsættes til afbrænding på varmeværker.



Poppeltræ anvendes ikke til konstruktionstræ men til spånplader, krydsfinér, isolering og andet ikke-bærende.

Derudover bruger man poppeltræ til tagspån, træuld, træsko, kasser, paller og blindtræ i møbler. (Johansen, 2014)

Poppel. © 2012 Jean Pawek





## POPPEL - BARK

Tegnestuen BLDUS har anvendt poppelbark som facadebeklædning på bolig.

Poppelbark fremstilles af Bark House, USA.



Bark som facadebeklædning. Fotos: Ty Cole © BLDUS



## POPPEL - KRYDSFINER

Poppelkrydsfiner er ét af de førnævnte byggematerialer, som poppel anvendes til. Poppelkrydsfiner er almindeligt udbredt.



Italienske Lorena Alessio Architeti har udført et forsøgsbyggeri, der undersøger poppelkrydsfiners potentialer i forhold til bærende rammekonstruktioner.

Ved at udvikle en særlig samling til krydsfiner er det lykkedes at bruge poppelkrydsfiner i den bærende konstruktion.

Systemet er patenteret under konceptet PoplyHouse.

Poppelkrydsfiner. © Firstwood





## RAPS

”En enårig afgrøde uden så høj biomasseproduktion, der dyrkes til olieproduktionen. Ved oliepresningen produceres rapskager, som har for højt proteinindhold til at være i betragtning for sektorer, der er interesserede i kulstoffet. Rapshalmen kunne være af interesse for byggeriet.” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

”I Danmark dyrkes mest vinterraps, som sås i august og blomstrer året efter i maj. Vinterraps giver højere udbytte end vårraps. Raps er nemt at dyrke og håndtere for landmænd og er derfor ideel at dyrke. Stænglerne bruges til forbrænding, men indeholder en del protein, som potentielt kunne bruges til fremstilling af lim. Raps indeholder glycosinolater, som beskytter mod insekter, svampe og bakterier.” (Affald som ressource, 2016, 33)



Rapsmark. © Okko Pyykkö



## RAPS - BETON

Artikel fra 2022 undersøger raps-beton som blokke til brug som selv bærende isolerende del af konstruktioner. Raps-beton har en lav trykstyrke og er derfor tiltænkt brugt i form af blokke i en træramme, som et støbt element eller nedknust til fyld.

Undersøgelsen fokuserer på raps-betonens termiske og mekaniske egenskaber og artiklen konkluderer at kvaliteten af rapsen, korrekt tør opbevaring er væsentligt for kvaliteten af raps-betonen.

Hvilket klima rapsen er vokset i, tilslagsstørrelse og hvordan stænglen er nedknust, har væsentlig effekt på blokkernes trykstyrke, men kun lille indflydelse på varmeledningsevnen. (Hajj Obeid m.fl. 2022)



Fotos fra artikel af prøver af rapsbeton til (a) mekanisk test og (b) test af varmeledningsevne.  
© Obeid, Douzane ,Dutra, Promis, Laidoudi, Bordet, Langlet



## RAPS - PLADE

Rapshalmen (stænglerne) kan være af interesse for byggeriet. MUDP-Rapporten "Affald som ressource" fra 2016 peger på potentialer som lim og plader.

Artikel fra 2021 undersøger fremstilling af plader af rapsstængler med benlim og sodium lignosulfonate som binder. Artiklen konkluderer at den testede type rapsplade kan anvendes i byggeri, og er bedst egnet i tørre konstruktioner fx i forbindelse med isolering eller som beklædning. Pladerne kan også bruges til indpakning af fragtgods.

Dog er yderligere undersøgelser af de kemiske forhold mellem de enkelte bestanddele nødvendige, for at forbedre pladens tekniske egenskaber, bla. i forhold til fugtabsorption. (Dušek m.fl. 2021)

## SOLSIKKE

Høstes almindeligvis til solsikkeolieproduktion til konsum.

I Danmark høstes blomsterne mest til dekoration. Solsikkestænglerne kan bruges som fibre.



Solsikke. © Anne Beim



## SOLSIKKE

Solsikkestænglerne kan bruges som fibre til fremstilling af paneler; en type som er hård og en anden type som er akustikregulerende.

Disse er udviklet til Magasin Eléctrique af Ateliér Luma, BC Mate-riales, Assemble Studio.

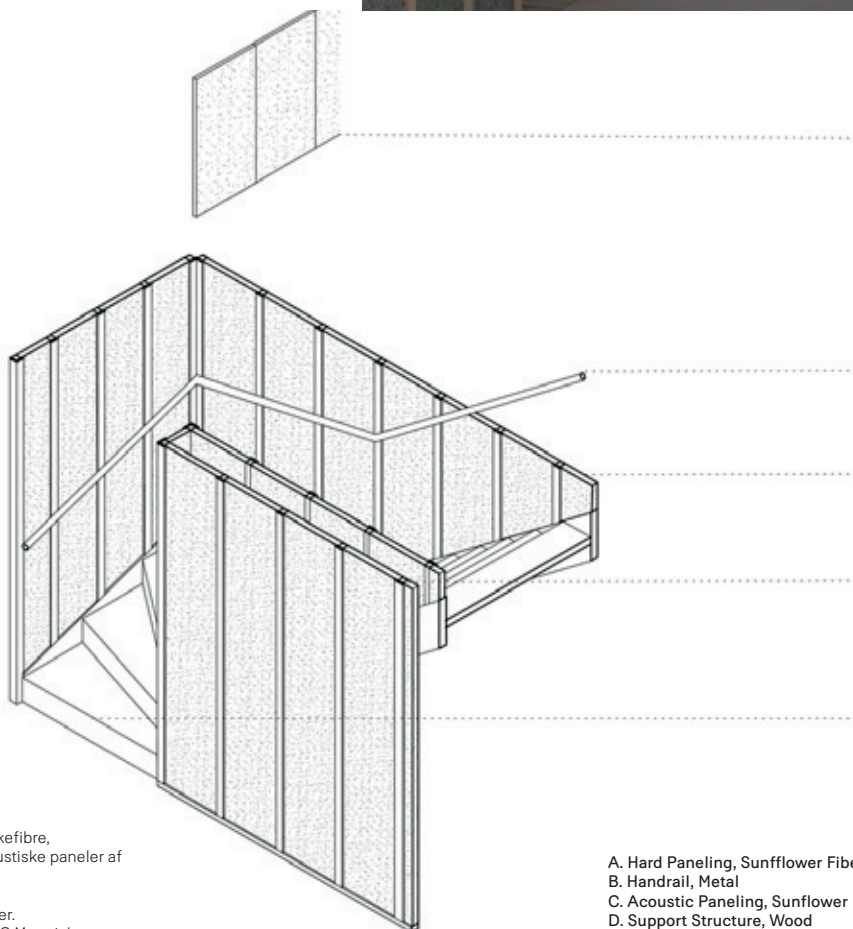


Foto og tegninger:

- 1) Ydervæg med paneler af solsikkefibre,
  - 2) trappegang med paneler og akustiske paneler af solsikkefibre,
  - 3) farvede akustikpaneler,
  - 4), foto af væg med solsikkepaneler.
- Tegning og foto © Ateliér Luma, BC Materiales, Assemble Studio,

- A. Hard Paneling, Sunflower Fibers
- B. Handrail, Metal
- C. Acoustic Paneling, Sunflower Fibers
- D. Support Structure, Wood
- E. Staircase, Wood

## SUKKERROE

”Enårig afgrøde, der har en rigtig høj biomasseproduktion, som går til at producere sukker. Ved raffineringen af sukker dannes en kulstof-pulp, som er til stor interesse for andre sektorer. Derudover efterlades en stor biomasse (ca. 5 tons/ha) i form af roetoppen på markerne, som er af interesse for bioraffineringsindustrien for proteinekstraktion, og dermed produceres en kulstof-fraktion til andre sektorer. (Kristensen, Jørgensen og Jørgensen, 2013)” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)



Roepulp er yderligere et biprodukt fra sukkerproduktion, som primært består af hvide roefibre. (Affald som ressource, 2016, 57)

Mark med sukkerroer. © Fraggeth





## SUKKERROE

Et amerikansk studie viser, at det er muligt at erstatte op til 30% af mængden af cement der bruges til at fremstille beton med et biprodukt fra raffinering af sukker fra sukkerroer. Biproduktet "udfældet calcium carbonat" minder om kalksten. (Phuyal m.fl. 2023)

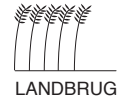


Øverst: foto af prøver af cylindrer (15,24x30,48 cm) af beton med calcium carbonat. Nederst: en bunke af biproduktet calcium carbonat fra sukkerroer. © Phuyal, Sharma, Mahar, Mondal, Mashal



## TOMAT

Stængler er sidestrøm fra høst af tomater til konsum. Tomatplanten bliver dyrket over hele verden, men stammer oprindeligt fra Sydamerika.



”Busk-, potte- og flerstammede tomat-sorter er genetisk programmeret til at standse længdevæksten og modne frugter, så snart planten har nået en bestemt længde, men de fleste drivhussorter bevarer den ubegrænsede længdevækst på hovedstænglen. Disse tomater kaldes også snoretomater og vokser op til 16 meter pr. sæson. Ved tomatplanten, spises frugterne, bladene fjernes og komposteres, mens stænglerne ikke bruges til noget formål. Stænglerne indeholder lange stærke fibre, der er potentielt velegnet til produktion af plademateriale til byggeri. ... Der er en nylon snor snoet rundt omkring stænglerne, som bruges i produktionen til at

binde dem op for at undgå at stænglen knækker. Dette udgør en udfordring ift. upcycling af materialet, da de er svære at skille fra. Derudover produceres der kun begrænsede mængder tomatstængelaffald fra gartnerierne.” (Affald som ressource, 2016)

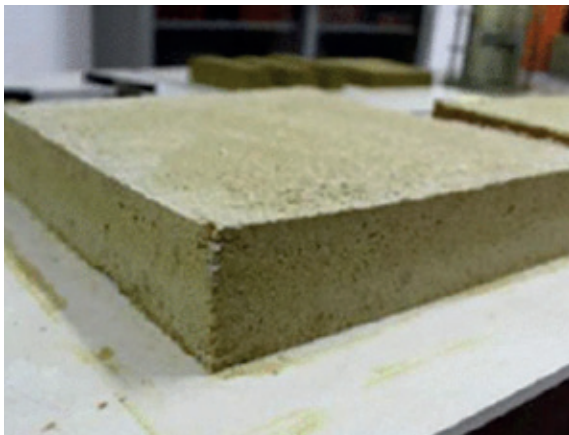
Tomatplante i blomst. © 2005 Luigi Rignanese



## TOMAT- STÆNGLER

Tomatstænglerne kan bruges som fibre. Tomatstænglerne er en sidestrøm fra tomatproduktion.

Et spansk studie viser at tomatstængler (som affaldsprodukt fra "urban gardening" af tomater til konsum) kan blandes med sand, vand og læsket kalk og formes til blokke, der kan bruges som alternativ til porebeton og cellesten. Sammenligneligt med hempcrete. (Llorach-Massana m.fl. 2023)



## TOMAT- PLADE

GxN har undersøgt og har presset tomatstængler til plademateriale. (Affald som ressource, 2016, 91)



Plade af tomatstængler. © GxN



Fotos fra artiklen der undersøger brug af tomatstængler til fremstilling af blokke, som er sammenlignelige med hemp-crete.

Venstre; blok af tomatstængler og kalk.

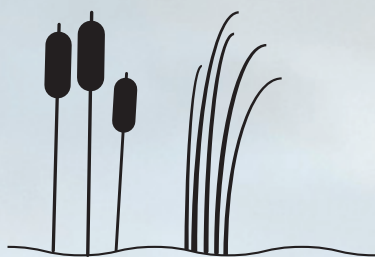
Nederst venstre; tomatstængler i bundter.

Højre; produktion

© Llorach-Massana, m.fl. 2023







# PALUDIKULTUR

KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALER  
SOM VOKSER I VÅDOMRÅDER OG DERES  
ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI.



## DUNHAMMER

Smalbladet dunhammer har muligvis sammenlignelige kvaliteter med bredbladet dunhammer, men der er primært fokus på bredbladet dunhammer til dyrkning. Forsøg med dyrkning af dunhammer i Aaby Mose og Vejrumbro. (Aage V. Jensen Naturfond, u.å.)



