



Tækkede bygningssfacader til den grønne omstilling CO₂-neutral brandsikring af tækkede lodrette flader MUDP-projekt

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Anne Beim (CINARK, Det Kongelige Akademi)

Henriette Ejstrup (CINARK, Det Kongelige Akademi)

Lykke Arnfred (CINARK, Det Kongelige Akademi)

Jørgen Kaarup (Stråtagets Kontor)

Mads Hohlmann (DBI - Dansk Brand & Sikringsinstitut)

Grafiker/bureau:

Anne Beim, Henriette Ejstrup, Mads Hohlmann

Fotos:

Anne Beim, Jørgen Kaarup, Henriette Ejstrup, Thorbjørn Lønberg Petersen, DBI

ISBN: 978-87-7564-024-9

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram

Projektet, som er beskrevet i denne rapport, er støttet af Miljøteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under Miljøministeriet, der støtter udvikling, test og demonstration af miljøteknologi.

MUDP investerer i udvikling af fremtidens miljøteknologi til gavn for klima og miljø i Danmark og globalt, samtidig med at dansk vækst og beskæftigelse styrkes. Programmet understøtter dels den bredere miljødagsorden, herunder rent vand, ren luft og sikker kemi, men understøtter også regeringens målsætninger inden for klima, biodiversitet og cirkulær økonomi.

Det er MUDP's bestyrelse, som beslutter, hvilke projekter der skal modtage tilskud. Bestyrelsen betjenes af MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen.

MUDP-sekretariatet i Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5, 5000 Odense | Tlf. +45 72 54 40 00

Mail: ecoinnovation@mst.dk
[MUDP's hjemmeside](#)

Denne slutrapport er godkendt af MUDP, men det er alene rapportens forfatter/projektlederen, som er ansvarlige for indholdet. Rapporten må citeres med kildeangivelse.

Indhold

Forord	6
1. Sammenfatning og konklusioner	7
2. Summary and conclusions	8
3. Baggrund	9
4. Afsæt	11
5. Projektramme	12
6. Projektforløbet	13
7. Konklusioner fra brandtests	19
8. Erhvervsmæssige perspektiver	21
9. Videnspredning og international interesse	23
Bilag 1.Stråtagets historie og udvikling med fokus på brandrisiko	27
Bilag 2.Delrapport over historiske og nutidige lodret tækkede flader	34
Bilag 3.Materialer	67
Bilag 4.Interessent-undersøgelse	70
Bilag 4.1 Følgemail – eksempel	73
Bilag 4.2 Spørgeskema	74
Bilag 4.3 Poster fra udstilling af projektet: <i>The International Conference of Structures & Architecture</i> (ICSA2022), Aalborg 6.– 8. juli, 2022.	75
Bilag 5.Brandtest Mini-SBI & SBI-metoder	77
1. Indledning	80
1.1 Generelt om metoden	80
1.2 Formål	80
2. Testbeskrivelse Mini-SBI	81
2.1 Testbeskrivelse	81
2.2 Produktion af emner	81
3. Resultater af brandtests	82
3.1 Heat Release Rate (HRR)	82
3.2 Total Heat Release Rate THR	84
3.3 FIGRA	84
3.4 Yderligere faktorer	85
4. Konklusion: Mini-SBI test	88

10.	Introduktion til fase 2 brandtest	88
10.1	Baggrund	88
10.2	Formål	88
11.	Testbeskrivelse	89
11.1	Testmetode	89
12.	Testemner	89
12.1	Test 1 – Sprøjtet ler (Mini-SBI model Nr.4)	90
12.2	Test 2 – Sprøjtet ler og lerplader (Mini-SBI model Nr. 4)	91
12.3	Test 3 – Basismodel (Mini-SBI model Nr. 1)	92
13.	Resultater	92
14.	Test Nr.1	92
15.	Brandgasmålinger test nr. 1	93
15.1	Total Heat Release Test nr.1	93
15.2	Fire Growth Rate (FIGRA) test nr.1	94
15.3	Delkonklusion	94
16.	Test nr.2	96
17.	Brandgasmålinger test nr. 2	97
17.1	Total Heat Release (THR) test nr.2	97
17.2	Fire Growth Rate (FIGRA) Test nr.2	98
17.3	Delkonklusion	98
18.	Test nr.3	99
18.1	Visuelle observationer	99
19.	Brandgasmålinger test nr.3	99
19.1	Total Heat Release (THR) test nr.3	99
19.2	Fire Growth Rate (FIGRA) nr.3	100
19.3	Delkonklusion	100
20.	Konklusion SBI-test	101

Forord

Denne slutrapport er udarbejdet af CINARK, Stråtagets Kontor og DBI Dansk Brand og Sikringsinstitut, og beskriver de gennemførte aktiviteter og resultater i udviklingsprojektet; "Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling". Projektet er gennemført i perioden fra april 2021 til februar 2023 og har modtaget tilskud under Miljøministeriets Miljøteknologisk Udviklings- og demonstrationsprogram, (MUDP) i kategorien: TGU / Teknisk Gennemførlighedsundersøgelse.