Udbytte mellem 10-30 ton tørstof pr.hektar, men for lidt viden om hvornår og hvor ofte afgrøde kan høstes. Forarbejdes almindeligvis til biogas og fodder. (Bondgaard m.fl., 2022, 27)

Dunhammer. © RhinoMind



## DUNHAMMER

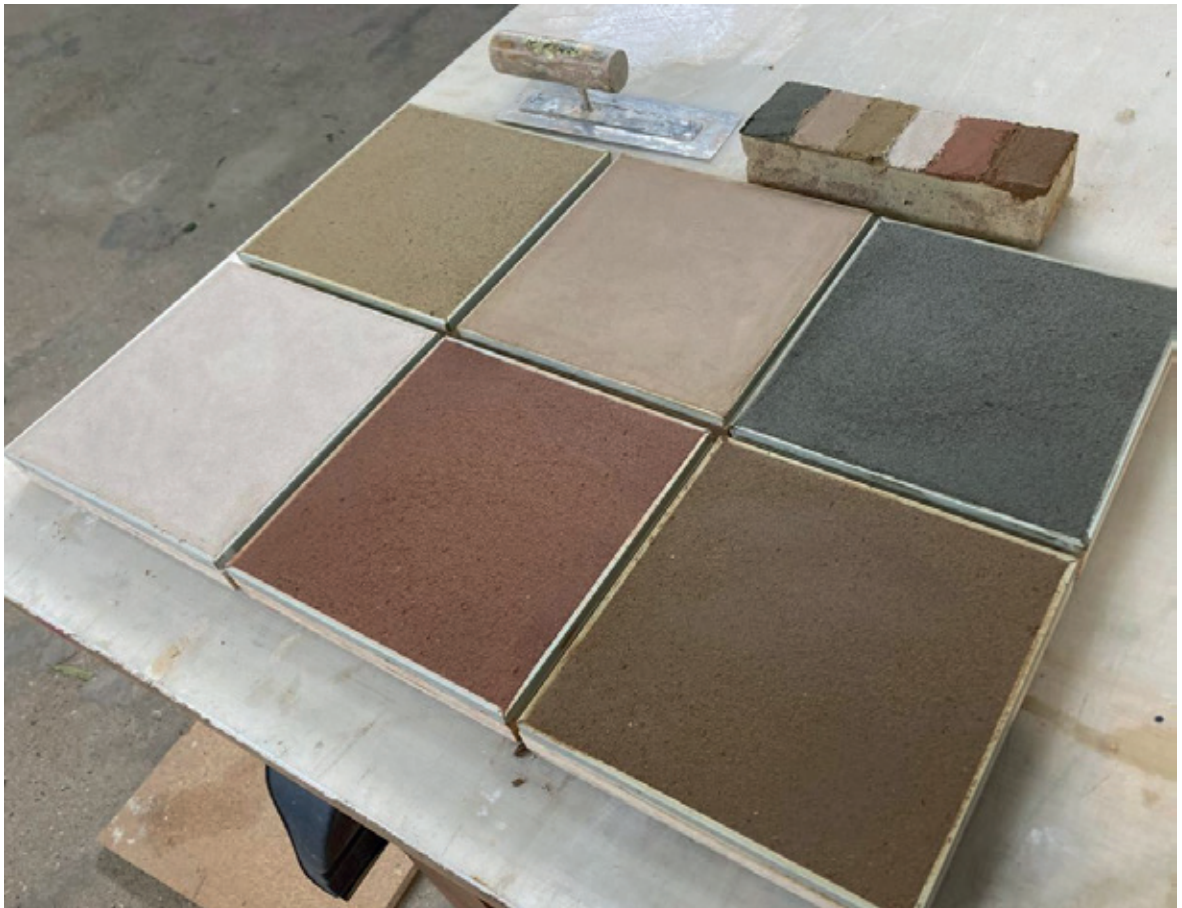
Brug af dunhammer til isoleringsmateriale og som tilslag til lerpuds undersøges.

I Tyskland frestilles isoleringsmateriale af dunhammer. (Bondgaard m.fl., 2022, 4)

Naporo Typha fremstiller produkter af dunhammer. Local Works Studio har udviklet lerpuds, hvor dunhammerfibre blandes i leret som tilslag. Pudsene er til brug på indervæggene på Hedeskov Center i Rønde.



Indfarvede lerpuds-prøver med dunhammer brugt som tilslag. Leret er fundet lokalt, dunhammerfibre og sand er fra Danmark og er blandet med pigment. © Local Works Studio.



## TAGRØR

Tagrør gror naturligt i vådområder. Tagrør er den mest kendte form for paludikultur-afgrøde til byggeri i Danmark.

”Med planen om vådlægning af de danske lavbundslande kommer et stort dyrkningspotentiale af tækkerør, som på den måde giver en biomasseproduktion uden at optage yderligere areal. Bruger ingen pesticider, og i princippet heller ingen næringsstoffer ved lavproduktion, idet lavbundslandene modtager næringsstoffer fra omkringliggende arealer. På den måde kan fjernelsen af tækkerørsbiomassen bidrage til mindsket nitratudvaskning til vandmiljøet.” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

Maskinel høst i Danmark sker i jan/feb, helst efter der har været frost i jorden. 15% af al forbrug i Danmark er høstet i Danmark. Muligheder for dyrkning og anvendelse af tagrør er afdækket i ”Afrapportering projekt FLERE DANSKE TAGRØR PÅ TAGENE.” (Kaarup, 2022).

Tagrør tørres og sorteres efter kvalitet før brug. Anvendes primært til tækkede tag- og facadebeklædninger.



Tagrør vokser i såkaldt "rørskov". © Anne Beim





## TAGRØR - TÆKKET

Tegningerne viser de to forskellige brandgodkendte opbygninger af et tækket tag. Til venstre er en ventileret opbygning med en brandgodkendt glasfiberdug og til højre vises, at stråtaget er tækket direkte på en lukket EI 30-konstruktion uden bagvedliggende hulrum. Se "Veludført Stråtag", udgivet af Tækkelauguet, for mere information. (Veludført Stråtag, 2019)

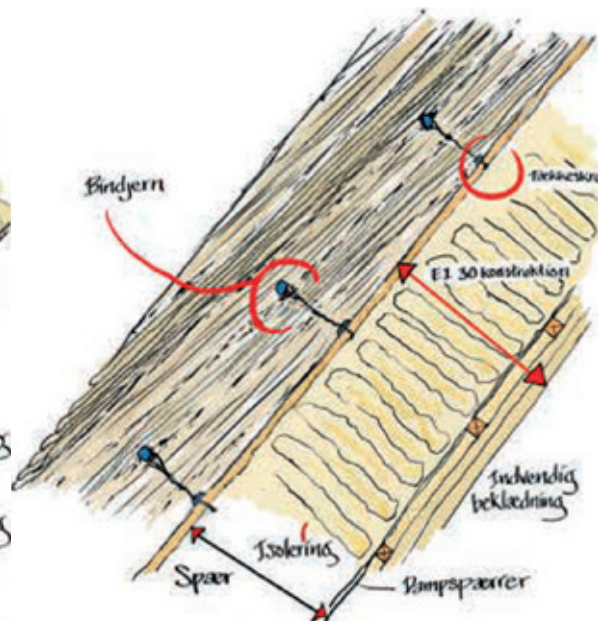
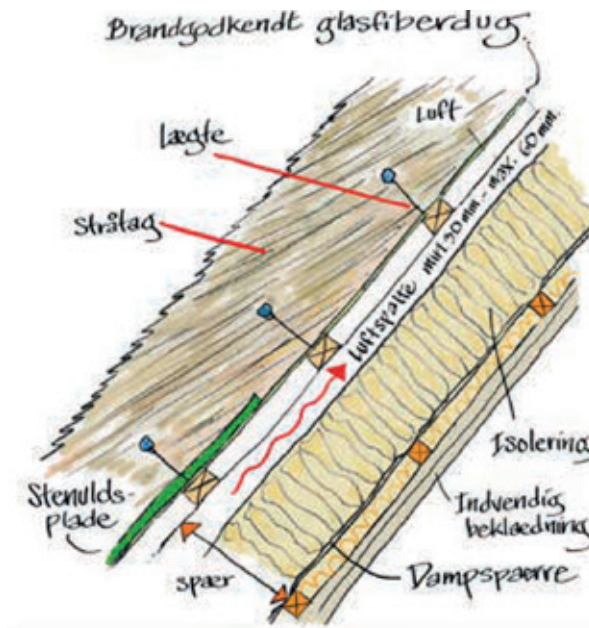
Der er utallige eksempler på brug af tagrør og tækning fra mange lande verden over. Fx. "mudhif" bygninger i Irak, en traditionel byggeskik, med bærende buer og vævede paneler af tagrør.

Kan også væves til paneler/måtter til beklædning og bindes til mindre både.

Foto af tækket tag. © Anne Beim



Tegninger fra "Veludført Stråtag", Tækkelauguet 2019. © Tækkelauguet.



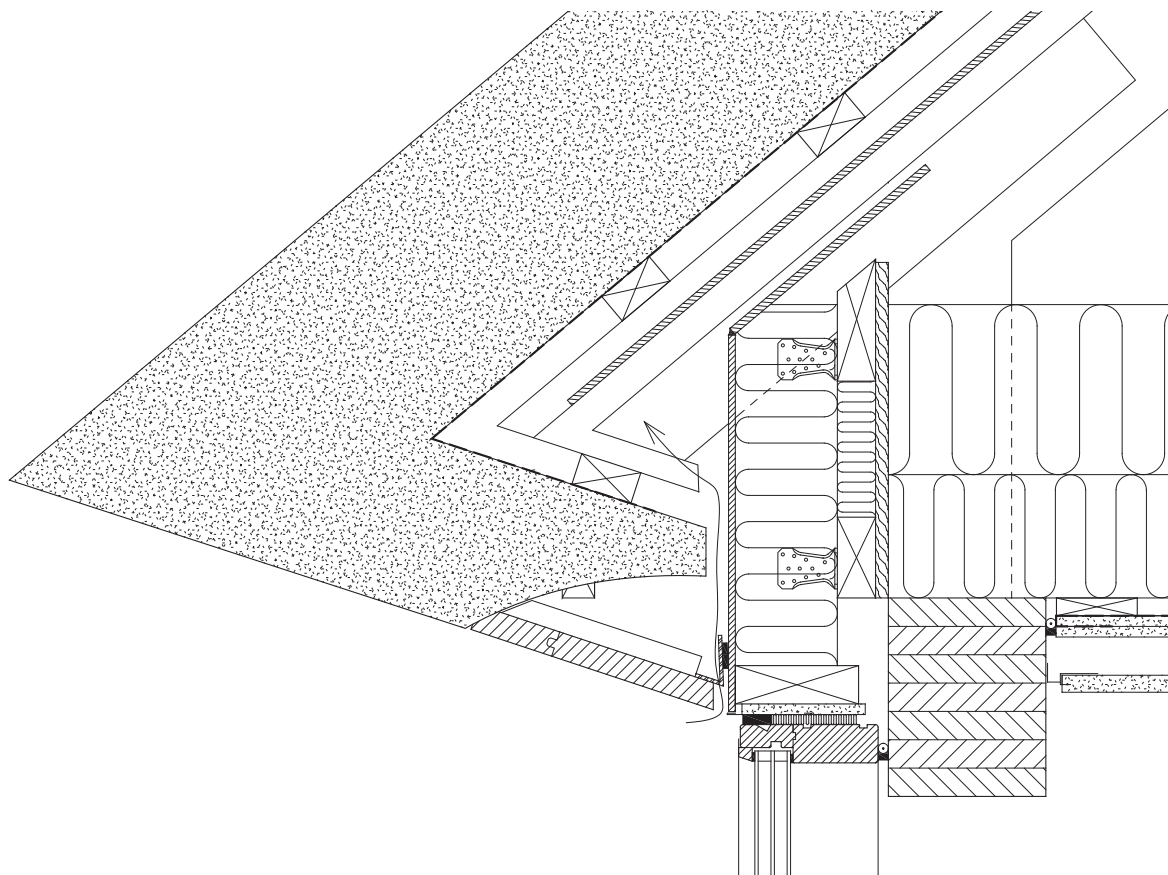
## TAGRØR - TÆKKET

Vadehavscentret ved Ribe, Midtjylland, af Dorte Mandrup A/S fra 2017.

Bygningen er tækket med tagrør på både tag og facade, og selve tagudhængen er tækket på både overside og underside.

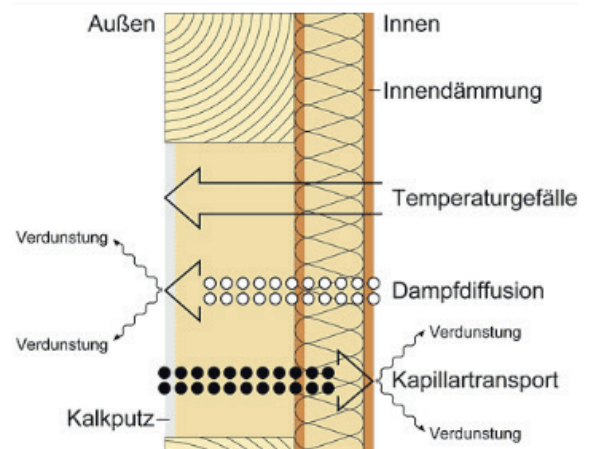


Detaljefoto af Vadehavscentret: Adam Mørk. © Dorte Mandrup A/S  
Lodret snittegning af tagopbygning der viser konstruktionen af tækket udhæng. © Dorte Mandrup A/S.



## TAGRØR - ISOLERING

Den tyske producent Hiss Reet fremstiller isoleringsmåtter af tagrør, til både indvendig og udvendig isolering.



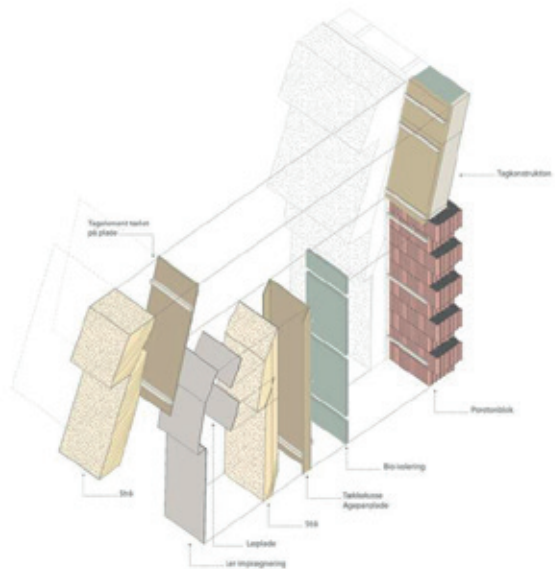
Vægopbygning med isoleringsmåtter af tagrør.  
Tegning og fotos: © Hiss Reet, hiss-reet.de



## TAGRØR - TÆKKEDE ELEMENTER

Pavillonen Tækkede Teglblokke, 2023, tegnet af Rønnow Leth & Gori og CINARK.

Pavillonen er bygget af teglblokke, med en tagkonstruktion af træ, hvor både facade- og tagflader er beklædt med præfabrikerede tækkede elementer.

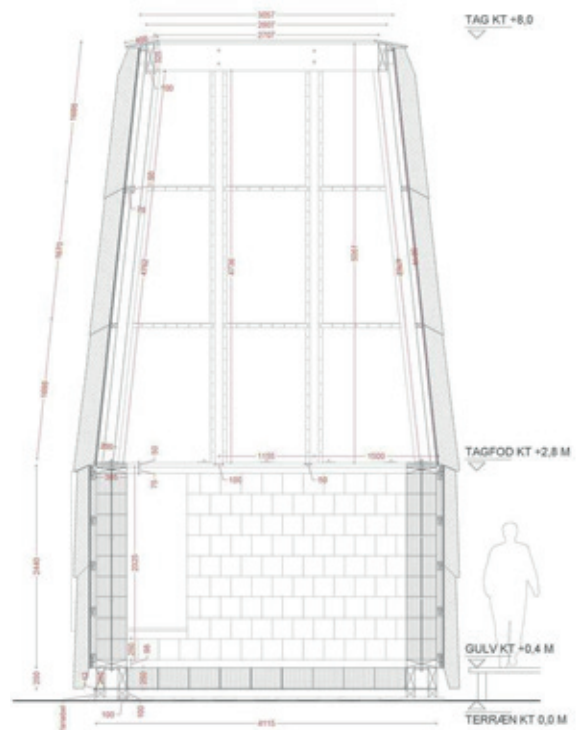


Eksploderet aksonometri.  
© Rønnow Leth & Gori + CINARK

Foto af pavillonen Tækkede Teglblokke © Anne Beim



Snittegning: © Rønnow Leth & Gori + CINARK



## TAGRØR - TÆKKEDE KASSETTER

Den 'Biogene Konstruktion Prefab' er udviklet til udstilling på Arkitekturtriennalen TERRA i Lissabon 2021 af forskere fra CINARK og tækker Thomas Gerner.



Tagrørene i de prefabrikerede tækkede kassetter er imprægneret med ler og der er bygget lerplader ind i konstruktionen for at brandsikre materialet. (Ref. 'Biogent Byggeri: Materiale, Arkitektur, Tektonik, CINARK. 2023)

Installationsfoto fra TERRA, 2012. © Anne Beim







HAVBRUG

KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALER  
SOM VOKSER UNDER VAND OG DERES  
ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI.



## ALGER (MIKROALGER)

"Alger er et interessant biologisk produkt, da de former sig enormt hurtigt i forhold til andre biologiske organismer, samtidig med at de kun har brug for sollys og spildevand for at gro. ...

Alger kan bruges i produktion af bioplast, men før de kan blive gennemslagsgivende, må man enten fremavl eller genetisk modificere planten til at producere de rette kulbrinter og sukkerarter der bruges i produktionen. Man er begyndt at udvikle algefibre, der kan bruges i tekstilproduktion. Disse fibre har muligvis et potentiale der kan videreføres til byggeindustrien i form af biokompositter, plademateriale eller algeplast. ...



Algerne dyrkes i vand og optager derfor overskydende udvaskede næringssalte fra blandt andet landbruget, på den måde er algerne med til at rense havet. For at kunne udnytte alger til produktion af plastik er der stadig brug for en del forskning, men når metoderne bliver tilgængelige vil algeplastik blive banebrydende, på grund af plantens simple vækstvilkår. Muligheder: Medicin, fibre, plader, plastik, lim, protein og nanocelulose." (Affald som ressource, 2016, 49)

Alger.© Een til Een & GxN.





## ALGER - FLISER

3D printede fliser fra Ateliér Luma til interiør i "The Tower" af Frank Gehry, i Arles, Frankrig.



3D printede fliser af alger. Foto: Adrian Deweerdt © Ateliér Luma



## TANG (MAKROALGER)

Tang er makroalger, der i Danmark kun dyrkes som suk-  
kertang på liner, som en lille produktion, mens andre  
arter, som blæretang, høstes i naturen. Begge typer er  
brunalger. Tang bruges primært til udvinding af gele-  
ringsmidler til fødevareindustrien; carragenan (fra  
brunalger) og agar (fra rødalger). (Biogene materialers  
anvendelse i byggeriet, 2022. 33)



Blæretang © 2021 Zoya Akulova



## TANG (MAKROALGER)

Designer Julia Lohme, Aalto University, har fremstillet en konstruktion af en japansk tang (konbu) som er limet til et rattan skelet. Tangen er behandlet med linolie, for at gøre den elastisk nok til at kunne strækkes over rattanskelettet.



Julia Lohmann, Hidaka Ohmu og Corpus Maris, installationsvisning af udstillingen Bending the Curve - Knowing, Acting, Caring for Biodiversity på Frankfurter Kunstverein 2023, Foto: Moritz Bernouilly, © Frankfurter Kunstverein.



## TANG - PLADE

GxN har presset tang og cellulose til plademateriale, se foto øverst. (Affald som ressource, 2016, 99)



Plade af tang. © GxN,





## ÅLEGRÆS

Ålegræs gror naturligt på havbunden. "Samles opskyllet på stranden, og har derfor fordelen ved ikke at optage areal overheadet. Er testet i byggeri, hvor det høje saltindhold har positiv effekt på blandt andet brandfare og forrådnelse. Logistisk kan det blive svært at opskalere anvendelse af ålegræs uden decideret at skulle dyrke efter det i havet." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)



Der er udført forsøg med udplantning med rhizomerne fastgjort til kokosmætter og lange søm/skruer der skal sikre fastholdelse af rhizomerne. Det skønnes, at kun 25% af den oprindelige ålegræsbestand er tilbage. Dette skyldes næringsforurening og opvarmning af havområderne. Skyller på land og indsamles til tørring (årstids- og vejrbestemt) og optager derfor ikke landareal. (Biogene materialers anvendelse i byggeriet, 2022, 33-34)

Ålegræs tørres på mark før anvendelse i byggeri.

Havbund med ålegræs. © Sofia Sadogurska



## ÅLEGRÆS - ISOLERING OG BEKÆDNING

Ålegræs har mange interessante tekniske egenskaber ift. byggeri (hygroskopisk, indeholder naturlige brandhæmmende salte, isolerende). Ålegræs anvendes som tagbeklædning, polstring (madrasser, møbler), akustikpaneler og løsuldisolering. Ålegræs testet i byggeri, hvor det høje saltindhold har positiv effekt på blandt andet brandfare og forrådnelse.



Tegnestuen Vandkunsten har bygget "Det Moderne Tanghus" hvor ålegræs bruges som isolering, indvendig polstret beklædning og udvendig tag- og facadebeklædning. Den udvendige ålegræsbeklædning er dog blæst væk og er ikke genopsat.



Fotos af facadedetalje og det Moderne Tanghus som helhed. Foto; Helen Høyer Mikkelsen © Tegnestuen Vandkunsten. "Det Moderne Tanghus" er udgivet af Realdania By & Byg, 2013



## ÅLEGRÆS - PLADER

Ålegræs anvendes til akustikpaneler fra producenten Søuld. De er fremstillet med teknikken non-woven.



Søuld akustikpaneler i et sommerhus. © Søuld og Jasper Benjamin Gren Riis-Hansen  
Detaljefoto af Søuld akustikpaneler. © Søuld og Jeudan





## ÅLEGRÆS - PLADE

GxN har presset ålegræs til plademateriale. (Affald som ressource, 2016, 93)



Plade af ålegræs. Fotokredit: GxN, "Affald som ressource"



## ÅLEGRÆS - TANGMÅTTE (PÅ TÆK)

Denne komposit med en presset plade i ålegræs kombineret med et bagvedliggende tækket panel, der er tænkt til tagbeklædning.



Det er udviklet som led i afgangsprøjet ved kandidatprogrammet BØT Bosætning, Økologi & Tektonik ved Det Kongelige Akademi: 'Et videnscenter på Læsø' af Lise H. Garval og Nanna Hedensted Lundorf, 2017.

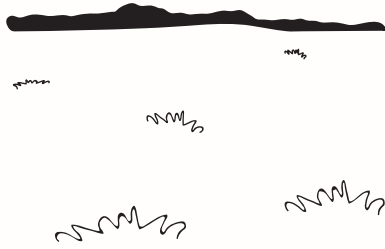


Fremstilling af tangmåtte © Lise H. Garval og Nanna Hedensted Lundorf.  
Illustration af "Et videnscenter på Læsø" © Lise H. Garval og Nanna Hedensted Lundorf.









# HEDEBRUG

KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALER  
SOM VOKSER PÅ HEDE OG DERES  
ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI.



## LYNG

Surbundsplante. Dyrkes og høstes ikke i Danmark. Den lyng, der anvendes, importeres til Danmark fra Ukraine og Tyskland.



## RYGNING OG BEKLÆDNING

Lyng bruges til rygning/mønning og tag- og facadebeklædning. Grønnestrand Mølle er tækket med lyng på facaden & syet med (halm)simer.

Historisk har der været stor anvendelse af lyng til tagbeklædning i Danmark, men kun fordi halm og tagrør var knappe/dyre ressourcer. Rent lyngtag måtte "tilsandes" for at blive tæt og holdbart. Man kravlede op på taget og hældte poser af sand ned over lyngtaget, indtil det var helt dækket, hvorefter sandet ville blive vasket ind i lyngtaget og tætnet. Lyng blev også brugt til blandings-tækning med halm, for at skulle bruge mindre halm. (Kaarup, 2020, 48)



Hedelyng ved Kølvrå © 2006 Arnold Mikkelsen



## TØRV

Tørv er det øverste lag jord og græs i et moseområde, som er gravet fri i blokke og tørret. Er historisk brugt i stort omfang til brændsel. Tørv er også anvendt som isolering.

Der er ikke fundet nutidigt byggeri, hvor tørv er anvendt.



## BLOKKE

Klyner er blokke af spagnum-tørv, som bruges til anlægsarbejder af fx. vandbassiner eller højbede.

NB! Det er dog præcis dette tørv, som man ønsker at beskytte ved at vådlægge lavbundsjordene igen (ved paludikultur), så man ikke får udledt alt det kulstof (som CO<sub>2</sub>) der ligger i tørven, og derfor er der stærke argumenter imod at bruge tørv.

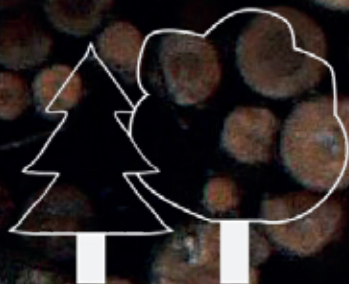


Tørv © 2018 Jon Sullivan









# SKOVBRUG

KORTLÆGNING AF BIOGENE MATERIALER  
SOM VOKSER I SKOV OG DERES  
ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI.

## DOUGLASGRAN

"I Danmark opnår douglasgran traditionelt samme højde som rødgran dvs. maksimalt ca. 40 meter og 1 meter i diameter. Den gror på mange forskellige jordbundstyper, men trives bedst på de lettere, grusede jorde. I Danmark står de mest imponerende bevoksninger i Silkeborgområdet og på Langesø. Enkelte individer kan imidlertid opnå endnu større højde." (Træ.DK, u.å.) Blødt træ med lavere indhold af selvimpregnerende stoffer. (Bæredygtigt Byggeri, u.å.)