Støtte fra Statens Kunstfond, Dreyers Fond og Nationalbankens Jubilæumsfond er desuden doneret til udgivelse af publikationen/bogen om projektet med titlen: "Biogent Byggeri – Materiale, Arkitektur Tektonik" (2023).

Projektet sigte har været:

- At udvikle og teste tækkede bygningsfacader imprægneret med ler (o.a. mineralske materialer) som et miljøvenligt alternativ til CO₂-tunge brandhæmmende løsninger.
- At redegøre for historiske og nutidige eksempler på lodrette tækkede bygningsfacader i Danmark og Holland.
- At udvikle det arkitektoniske udtryk i sammenhæng med de tekniske løsninger
- At og foretage komparative brandtest af forskellige typer brandimprægneringer

Arbejdet har taget udgangspunkt i byggeprincipper for lodret tækkede facader (ref. hollandske eksempler og Vadehavscentret) udviklet af bl.a. Tækkefirmaet Kim Andersen Aps, Tækkemand Arne Klüwer, samt Hemmed Tækkefirma A/S v. Ruud Conijn som har udviklet det 'Dobbelt Mansarde knæk'. Ligeledes har diverse lerblandinger anvendt som imprægnerende brandhæmmer, været udviklet af Lasse Koefoed Nielsen fra Egen Vinding og Datter A/S.

Ler er historisk kendt for dets gode brandhæmmende, fugtregulerende og miljøvenlige egenskaber. I forhold til glasfibervæv, kemiske imprægnering og brandisolering med stenuld vil en mulig anvendelse af ler sikre en markant mindre belastning af miljøet både under fremstilling, anvendelse og bortskaffelse.

Projektet er gennemført i samarbejde mellem CINARK/ Det Kongelige Akademi: Anne Beim, Henriette Ejstrup Jørgen, Thorbjørn Lønberg Petersen, Lykke Arnfred, Kenneth Hviid Larsen, Pelle Munch-Petersen. DBI/Dansk Brand- og Sikringsinstitut: Anders Dragsted, Robert Firkic, Mads K. Hohlmann. Håndværkerne: Thomas Gerner (Tækkemanden Horneby A/S), Ruud Conijn (Hemmed Tækkefirma A/S), Lasse Koefoed Nielsen (tidl. Egen Vinding & Datter) Stråtagets Kontor: Jørgen Kaarup, Sven Jon Jonsen

Projektets fremdrift er blevet fulgt af en følgegruppe bestående af Mikael Kock/Træinformation, Lars Keller/Ecococon, Susanne Pouline Svendsen/BygErfa og Ida Sofie Martinsen fra Miljøstyrelsen, herudover indgik projektets partnere.

1. Sammenfatning og konklusioner

Formål

Projektets hovedformål er at udvikle og teste miljøvenlig, realiserbar og arkitektonisk aflæselige brandhæmning af lodret tækkede bygningsfacader – her med fokus på ler og andre beslægtede mineralske materialer som imprægnering.

Resultater og konklusion

Det er lykkedes at udvikle og teste ikke før afprøvede (i DK) byggetekniske løsninger med lodret tækkede flader, der integrerer forskellige ler- og kalkblandinger som brandhæmmende imprægnering af tækkerør og med lerplader indbygget for at øge den brandstoppende effekt. Ler og kalk besidder hygroskopiske egenskaber, der gør at materialerne binder godt på tækkerørene og at de virker brandhæmmende ved påvirkning af ild/brand. Afhængigt af hvordan tækkerørene er imprægneret (udefra>ind eller indefra>ud) og lerpladerne er indbygget, har disse mindre eller større brandhæmmende effekt. Imprægnering med ler og lerblandinger bestående af rent moræneler, lerklæber og ler/ammoniak viser at tækkerørene ikke antænder ved påvirkning/eksponering af en gasflamme i ca. 11 min. (test i lille skala). Samme beskyttende behandling viser også i storskala brandtest, en tydelig træghed ift. brandspredning ved 30 min. eksponering af en gasflamme.