Douglasgran. © TSD



## DOUGLASGRAN - BEKLÆDNING

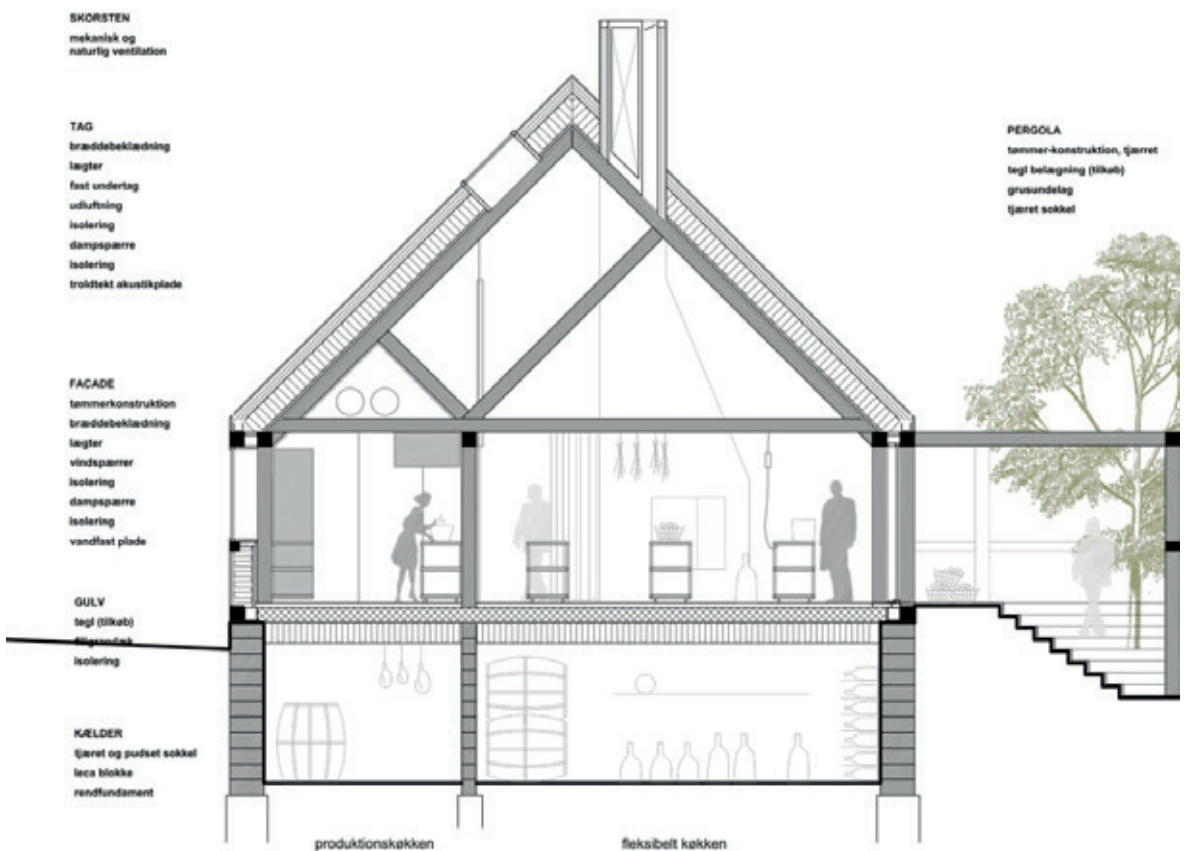
”Et meget vigtigt og stort anvendelsesområde er finér og krydsfinér, således er konstruktionskrydsfinér hyppigt lavet af douglasgran. Træet bruges ligesom rødgran meget til planker, tømmer, ind- og udvendigt snedkeri, samt til paller, stolper og papirmasse.



Efterspørgslen på douglasgran er stigende i Danmark pga. kerneveddets naturlige holdbarhed og fordi det kan fås i store dimensioner uden knaster. Store dimensioner kan bl.a. bruges til eksklusive gulve, skibsmaster og møllevinger.” (Træ.dk.u.å.) Bornholms Madkulturhus fra 2015 af Entasis er bygget med et stort vinkeltag som sammen med gavlene er beklædt med ubehandlede, tætsiddende brædder af douglasgran på et undertag af pap.



Lodret snittegning og foto af Madkulturhuset. © Entasis



## GRANDIS

”Kæmpegran eller grandis (*Abies grandis*) er hjemmehørende i det vestlige Nordamerika og de danske skoves mest vækstkraftige træ. I en 33-årig bevoksning på Djursland er målt en årlig tilvækst på lige omkring 43 m<sup>3</sup> pr.ha. Danmarks hidtil højeste træ var en grandis på 52,5 m i Rye Nørskov. Den faldt i storm i 2001.



I modsætning til de fleste andre ædelgranarter har den en hurtig ungdomsvækst, og modsat de fleste andre nåletræarter i Danmark har grandis ikke lidt af alvorlige sygdomme eller af insektangreb og holder sig sund helt op til 80-års alderen. Den vælter eller knækker dog let i storm.” (Lex.dk, 2016)

Grandis. © 2015 Zoya Akulova



## GRANDIS

Kæmpegran er ikke forhåndsgodkendt til brug som konstruktionstræ.

Forskningsprojektet "Grandis som konstruktionstræ" med KU og Teknologisk Institut har undersøgt træets potentiale for at bruges som konstruktionstræ.  
(Burkal, 2022)



Foto fra bachelorprojekt af Jon Roth Burkal, KU, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Skovskolen, Nødebo, 2022.  
Foto viser kæmpe-gran opskåret i planker, som er ved at blive visuelt styrkesorteret, som en del af bachelorprojektets undersøgelser.  
© Jon Roth Burkal.



## LÆRK

Lærk dyrkes i Danmark, men er ikke en hjemmehørende art. "I skovdyrkningen fældes udvokset lærk normalt når højden er 25 – 35 meter, og stammediameteren kan blive ca. 1 meter." (Træ.dk, u.å)



"Kernen på lærketræ er rødlig og splinten er typisk lys til gullig. Årringene er meget fremtrædende. Det er ret tungt og tæt træ med en høj koncentration af harpiks. Den høje koncentration af harpiks gør, at det har en god resistens over for insekt- og svampeangreb, og det egner sig derfor godt til udendørsbrug. Det bruges ofte til facadebeklædning, skibe, moler og broer. Lærk er det eneste danske nåletræ, som taber nålene hvert år." (Leimand og Schultz 2022, 40)

"Hvis kerneved fra lærk sættes op i overdækket udemiljø uden kontakt med jord og vand, kan man regne med en holdbarhed op til 500 år alt afhængig af fugtpåvirkingen. Splintveddet er ikke holdbart.

Lærk bruges og opskæres i flæng med rødgran. Der er dog en stigende efterspørgsel efter lærk fordi kerneveddet har god naturlige holdbarhed. Efterspørgslen skyldes bl.a., at lærk har en stor andel kerneved sammenlignet med skovfyr og douglas." (Træ.dk, u.å)

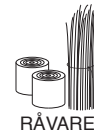
Bevoksning med lærketræer. © 2021 Jean Pawek



## LÆRK

Lærk anvendes ofte udendørs.

Tegnestuen Vandkunsten har brugt lærketræ som facadebeklæning på boligbebyggelsen Lisbjerg Bakke i Århus fra 2018.



Bygningerne er beklædt med lærketræ i 3 og 4 etager, hvilket medførte særlige foranstaltninger i forhold til at efterleve brandkrav.

Facadeudsnit af Lisbjerg Bakke. © Line Kjær Frederiksen



## RØDGRAN

”Granarterne er bedst egnede til tømmerkonstruktioner og bræddebeklædninger, og god, tætåret gran er velegnet til gulve, der bliver ensartede og lyse” (Vadstrup, 2022, 2)



Rødgran. © 2011 Ivar Leidus





## RØDGRAN -LVL

Rødgran er godkendt konstruktionstræ og bruges i flæng med sitkagran og fyr, til mange forskellige industrielle træbaserede produkter. Det er derfor svært at vide, præcis hvilken type træ der er anvendt til konstruktionselementer, fordi det er forskelligt hvor specifikke EPD'erne er.



LVL (laminated veneer lumber) er en ofte anvendt type konstruktionselement, som kan bestå af sitkagran, hvorfor et eksempel på en LVL konstruktion er medtaget her. LVL kaldes også "krydsfinerstømmer".

Praxis Arkitekter har tegnet Mediateket til Arkitektskolen Aarhus, som udelukkende består af Mätsa Woods Kerto LVL-elementer til søjler, bjælker og balustre, der er boltet sammen. Mätsa Woods Kerto LVL produkter består af rødgran.

Foto af Mediateket på Aarhus Arkitektskole. © Line Kjær Frederiksen



## SITKAGRAN

Sitkagran dyrkes i Danmark men er ikke hjemmehørende. Sitkagran er i stor udstrækning plantet i kystnære skove og på blødbundsarealer. Veddet minder om rødgran og anvendes til planker, brædder, tømmer og papir. (Træ.dk, u.å)

I Danmark har sitkagran været benyttet i skovbruget i ca. 100 år. Dens brug har været stigende i de senere



årtier. Optællinger i den danske skovstatistik viser, at sitkagran optræder på 6 % af skovarealet svarende til knap 35.000 ha. (Larsen, 2013)

Sitkagran. © 2016 Zoya Akulova



## LIMTRÆ

”Sitkagran anvendes som hovedregel ligesom rødgran til planker, brædder, tømmer og papir. Særligt fine kvaliteter af knastfrit sitkagran anvendes bl.a. på grund af sin store sejhed, i nicheproduktioner af musikinstrumenter bl.a. som klangbund i flygler, kaproningsbåde, robådsårer og stiger. Sitkagran er en træart med høj styrke i forhold til densitet og fra middel til gode egenskaber mht. fugtoptagelse og dimensionsstabilitet.” (træ.dk, u.å.)

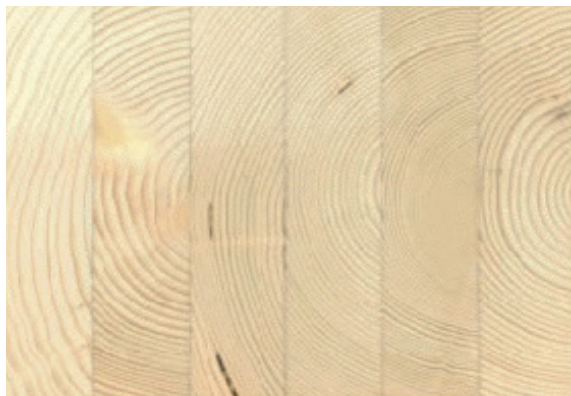
Sitkagran er godkendt konstruktionstræ og bruges i flæng med rødgran og fyr, til mange forskellige industrielle træbaserede produkter. Det er derfor svært at vide præcis hvilken type træ der er anvendt til konstruktionslementer, fordi det er forskelligt hvor specifikke EPD'erne er.



Tegnestuen Vandkunsten har tegnet Gentofte Lethal, 2015, hvor den bærende konstruktion består af store limtræsrammer fra Lilleheden, som i deres EPD angiver at træet er uspecificeret gran.

Limtræ bruges i stor udstrækning i spærkonstruktioner.

Illustration af limtræ. © Træsamlings Teknologisk Institut.  
Foto af Lethallen i Gentofte af Tegnestuen Vandkunsten  
© Mads Frederik



## SKOVFYR

”Skovfyr er udbredt overalt i Danmark og kan stort set gro på alle jordbundstyper. Fyrretræ importeres i stor stil til Danmark og udgør en betydelig andel af det træ, vi bruger til planker, brædder, vinduer, døre. ..



Fyrretræ er den næstmest producerede træart i Norden kun overgået af rødgran, og den er også kun overhalet af rødgran i opskæring til tømmer. Derfor importerer

Danmark store mængder fyr. Fyrretræ udgør en betydelig andel det træ, der anvendes til planker, brædder, vinduer, døre, møbler, gulve, finer, lister, snedkertræ, stolper, pæle, spånplader, papirproduktion mm” (Træ.dk u.å)

Skovfyr. © 2015 Simon J. Tonge



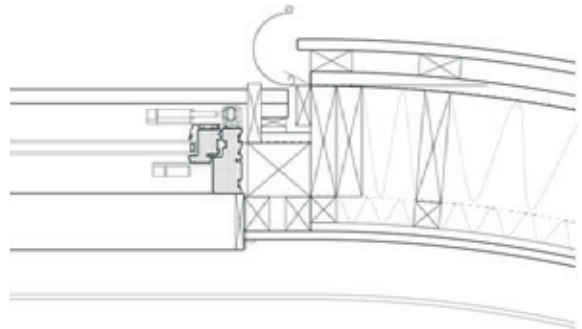
## SKOVFYR - BRÆDDER

Fyrretræ har mange forskellige anvendelsesmuligheder. Her er medtaget et eksempel på anvendelse som brædebeklædning.



I Valbæk Brørup Architects' sommerhus, Vibo Tværvvej, fra 2017 er gulv, vægge og loft beklædt med fyrretræsbrætter.

Indvendig beklædning i fyr. Fotos af Torben Eskerod. © Valbæk Brørup Architects  
Tegning © Valbæk Brørup Architects



## THUJA

"Western Red Cedar, eller på dansk thuja har lavt indhold af harpiks, og kerneveddet har stor naturlig modstandskraft over for råd og svamp, som gør træet velegnet til bl.a. facadebeklædning. ... I Danmark vokser thuja lidt bedre end rødgran og opnår samme højder dvs. 15 – 30 meter. ... Kerneveddet har et højt indhold af svamperedræbende stoffer, som giver veddet en meget god holdbarhed." (Træ.dk, u.å)



Thuja. © 2016 Zoya Akulova



## THUJA - BEKLÆDNING OG RUNDTRÆ

Thuja anvendes i høj grad til beklædning, tagspån og andre udendørs formål, især i det nordlige USA og Canada.



Her ses Thuja klinkbeklædning med fer og not fra Bondeskovgaard, som også fremstiller søjler og rundtræ i thuja.

Klinkbeklædning og rundtræ af thuja. © Bondeskovgaard



## ÆDELGRAN

”Ædelgran hører hjemme i Mellem- og Sydeuropas bjergene, men er indført til Danmark i 1760’erne. Ædelgran opskæres og anvendes sammen med rødgran til bl.a. bygningstømmer. ... Hvis kerneved fra almindelig ædelgran sættes op i overdækket udemiljø uden kontakt med jord og vand, kan man regne med en holdbarhed på indtil 50 år, dvs. lidt ringere end rødgran og skovfyr. Splintveddet er ikke holdbart.

Kernetræ af almindelig ædelgran har ringe naturlig holdbarhed mod trænedbrydende svampe og hører til varighedsklasse 4, dvs. mindre holdbar, i standarden for holdbarhed af træ og træbaserede produkter (DS/EN 350-2:1995). Klasserne går fra 1-5 hvor 1 er bedst og 5 er dårligst. Ved bearbejdning og i handel skelnes ikke

mellem ædelgran og rødgran. Høvlings- og sømnings-egenskaberne anses for at være lidt ringere end for rødgran. Især løst ved med afrevne fibre og udfaldende hårde knaster kan forringe resultatet af bearbejdningen. Ædelgran har dog kun ringe tendens til revner ved sømning og skruning. Ædelgran opskæres og anvendes sammen med rødgran til bl.a. bygningstømmer (konstruktionstræ).” (Træ.dk, u.å)



Bevoksning med ædelgran. © 2021 Scot Loring





## ÆDELGRAN - CLT

Ædelgran er godkendt konstruktionstræ og bruges i flæng med rødgran, til mange forskellige industrielle træbaserede produkter. Det er derfor svært at vide præcis hvilken type træ der er anvendt til konstruktions-elementer, fordi det er forskelligt hvor specifikke EPD'erne er.

Her er medtaget Skademosen, et eksempel på byggeri med CLT (cross laminated timber) af Vilhelm Lauritzen Arkitekter, som har udviklet et byggesystem med CLT-elementer, som den bærende konstruktion.



Foto af bebyggelsen Skademosen. © Kontraframe  
Krydslamineret træ - CLT. © Rajn Aleksandre Dmitrievic



## AHORN (ÆR)

”Ahorn kan vokse på meget forskelligartet jordbund, og på de bedste lokaliteter opnår den højder på ca. 30 meter og diametre på 50-100 cm. Ahorn har gennem de sidste årtier vundet stigende udbredelse som skovtræ.”  
(Johansen, 2014, 64)



Ahorn. © 2021 W. Juergen Schrenk



## AHORN - CLT

Spanske Mudd Architects har anvendt en overfladebehandlet krydsfiner af ahorn som indvendig væg- og loftsbeklædning i huset "Writers House".

Ubehandlet ahorn er normalt lysere i udtrykket.



Ahornkrydsfiner som indvendig beklædning.  
Nederste foto viser bygningen udefra. Foto: Nacho Villa © BLDUS



## BIRK

Birk er middelstore træer med højder omkring 25 meter og diametre på op til 60 cm.



”I Norge, Sverige og Rusland, hvor birken er hovedtræart sammen med gran og fyr, har den traditionelt været anvendt til alle dagligdagens træprodukter. f.eks. møbler, ski, vogne, trækul, tjære, sirup og birkevin. Barken blev tidligere anvendt til tagdækning under græstørv i de nordlige og østlige egne. Idag fremstilles finer og krydsfiner. Især er finske birkekrydsfiner af meget fin kvalitet. Endvidere anvendes birk på grund af gode fysiske egenskaber til møbler, gulve og redskaber. Birk er også en af de bedst egnede løvtræer til fremstilling af cellulose.” (Johansen, 2014, 69)

Birk. © 2018 W. Juergen Schrenk



## BIRKEKRYDSFINER

Birkekrydsfiner har et homogent udtryk i farve og struktur og kan anvendes som indvendig beklædning af vægge og gulve og til skabe. Den amerikanske tegnestue Worrell Yeung har anvendt birkekrydsfiner som indvendig beklædning i bygningen Springs Artist Studio.



Birkekrydsfiner. © Line Kjær Frederiksen



## BIRK

"Bøg er en af de mest udbredte træarter i Danmark. I Danmark vokser bøgen overalt med undtagelse af de vestjyske hedeegne. På de bedste vækstlokaliteter opnår den højder på op til 40 meter og stammediametre op til 2 meter, men store variationer forekommer med hensyn til såvel størrelse som form. ...



På grund af bøgens store udbredelsesområde sammenholdt med bølgeveddets fremragende styrkeegenskaber, homogenitet, bearbejdningsegenskaber samt mangel på binstoffer (farvestoffer, alkaloider, harpiks mv.) har den været anvendt til en lang række meget forskelligartede produkter fra f.eks. møbler, gulve, imprægnerede jernbanesveller, finer træsko og papirmasse til ispinde." (Johansen, 2014, 50-51)

Skovbevoksning med bøg. © 2009 Jens Cederskov



## BØG - LVL

Det tyske firma Pollmeier fremstiller BauBuche, som er "laminated veneer lumber" (Lvl) af birk.



BauBuche er anvendt som bærende konstruktion i en bygning til et tømreværksted i Østrig af Anton Mohr.

Birkekrydsfiner. © Line Kjær Frederiksen



## EG

"Der er store variationer i egens voksesteder; lige fra lavt egekrat på de jyske heder til retvoksede bevoksninger på op til 35 meters højde på gode lokaliteter. Rette stammer uden knaster, med diametre op til 3 meter, ses også i Danmark. I skovbruget fældes egen typisk ved 120-150 år og da er bevoksningerne 20 – 25 meter høje med en stammediameter på 0,6 – 1,5 meter.

Kerneved af eg er meget holdbart, bl.a. fordi det indeholder garvesyre. Hvis kerneved af eg sættes op i overdækket udemiljø uden køn-takt med jord og vand, kan man regne med en varighed på 50 – 125 år. Splintvedet er ikke varigt." (Træ.dk, u.å)



"Gode styrkeegenskaber, moderat svind og en naturlig beskyttelse mod svamp og råd er samtidig årsag til, at eg gennem tiderne har været anvendt til skibsbygning, husbygning, møbler, gulve, vogne, vintønder, bundgarnspæle hegnsplæle, finér mv." (Johansen, 2014, 53)

Fritstående egetræ. © 2018 Zoya Akulova

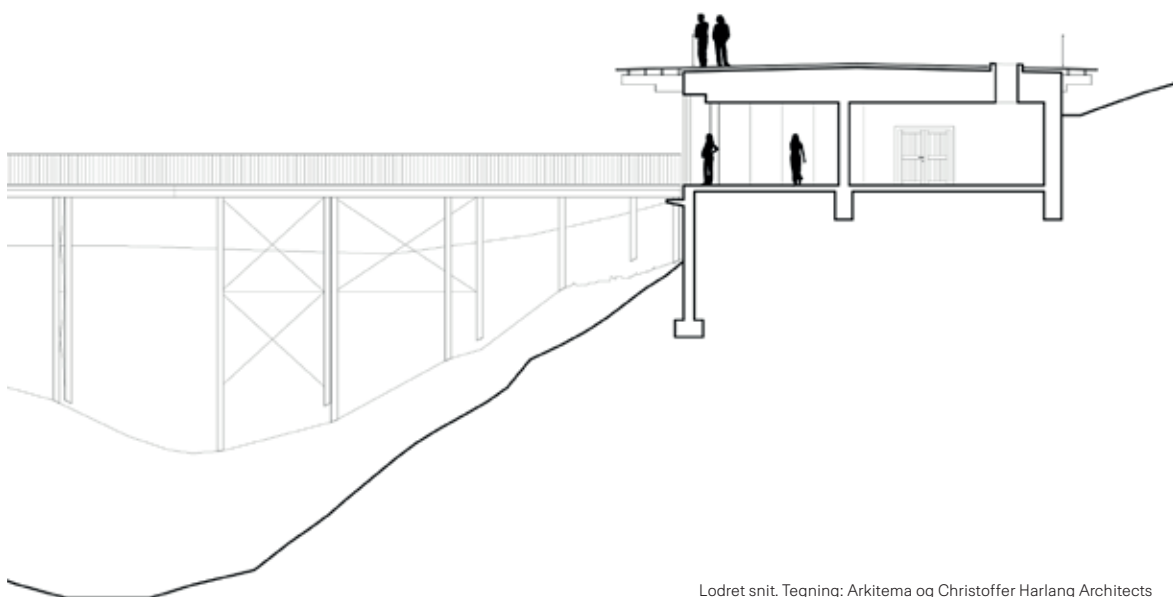




## EG

Hammershus Besøgscenter, Bornholm, er tegnet af Arkitema & Christoffer Harlang Architects. Besøgscentrets tag udgøres af et stort udsigtsdæk af egetræsplanker.

Broen over slugten er ligeledes af egetræsplanker. De dele af tagkonstruktionen som er egetræsbjælker er synlige under tegudhængen. Vinduesrammernes over- og underligger er skjult bag egetræsindækninger.



Lodret snit. Tegning: Arkitema og Christoffer Harlang Architects  
Foto af indgangsparti. © Jens M. Lindhe

## ELM

"Elme er store, næringskrævende og mulddannende træer. Skovelm anvendes kun minimalt i skovbruget." (Den Store Danske, 2015)



"Højden bliver maksimalt omkring 30 meter og diameteren kan hos gamle træer blive 2-3 meter.

I ældre tid blev elmetræet anvendt til dagligdagens træprodukter, f.eks. møbler, vogne, paneler, inventar, finer, redskaber og gulve." (Johansen, 2014, 61)

Elm. © AnRo0002



## ELM

Interiør til en cafe af elm (med små samlinger af valnød), af Mentze Ottenstein ApS.



Interiørfoto af Cafe Sofi i Berlin af. Foto: Volker Conradus © MentzeOttenstein



## EL OG RØDEL

”Det er dog i dag kun en meget lille andel af arealet, som anvendes til decideret materialeproduktion, fordi der ikke har været noget markedstræk efter materialer til en pris, som er attraktiv for landmanden.” (Biogene materials anvendelse i byggeriet, 2022, 29)

”Grøn-el og grå-el har samme akkumulerende egenskaber som pil, dog med endnu mindre biomasseproduktion end pil (6-7 tons/ha ift. 8-12 tons hos pil).

Biomasseproduktionen er først rigtig god efter ca. 10 år. (Rytter og Rytter, 2016) Kvælstoffikserende, og mere hårdfør til det nordlige klima, ift. Sur jord, let regenerering og selvfølgelig god ved lav næringstilførsel.” (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)



Rødel gror ligeledes på fugtig jordbund og kan tåle at stå i vand. (Træ.dk, u.å.)

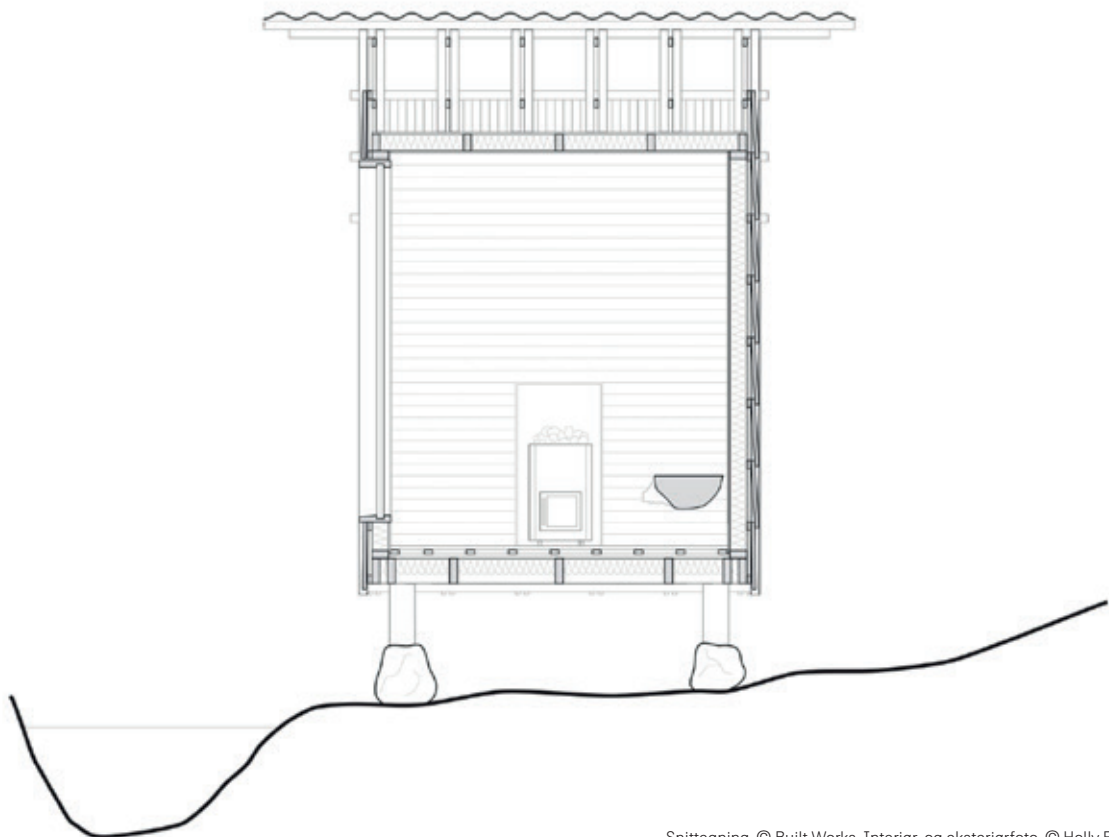
Rødel. © Willow



## EL OG RØDEL

Tegnestuen Built Works har tegnet "Drying Shed" sauna i England, hvor elletræ er anvendt som indvendig beklædning.

Firmaet "Fremtidens Fundament" undersøger mulig brug af rødæl ifm. skruefundamenter. Træmassen antages at kunne indgå i produktion af spånplader eller lignende flis/fiber-produkter.



## ROBINIE

Robinie er indført fra Nordamerika til store dele af verden, herunder Europa og findes også i Danmark.

"Form og størrelse varierer overordentligt meget fra lavkronede, krogede og knastede træer til træer på op til 24 meter i højde og 1 meter i diameter. Stammen (kævelen) er ofte kort og vredern og med dybe langsgående furer. ... På grund af veddets meget fordelagtige egenskaber kan robinie anvendes til praktisk talt alt træarbejde: Finer, møbler, parketgulve, trækonstruktioner over og under vand, skibsbygning mm. Det eneste ufordelagtige der kan siges om robinie er, at kævlerne oftest er korte, sådan at savskåret robinie ikke kan fremstilles i lange længder." (Johansen, 2014, 84)



Bevoksning med robinie. © 2013 Jean Pawek



## ROBINIE - TAGSPÅN

FSC certificeret sommerhus af Erik Juul Arkitekter, som skulle være 100% udført i træ. Taget er beklædt med tagspån af robinie.



Træspån, også kaldet tækkespån, er mindre stykker træ – eller nærmere små brædder, som typisk er 30-50 cm lange, 7,5-12,5 cm brede og 1,5-2,5 cm tykke. Træspån kan være lavet af eg, lærk, tuja og akacie/robinie, som alle er træsorter, som egner sig til vores fugtige klima. (Bolius, 2023)

Hus under opbygning, med tagbeklædning af tagspån. © Ditte Isager.



## VALNØD

Europæisk valnød er et frugttræ. "Træet vokser hurtigt og kan nå en højde på ca. 25 meter og en stammediameter på ca. 1 meter. Den anvendelige del af stammen, som er 4-5 meter, har kraftige rodudløb og ofte maser-knuder. Barken er askegrå til gråsort. Ældre træer har ofte lange mørke revner i barken. ... På grund af veddet farve, tegning og figurering er det en dekorativ træart der overlever alle modeluner i forbindelse med møbel- og indretningsnedkeri. ... Valnød anvendes i dag især til finerede skabslåger, paneler og gulve." (Johansen, 2014, 82)



Valnøddetræ. © 2004 Georg Slickersvalnød





## VALNØD

Amerikansk valnød anvendes i dag især til finerede skabslåger, paneler og gulve. Europæisk valnød anvendes som bordplade og til udførelse af snedkerudførte køkkener, hvor køkkenelementer og skabe kan udføres i massivt valnød.



Valnøddetræs karakteriske mørke åretegninger.



## KONSTRUKTIONSTRÆ



### SAVSKÅRET

- Tømmer
- Planker
- Brædder
- Lægter
- Stolper
- Spærtræ
- Reglar

Træet opskæres og anvendes som de er. Rødgran, sitka-gran, ædelgran, skovfyr og europæisk lærk er godkendt til brug som konstruktionstræ.

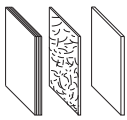


### KOMPONENTER

- Limtræ
- I-bjælker
- CLT (Cross Laminated Timber)
- LVL (Laminated Veneer Lumber)
- Ribbedækplader
- Flich beam (komposit-bjælke af to træbjælker med en stål plade i midten)

Disse komponenter fremstilles enten af savskåret træ eller af træ skrællet til finer.

## PLADE- OG FIBERMATERIALE



PLADEMATERIALE



TRÆFIBER/CELLULOSE

### PLADEMATERIALER

- Krydsfiner
- OSB (Oriented Strand Board)
- Spånplader
- Cementbundne spånplader
- Gipsbundne spånplader
- Fiberplader (hårde, mellemhårde, bløde)
- HDF (High Density Fibreboard)
- MDF (Medium Density Fibreboard)
- Træcement

Primære træsorter, der bruges til krydsfiner i Europa, er gran, fyr og birk. Til de andre typer plader bruges træspån af varierende størrelser. Producenten af pladen "Livingboard", Pfleiderer, angiver muligt indhold af op til 83 forskellige træarter - både fra løv- og nåleskov.

### TRÆFIBER/CELLULOSE

- Træfiberisolering
- Papiruldsisolering
- Vindspærre
- Dampbremse
- Pap
- Papir

Træfiber- og cellulosebaserede materialer kan fremstilles af nyt træ, genanvendt træ og/eller genanvendt papiraffald. Papir- og træmasse bearbejdes maskinelt og/eller kemisk for at udvinde cellulosefibre i ønskede størrelser alt efter anvendelsesformål.

# UDEN ANVENDELSE I NUTIDIGT BYGGERI

Her nævnes slutteligt en række materialer der er fundet indenfor de fem kultiveringskategorier, som endnu ikke har fundet anvendelse i byggeriet, men som har interessante potentialer i forhold til at kunne indgå i fremstilling af byggematerialer

## LANDBRUG

### BÆLGFRUGTER

"Ærter, hestebønner, kikærter og linser har evne til at binde atmosfærisk kvælstof. Dette erstatter kvælstof der ellers skulle tilsættes gennem gødning, og sikrer et højt proteinindhold i bønnerne, som kan bruges som blandt andet kød erstatning i diæten. ... Det lettilgængelige protein kan medføre en øget interesse for bælgfrugterne og dermed en øget sidestrøm af biomasse, som kan blive interessant for byggeriet."

(Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022)

### KARTOFFEL(SKRÆLLER)

Følgende citat er fra GxN's MUDP rapport "Det Biologiske Hus", hvor projektet bla. undersøgte sidestrømme fra fødevarereproduktion, herunder mulige anvendelser af kartoffelskræller: "Fabrikker der producerer fødevarereprodukter ud af kartofler, står i gennemsnit tilbage med 90 kg biprodukt per ton kartofler. Biproduktet består gennemsnitligt af 50 kg kartoffelskræller, 30 kg stivelse og 10 kg af andre substanser. Gennem oprensning, tørring og presning kan kartoffelskrællerne udnyttes til et korklignende materiale, der kan bruges til forskellige formål. Stivelsen fra kartoflerne kan bruges, til at skabe naturlig lim eller plastik. Ved industriel produktion af kartoffelprodukter lækkes store mængder stivelse ud i produktionsvandet og går tabt. Denne ressource kan udnyttes gennem opsamling og filtrering af væsken, hvorved stivelsen kan bruges til videre forarbejdning af materialer. ... Skrællerne kan tørres og presses til pladeprodukt. Kartofler består næsten kun af stivelse, som kan bruges i plastindustrien. Kartoffelskræller ind-

holder en del stoffer, som kan anvendes i fødevarereindustrien bl.a antioxidant, som giver længere holdbarhed." (Affald som ressource, 2016, 55)

### LUCERNE

Lucerne tørres til hø til dyrefoder og kunne være interessant som kilde til biomasse til anvendelse i byggematerialer.

### MAJS

"En enårig afgrøde, med rigtig høj biomasseproduktion. Majsdyrkingen er dog forbundet med høj nitratudvaskning samt stort pesticidforbrug. For byggemateriale perspektivet skal majsene ikke dyrkes til foder, og derfor vil den optage areal." (Emil Dahl Nielsen, email til forfatter, 20 okt. 2022) Muligvis kan fibre fra stængler bruges sammenligneligt med græs, hør og hamp. Majsstivelsen kan bruges til fremstilling af bioplast.

## PALUDIKULTUR

### RØRGRÆS

Tidlig høst i forår/efterår egnet til biogasproduktion. Sen høst om vinter/tidlig forår egner sig til halmproduktion. Kan presses til halmballer. Bruges til biogas eller som halm til biobrændsel, bioraffinering til proteinkoncentrat, fiberpulp og brunsaft til foder og biogas. (Bondgaard m.fl., 2022, 27) Evt. anvendelse i byggeriet er uvis. Har evt. potentialer der minder om halm eller græsfiber. Se HALM. Se GRÆS.

### STRANDSVINGEL

Bruges til frøproduktion til plænegræs, slætgræs til biogasproduktion og fodergræs & bioraffinering til proteinkoncentrat, fiberpulp og brunsaft til foder og biogas. (Bondgaard m.fl., 2022, 40) Evt. anvendelse i byggeriet er uvis. Man kunne forestille sig at fibrene kan anvendes sammenligneligt med andre græs fibre. Se GRÆS.

## HAVBRUG

### VADEGRÆS

Vadegræs er en invasiv art, men skal beskyttes i dele af Danmark grundet habitatdirektivet, som kræver beskyttelse af habitattype 1320, Vadegræssamfund. Andre steder anses den for en trussel mod vådområder, saltmarsk og vade, som vil være habitatstøt for migrerende fugle og vadefugle og fisk og derigennem mindre arts- og plantediversitet. (Miljøstyrelsen, u.å.) Evt. anvendelse i byggeriet er uvis. Der hvor den invasive art alligevel bekæmpes, kunne biomassen tænkes anvendt i byggeriet. Vadegræs' fibre kan evt. bruges sammenligneligt med græs som plademateriale eller isolering. Se GRÆS.

## SKOVBRUG

### KIRSEBÆR (FUGLEKIRSEBÆR)

"Fuglekirsebær vokser naturligt i hele Europa. ... Den er kultiveret men vokser mest spredt i skove samt i hegn, parker, og haver. ... Træet kan opnå en højde på 25 meter og en diameter på 0,7 meter ved en alder på cirka 80 år." Træarten har været brugt til trappegelænder, drejerarbejder og finere snedkeri. I dag bruges kirsebærtræ til gulve, møbler, paneler og finerede skabslåger.

"Fuglekirsebær er en af de europæiske løvtræarter, som vil kunne sægles til høje priser, såfremt den kan leveres i tilstrækkelige mængder og i gode kvaliteter. I dansk skovbrug er der en spirende interesse for at kultivere fuglekirsebær i regulære bevoksninger." (Johansen, 2014, 66-76) Der er flere typer anvendelse af amerikansk kirsebær til fx. gulve, men udover anvendelse som kilde til cellulose er evt. anden brug af fuglekirsebær i byggeriet er uvis.

### RØN

Røn indgår ikke i det klassiske skovbrug. "Den vil næppe få nogen stor plads i det fremtidige skovbrug, men den vil få en vis rolle som vigtig indblandingsart i de fleste skovudviklingstyper, der er knyttet til de lettere jorde." (Naturstyrelsen, u.å.) Bruges som kilde til cellulose, men evt. anden anvendelse i byggeriet er uvis.

### SKOVLIND

Skovlind vokser udbredt i store dele af Europa. "Linden, som kan blive op til 30 meter højt og med en ret stamme, er stormfast og modstandsdygtig overfor frost. Endvidere trives den på fugtig, leret jordbund, hvor andre træer vanskeligt kan gro. ... da lindeved er homogent og stabilt, har det traditionelt været anvendt til billedskærerarbejder og som modeltræ. ... Større dimensioner kan anvendes som blindtræ i møbelplader og tegnebrædder." (Johansen, 2014, 76) Fra lindetræers bark kan man fremstille lindebast. Bruges som kilde til cellulose, men evt. anvendelse i byggeriet er uvis.

# UDEN FOR KATEGORI

Her nævnes en række materialer der ligger uden for denne kortlægnings fokus, men som har interessante potentialer i forhold til at kunne indgå i fremstilling af byggematerialer.

## BAMBUS

Er hurtigt voksende og producerer en god mængde biomasse. Bambus anvendes i andre lande til mange formål, blandt andet til bærende konstruktioner.

## FRUGT

Det danske firma CP Kelco, producerer en stor del af den pektin der fremstilles på verdensplan og har en meget stor mængde affald af materialet perlit, som bruges i produktionen til filtrering. Perlitten kunne potentielt berbejdes til isoleringsmateriale. (Affald som ressource, 2016, 77)

## FÅREULD

Det Østrigske firma Isolena producerer flere typer isoleringsmateriale af fåreuld, som bruges af det svenske firma Nature Pod, som bygger tiny houses.

## KORK

Kork består af barken fra kork-eg og som byggemateriale har det lyd- og stødabsorberende egenskaber og kan anvendes som isolering.

## KREBSDYR

Krebsdyr kan være kilde til chitosan, som er en naturlig polymer der ” kan anvendes som en ikke-toksisk, antimikrobiel og bionedbrydelig biopolymer, fx som bindemiddel i biobaseret isoleringsmateriale (Mati-Baouche, N. et al., 2014)”. (Biogene materialers anvendelse i byggeriet, 2022, 35)

## MASK

”Mask er det frasorterede biprodukt ved ølbrygning og består hovedsageligt af bygmalt udblødt i vand. Det er et biprodukt bryggerierne gerne vil af med, og bruges i dag som foder til dyr. Der bliver produceret mere mask, end der bliver brugt som foder, og det overskydende produkt kan eventuel bruges til produktion af plademateriale.” (Affald som ressource, 2016, 59)

## MUSLINGESKALLER

”Skaller af blåmusling er tidligere set som et affaldsprodukt fra konsummuslinger, der blev smidt tilbage i havet eller kørt til deponi. Nu anvendes skallerne i stigende grad, og især af selvbyggere, som et isolerende, kapillarbrydende og delvist bærende materiale i terrændæk, fundamenter, hulmure, vægge, etageadskillelser, tagbelægning – og også udendørs fx som <sup>a</sup>Ω og på ridebaner. Skallerne udgør således et alternativ til konventionelle isoleringsmaterialer som mineraluld, glasuld og polyuretanskum i især terrændæk.” (Biogene materialers anvendelse i byggeriet, 2022, 32)

## RIS

Risstrå, som er en sidestrøm fra dyrkning af ris til konsum, kan anvendes som kilde til fiberfraktioner fra biomassen.

## SALT

Ateliér Luma har fremstillet vægfliser af salt som belægning på indervægge i The Tower i Arles af Frank Gehry.<sup>a</sup>



# LITTERATUR

- Aage V. Jensens Naturfond. U.å. "Dyrkning af dunhammer – En fremtidig afgrøde, der tilgodeser natur, miljø og klima?" <https://www.avjf.dk/aaby-mose/dyrkning-af-dunhammer/>
- Affald som ressource. 2016. 3. udgave. GXN.
- Biogene materialers anvendelse i byggeriet. 2022. Institut for Byggeri, By og Miljø - BUILD.
- Bolius. 2023. "Træspån som tag og facadebeklædning" <https://www.bolius.dk/traespaan-som-tag-og-facadebeklaedning-16200>
- Bolius. Glatz, Sarah Sonne; Frederiksen, Susie. 2023. "Fordele og ulemper ved hør som isolering" <https://www.bolius.dk/hoer-som-isolering-18614>
- Bolius. Glatz, Sarah Sonne; Jensen, Line. 2023. "Fordele og ulemper ved halm som isolering" <https://www.bolius.dk/halm-som-isolering-18612>
- Bondgaard, Frank; Olsen, Ditte; Villadsgaard, Lars; Østergaard, Niels. SEGES. 2022. "Dyrkning af Paludikulturer – Effekt på Klima, Miljø og Natur" [https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/e/8/7/rapport\\_om\\_paludikulturer.pdf](https://www.landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/e/8/7/rapport_om_paludikulturer.pdf)
- Burkal, Jon Roth. Skovskolen, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. 2022. "Grandis som konstruktionstræ Bachelorprojekt" [https://skovskolen.ku.dk/dokumenter/BSc\\_projekt\\_\\_PFR494\\_Jon\\_Roth\\_Burkal\\_\\_Grandis\\_som\\_konstruktionstra.pdf](https://skovskolen.ku.dk/dokumenter/BSc_projekt__PFR494_Jon_Roth_Burkal__Grandis_som_konstruktionstra.pdf)
- Bæredygtigt Byggeri DK. U.å. "Byggematerialer Isolering" <https://www.xn--bredygtigtbyggeri-rrb.dk/isolering>
- Bæredygtigt Byggeri DK. U.å. "Isolering Hør- og Hampefibre" <https://www.xn--bredygtigtbyggeri-rrb.dk/isolering-hoer-og-hampe>
- Bæredygtigt Byggeri DK. U.å. "Linoliemaling til udendørs og indendørs brug" <https://www.xn--bredygtigtbyggeri-rrb.dk/maling-linoliemaling>
- DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. U.å. "Elefantgræs til Energi" [https://dca.au.dk/fileadmin/DJF/Arrangementer/poster\\_Elefantgraes\\_til\\_energi.pdf](https://dca.au.dk/fileadmin/DJF/Arrangementer/poster_Elefantgraes_til_energi.pdf)
- Dušek, Jaroslav, Miloš Jerman, Milan Podlena, Martin Böhm, og Robert Černý. 2021. "Sustainable Composite Material Based on Surface-Modified Rape Straw and Environment-Friendly Adhesive". *Construction and Building Materials* 300 (september): 124036. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124036>.
- Een til Een, og GxN. 2016. "Det Biologiske Hus". MUDP rapport. Miljøstyrelsen. <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2017/09/978-87-93614-23-9.pdf>.
- Friis, Ib; Vedel, Helge. 2015. Den Store Danske "Elm" <https://denstoredanske.lex.dk/elm>
- Gravesen, Frits. 2009, "Linoleum" <https://denstoredanske.lex.dk/linoleum>
- Hajj Obeid, Maya, Omar Douzane, Lorena Freitas Dutra, Geoffrey Promis, Boubker Laidoudi, Florent Bordet, og Thierry Langlet. 2022. "Physical and Mechanical Properties of Rapeseed Straw Concrete". *Materials* 15 (23): 8611. <https://doi.org/10.3390/ma15238611>.
- Havnens Hænder. U.å. "Græs" <https://havnens-h.dk/materialer/graes/>
- Havnens Hænder. U.å. "Hempcrete" <https://havnens-h.dk/materialer/hempcrete/>
- Havnens Hænder. U.å. "Lerplade med hampskærver" <https://havnens-h.dk/materialer/ler-med-hamp/>
- Healthy Material Lab, Parsons School of Design. U.å. "PA Hemp Home – Case Study and Lessons Learned" [https://issuu.com/healthymaterialslab/docs/2023.08.07\\_pa\\_hemp\\_home\\_case\\_study](https://issuu.com/healthymaterialslab/docs/2023.08.07_pa_hemp_home_case_study)
- Johansen, Bjarne Lund. 2014. Træ 69 Træarter. Træinformation.



- Kaarup, Jørgen. 2017. "Miscanthus i overhalingsbanen" <https://landbrugsinfo.dk/-/media/landbrugsinfo/public/d/4/e/miscanthusartikeltaek2okt2017.pdf>
- Kaarup Jensen, Jørgen. 2020. Naturens eget tag. Version 2020. Aarhus], [Højbjerg: Stråtagets kontor] ; [eksp. Weks grafiske hus.
- Karlsruhe Institute of Technology – Department of Architecture. U.å. "ReGrow Willow – A Case Study of Willow Earth Hybrid Structures for Digital Circular Construction" <https://ddf.ieb.kit.edu/regrow-willow.php>
- Kristensen, Ib Sillebak; Jørgensen, Johannes Ravn og Jørgensen, Uffe. Aarhus Universitet, Inst. for Agro-økologi. 2013. "Halmudbytter og efterladt planterest i Danske landbrugsafgrøder" [https://pure.au.dk/ws/files/127219238/Halmudbytter\\_og\\_efterladt\\_planterest\\_i\\_Danske\\_landbrugsafgr\\_der.pdf](https://pure.au.dk/ws/files/127219238/Halmudbytter_og_efterladt_planterest_i_Danske_landbrugsafgr_der.pdf)
- Larsen, Bo J. 2013. "Træartsvalet 14. Sitkagran Videnblad nr.: 03.02-31" [https://videntjenesten.ku.dk/skov\\_og\\_natur/skovdriftsformer/valg\\_af\\_traeart/videnblad\\_03.02-31/](https://videntjenesten.ku.dk/skov_og_natur/skovdriftsformer/valg_af_traeart/videnblad_03.02-31/)
- Leimand, Nini, og Stine Henckel Schultz. 2022. Anvendt Byggeteknik i Dansk Arkitektur: Skeletkonstruktion, Træelement. Kbh: Det Kongelige Akademi.
- Llorach-Massana, Pere, Laura Cirrincione, Jorge Sierra-Perez, Gianluca Scaccianoce, Maria La Gennusa, Javier Peña, og Joan Rieradevall. 2023. "Environmental Assessment of a New Building Envelope Material Derived from Urban Agriculture Wastes: The Case of the Tomato Plants Stems". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 28 (7): 813–27. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02152-2>.
- Miljøstyrelsen. 2017. "Naturens eget Stråtag – Tækkemiscanthus i Danmark" <https://straatagetskontor.dk/wp-content/uploads/2018/08/Naturens-eget-Straatag-Taekkemiscanthus-i-Danmark.pdf>
- Miljøstyrelsen. U.å. "Engelsk Vadegræs" <https://web.archive.org/web/20170813150159/http://mst.dk/natur-vand/natur/artsleksikon/froeplanter/engelsk-vadegraes/>
- Mudoi, Manash Protim, Shishir Sinha, og Vijay Parthasarthy. 2021. "Polymer Composite Material with Nettle Fiber Reinforcement: A Review". *Bioresource Technology Reports* 16 (december): 100860. <https://doi.org/10.1016/j.bi-teb.2021.100860>.
- Møller, Peter Friis. lex.dk. 2016. "Skovens vigtigste træ- og buskarter" [https://naturenidanmark.lex.dk/Skovens\\_vigtigste\\_tr%C3%A6-\\_og\\_buskarter#-K%C3%A6mpegran](https://naturenidanmark.lex.dk/Skovens_vigtigste_tr%C3%A6-_og_buskarter#-K%C3%A6mpegran)
- Naturstyrelsen. U.å. "Artsbeskrivelse – Alm. Røn" [https://plantevalg.dk/SpeciesDescription.aspx?zoneId=6&jordbundstype=2&purpose=2&location=\(538074,6227230\)&wind=1&frost=1&referer=/SpeciesProfile.aspx&species=33](https://plantevalg.dk/SpeciesDescription.aspx?zoneId=6&jordbundstype=2&purpose=2&location=(538074,6227230)&wind=1&frost=1&referer=/SpeciesProfile.aspx&species=33)
- Nielsen, Søren, Anders Klebak, og Jørgen Søndermark. 2013. Det moderne tanghus på Læsø. Odense: Realdania Byg.
- Phuyal, Kabiraj, Ujwal Sharma, James Mahar, Kunal Mondal, og Mustafa Mashal. 2023. "A Sustainable and Environmentally Friendly Concrete for Structural Applications". *Sustainability* 15 (20): 14694. <https://doi.org/10.3390/su152014694>.
- Phytophilia. U.å. "Nettle" <https://www.phytophilia.dk/nettle>
- Rytter, Lars, og Rose-Marie Rytter. 2016. "Growth and Carbon Capture of Grey Alder (Alnus Incana (L.) Moench.) under North European Conditions – Estimates Based on Reported Research". *Forest Ecology and Management* 373 (august): 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.04.034>.
- TRÆ.DK u.å. "Douglasgran" <https://www.trae.dk/leksikon/douglasgran/>
- TRÆ.DK u.å. "Eg" <https://www.trae.dk/leksikon/eg/>
- TRÆ.DK u.å. "Lærk – Europæisk og Sibirisk" [https://www.trae.dk/leksikon/laerk-europæisk-og-sibirisk/](https://www.trae.dk/leksikon/laerk-europaeisk-og-sibirisk/)
- TRÆ.DK u.å. "Rødel" <https://www.trae.dk/leksikon/roedel/>

TRÆ.DK u.å. "Sitkagran" <https://www.trae.dk/leksikon/sitkagran/>

TRÆ.DK u.å. "Skovfyr" <https://www.trae.dk/leksikon/skovfyr/>

TRÆ.DK u.å. "Thuja – Kæmpethuja" <https://www.trae.dk/leksikon/thuja-kaempethuja/>

TRÆ.DK u.å. "Almindelig Ædelgran" <https://www.trae.dk/leksikon/aedelgran-almindelig-aedelgran/>

Tækkeordbogen, 2003. "Stråtage før og nu – Tækkeudtryk før og nu" <https://www.danskindustri.dk/siteassets/di-byggeri/medlemsforeninger/takkelaugget/publikationer/tækkeordbog-2003.pdf?v=210925>

Vadstrup, Søren. Kulturstyrelsen. 2012 "Træ til husbygning" [https://slks.dk/fileadmin/user\\_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode\\_raad\\_om\\_vedligeholdelse/8.2\\_Trae\\_til\\_husbygning.pdf](https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/8.2_Trae_til_husbygning.pdf)

Vedder, Søren; Bondgaard, Frank; Kaarup, Jørgen. U.å. "Tækkemiscanthus - God økonomi og flere fordele" [http://virtuelthus.test-din-baeredygtige-loesning.dk/sites/default/files/product-downloads/miscanthus\\_pr\\_pjece\\_www.pdf](http://virtuelthus.test-din-baeredygtige-loesning.dk/sites/default/files/product-downloads/miscanthus_pr_pjece_www.pdf)







# NYE VINKLER PÅ BIOGENE MATERIALER

## - at bygge bro mellem fortid og fremtid

Når man skal gøre noget nyt, kan det ofte betale sig at se tilbage. At genfinde nogle af de erfaringer, andre har gjort sig før os og forsøge at studere, hvorfor de gjorde, som de gjorde. Denne udgivelse peger på, hvordan anvendelse af historisk kontekst, konstruktiv beskyttelse og diversitet i biogene materialer, kan bidrage til tekniske motiver og arkitektonisk kvalitet.

De biogene materialer er en central del af vores kulturarv og ildsjæle i den moderne industrielle produktion har fastholdt at opdag og udvikle produkter med historiske rødder. Derudover er vores bygningskultur stadig præget af almindeligt anerkendte standarder og forskrifter for visse biogene materialer, f.eks. træ, som en allerede etableret del af vores tekniske fællesje.

Historisk set har vores bygningskultur rummet en stor diversitet af egnsbbyggeskikke og regionale tendenser med anvendelse af biogene materialer og erfaringer. Denne tradition er under stærk indflydelse af, at ressourcerne har været knappe eller svært tilgængelige, og derfor har folk anvendt det nære – skovens træer i alle deres former, materialer fra mark og eng.

I dag er producenter af biogene byggematerialer typisk 'kun' aftagere af såkaldte sidestrømsprodukter, idet afgrøderne er dyrket til andre formål. Det kan f.eks. være halm, som er det, der er tilbage når selve kornene fra byg, havre, hvede eller rug er høstet. Halm har tidligere været anvendt til særligt beklædningsmæssige forhold i byggeriet og kan blive det igen, hvis korrekte strategier for byggeteknik og konstruktiv beskyttelse etableres. Selvom mange af de biogene materialer er blevet glemt i fortiden, har vi stadig en stor tradition for at anvende træ i arkitekturen. I denne typologi er der også fra moderne tid et rigt etableret materiale på teknisk fællesje og standarder med henblik på korrekt håndtering, byggeteknik og vedligehold.

Anvendelse af biogene materialer i byggeriet kræver derfor en særlig opmærksomhed på de bygningsfysiske rammer. I sammenligning med uorganiske materialer er biogene materialer specielt udsatte i forhold til brand og fugt. Seks risikofaktorer gør sig gældende for de biogene materialer: fugt, uv-lys, brand, snavs, fysisk skade og skadedyr. Hertil lægger sig tre strategier for konstruktiv beskyttelse, byggetekniske løsninger og risikofaktorer, som påvirker biogene materials holdbarhed.

Først og fremmest handler beskyttelse om at holde skadelige elementer helt væk, så de biogene materialer så vidt muligt ikke bliver påvirket unødvendigt. Når skadelige elementer når til de biogene materialer er næste skridt at fjerne, afbøje eller neutralisere dem på en effektiv måde, så de ikke ødelægger materialerne i et større omfang. Hvis skaden er sket, er det afgørende at materialerne kan tilgås, og at nedbrudte, ødelagte elementer kan fjernes og reparationer kan udføres. Med disse greb kan risici minimeres eller elimineres. Selvom tesen i moderne tid har været, at f.eks. træs holdbarhed var et samspil mellem valg af træart samt konstruktiv - og kemisk træbeskyttelse, findes der en bred vifte af snusfornuftige, gammelkendte byggetekniske løsninger, som blev anvendt lang tid før den kemiske industri så dagens lys og stadig er gyldige. F.eks. kan foranstaltninger som skrå afskæringer på drypkanter eller at sørge for, at der er tilpas afstand mellem terræn og bygning sikre, at opfugtning undgås. Det kan også være tagudhæng, fremspring, relieffer eller offerlag i facaden, som beskytter materialerne mod direkte eksponering for vejrliget.

Der, hvor den historiske bygningskultur i særdeleshed skiller sig ud i forhold til den viden, der ellers er overlevet, er at åndslivet - det at bo og bygge - tidligere har været flettet sammen i en fælles fortælling, som vi kun sjældent støder på i den moderne, vestlige verden. På

mange måder var bygningskulturen en fællesskabssøvelse der sikrede, at landsbyen kunne fungere som helhed. Byggeteknikkerne var præget af simple metoder og værktøjer og konstruktionerne var som regel dimensioneret, så individer eller mindre grupper kunne håndtere elementerne på byggepladsen uden brug af mekanisk hjælp. Byggeskikken var domineret af snedker-, tømmer- og væverhåndværk, og var et udtryk for et dybt, stedbundet materialekendskab.

Her var både fællesskabet og arbejdsfordeling essentielt, da det ligeledes sikrede en overlevering af materiale kendskab og håndværksmæssige kundskab, en slags mesterlære, fra generation til generation. F.eks. blev bygningerne løbende vedligeholdt i overensstemmelse med årtidsbestemte rutiner, som har været formaliseret i fællesskabet i kraft af bl.a. talemåder eller 'overtro' om, hvornår særlige typer af arbejde skulle udføres. Dette sikrede ikke kun bygningernes rutinemæssige opretholdelse, men det lokale samfund og identitet som helhed. Materialer var specifikt udvalgt i forhold til deres funktioner, således at ressourcerne blev udnyttet på den mest effektive måde. Der blev bygget med simple, let aflæselige logikker, som nemt kunne adskilles igen og blive videreudnyttet til andre formål.

I mange henseender ligner den historiske materialebrug og byggeteknik den virkelighed, som byggeriet kigger mod i dag. Og selvom det biogene byggeri kan virke som en fjern fortid, så er spor og viden overleveret både i materialeproduktioner, standarder og normer i vores moderne bygningskultur. Dog har disse haft en mindre markedsandel, da bygningskulturen i det 20. og 21. århundrede har været domineret af mineralske og petrokemiske materialer.

På et overordnet niveau kan det derfor påstås, at grundlaget for det biogene byggeri har eksisteret og til dels stadig gør det, selvom det er blevet ukonventionelt.

Det synes relevant at spørge, om det i virkeligheden er vores tankesæt fra fortiden, som ikke kan spores i det konventionelle marked og derfor er den egentlige barriere for, at en regenerativ, biogen bygningskultur kan (gen)etableres?

# PERSPEKTIVER PÅ BIOGENE POTENTIALER

På baggrund af denne udgivelses undersøgelser af biogene materialer, træder landbruget frem med tydelige potentialer i byggeriets bæredygtige omstilling. I fire ud af de fem typer af kultiveret natur (landbrug, paludikultur, havbrug, og skovbrug) dyrkes der allerede afgrøder, som anvendes i nutidigt byggeri, primært som sidestrømme, men også direkte som det f.eks. er tilfældet med træ.

Udover hedebrug fremstår paludikultur og havbrug som værende mindst udnyttet, selvom tagrør og ålegræs er gode og velkendte byggematerialer i den historiske bygningskultur.

I Danmark er der kun få producenter i tidlige stadier af industrialisering, der beskæftiger sig med disse materialer. Den brede udnyttelse af materialer, som både primær kilder, men også som sidestrømme har været almindeligt for få generationer siden. Denne tankegang, som har haft mange konstruktive-, og rumlige konsekvenser, blev i vidt omfang forladt under modernismen.

I denne periode ændrede materialepriser sig til at være lave, mens lønninger blev dyrere. Det har derfor ikke på samme måde kunnet svare sig økonomisk at genanvende, reparere og udskifte, fremfor at købe nyt. På den baggrund har vi mange år kunne tillade os at bygge uden at tænke på, hvordan vi beskytter materialerne.

Men den tredobbelte planetære krise, som omfatter klimaforandringer, biodiversitetskrise og artsuddøen samt den voksende sociale ulighed tvinger os til at tænke over vores CO<sub>2</sub>-forbrug i byggeriet og derved også værdisætte vores materialer anderledes - både ved at vi må gentænke hvilke materialer, vi kan forsvare at bruge, samtidig med at vi må forlænge bygningernes og materialernes levetid længst muligt.<sup>1</sup>

Modeller som cirkulær økonomi, der i dag forsøges implementeret i byggeriet kan ses som en nutidigt systemisk tilgang til at forlænge materialers levetid gennem genbrug og genanvendelse. Forlængelse af levetider er dog væsentligt at tænke ind allerede i formgivningen af bygninger, hvor vi kan re-aktualisere principper for materialebearbejdning og konstruktiv beskyttelse fra den traditionelle byggeskik.

Biogene materialer forgår, relativt set, hurtigere end ikke-biogene materialer, hvorfor konstruktiv beskyttelse også har været essentielt historisk set, men hvor den husholdningsøkonomiske tankegang har fyldt mere, end den kapitaløkonomiske.

Risikofaktorerne for de biogene materialers levetid (fugt, uv-lys, brand, snavs, fysisk skade og skadedyr) afviger på sin vis ikke synderligt fra risikofaktorer i det konventionelle byggeri, men de nye materialer vil komme til at stille større og anderledes krav særligt i forbindelse med projektering, materialehåndtering og byggepladsens beskaffenhed, samt ikke mindst vedligehold. Hertil kommer også spørgsmål til, hvorledes der kan eller skal opskaleres og ekspanderes, vækste og profiteres i forhold til biomasseressourcerne, som kræver en anden produktionssekvens, end de petrokemiske og mineralske materialer.

I den forbindelse er der et interessante potentiale i at undersøge hurtigvoksende planter med stor biomasse, da biomassen i sig selv, kunne tænkes som substitutionsmateriale for andre mere kostbare biogene materialer eller for ikke-biogene materialer.

Som eksempel kan brændenælden nævnes, der i dag ikke udnyttes i storskalaproduktion. Trods dens høje biomasseproduktion og lave næringstilførsel, som er et plus i forhold til CO<sub>2</sub> lagring, er planten et nærmest



ubeskrevet blad i moderne tid, selvom materialet tidligere har været anvendt i stor stil til både reb, tekstil og sågar forsøg ud i cykeldæk<sup>2</sup>. Anvendelsen af biomassesidrømmen af brændenælder, der ikke bruges direkte i hovedproduktion, kunne øge udnyttelse af ressourcen samtidig med at spild reduceres og biomassen bindes for en længere periode, f.eks. hvis de kunne blive til dampbremsere og beklædningsplader.

Historisk set har der været stor variation i anvendelsen af biogene materialer herunder birkebark, græstørv, strå, hassel, pil, lyng, ålegræs, rughalm. Disse materialer er hentet fra hver af de fem typer kultiveret natur, så der har været brugt materialer fra alle dele af den kultiverede natur.

Nutidens industrialiserede og intensiverede brug af naturen afstedkommer væsentlige overvejelser omkring arealanvendelse. Dette peger på potentialet i at anvende en større variation af biomaterialer i byggeriet, for at undgå monokulturelle landbrug. Her skal det pointeres, at den politiske og økonomiske diskurs angående hvad Danmark bruger sit landareal til at dyrke, har en stor betydning for udbredelse af dette, da byggematerialeproduktionen vil tage plads fra dyrkning af andre afgrøder.

I denne sammenhæng bør det også diskuteres, hvad bæredygtighed i landbruget er og hvordan naturressourcerne benyttes mest retfærdigt overfor alle skabninger, så drikkevand, jordforurening og biodiversitet sikres fremadrettet og at jorden ikke udnyttes på en uhensigtsmæssig måde.

Hvis bygninger er skabt i en konstant relation til det der var tilgængeligt omkring en, som den historiske bygningsskulptur havde som forudsætning, kan en afledt sideeffekt måske være, at forbruget bliver mere synligt og derfor incitamentet til at begrænse mængder

og passe på de materialer, som allerede er i omløb, større.

Slutteligt åbner diskussionen om de biogene materialer op for nye perspektiver på æstetiske oplevelser i arkitekturen. De biogene materialer afkræver os en større og dybere materialeforståelse, når det både kommer til produktion, projektering og vedligehold. Det arkitektoniske udtryk, som dette forudsætter, peger på en genfortolkning af den tektoniske tradition, der først og fremmest vil være et opgør med nutidens og modernismens kulturelle præferencer og tendenser.

## Noter

1 UNFCCC (2022). What is triple planetary Crisis? <https://unfccc.int/news/what-is-the-triple-planetary-crisis>; Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'. Geneva, Switzerland: IPCC, 2023. p. 29, 53, 105, 114 doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

2 Henriksen, J. (2002). Ekstra brænde til ganen. Information. <https://www.information.dk/2002/07/ekstra-braende-ganen>





Det Kongelige Akademi - Institut for Bygningskunst og Teknologi  
CINARK - Center for Industriel Arkitektur  
2024