Testresultaterne viser at for at opnå den bedste brandhæmmende effekt skal lerimprægneringen påføres i det yderste ca. 15-20 cm, af det tække lag, så lermaterialet både ligger beskyttet inde i konstruktionen og samtidig brandbeskytter den. Denne påføring af imprægnering forsegler også overflade/rørender med ler.

Resultaterne fra udvikling og brandtests kan opsummeres som følger:

- Historiske eksempler viser, at der i en dansk kontekst er to konkrete kilder, der peger på, at ler er blevet brugt som brandhæmmer i stråtage. Nutidige eksempler er typisk brandsikkert med en glasfibervæv – samme opbygning som stråtage - mens hollandske eksempler tækkes direkte på et ikke-brændbart underlag.
- Ved at imprægnerer tækkerør med lerholdige materialer opnås en signifikant brandhæmmende effekt af lodret tækkede flader.
- Ler viser sig som et effektivt middel til at reducere brandspredning i lodret tækkede facade-konstruktioner og på overfladen.
- Øget brandstoppende effekt opnås ved at indbygge lerplader som vandret materialeskift (brandstop) i facadebeklædningen af tækkerør.
- Internationale standarder til brandtest er rettet mod konventionelle industrielle produkter og ikke in-situ produktion med en høj grad af håndværksmæssig fremstilling, som tækkede flader med lerimprægnering. Det kan være en hindring for udvikling af grønne løsninger baseret på disse håndværk og byggetekniske metoder.
- Storskala facadekonstruktioner i biogene materialer af Ecococon halmelementer, som bærende bagvæg og med tækket facadebeklædning imprægneret med ler, anviser en helt ny konstruktionstypologi. Sammensætningen af disse (biogene) konstruktionsmaterialer lever op til de aktuelle 70%-reduktionskrav af bygningers CO₂ emission og har opnået meget stor international interesse på tværs af udviklings- og forskningsmiljøer og i byggebranchen.

På baggrund af nærværende udviklingsprojektet samt observationer fra de udførte test, vurderes der at brandimprægnering med ler er en reel gangbar metode, der bør undersøges dybere og testes i storskala biogene ydervægskonstruktioner.

2. Summary and conclusions

Objective

The overall objective of the project is to develop and test environmentally friendly, realizable and architecturally legible fire prevention of vertically thatched building facades – focusing on clay and other similar mineral materials as impregnation.

Results and conclusions

The project has been successful in developing and testing construction solutions unprecedented (in DK) with vertically covered surfaces that integrate different clay mixtures and lime types as fire-retardant impregnation of reed and clay plates built in to increase the fire-retardant effect.

Clay and lime have hygroscopic properties, which means that the materials stick well to the reed (have an adhesive effect) and that they can act as fire retardants when exposed to fire. Depending on how the reed is impregnated (from the outside>in or from the inside>out) and the clay plates are incorporated, they have little or high fire-retardant effect. Clay and clay mixtures consisting of pure moraine clay, clay adhesive and clay/ammonia show that the reed does not ignite when exposed to a consistent gas flame for approx. 11 min. (test in small scale). Similar protective treatments show clear retarding effects in fire spread reaction when exposure to a gas flame for 30 min.

The test results show that in order to get the best the fire-retardant effect, the clay impregnation must be applied in the outermost 15-20 cm of the covering layer so that the clay substances are both protected and fire protecting inside the construction. At the same time this way of impregnation seals the surface/reed-ends with clay.

Results from the development and fire tests can be summarized as follows:

- Historical research shows that in a Danish context two sources indicate that clay has been used as a fire-retardant in thatched roofs. Contemporary thatched buildings are typically fire-proofed with glass fiber membrane – similar building technique as thatched roofs - while Dutch examples are mounted directly on a non-combustible material.
- Impregnating reed with clay-based materials provides a significant fire-retarding effect of vertically thatched surfaces.
- That clay proves effective to reduce fire spreading in vertically thatched facade constructions and on the surface.
- Increased fire-retarding effect is achieved by incorporating clay panes as a horizontal material change (fire stop) in the facade cladding of reed.
- International standards for fire-tests are intended for conventional industrial products and not in-situ production dependent on craft-based techniques, such as thatched surfaces with clay impregnation. It can be an obstacle to the development of green solutions based on these crafts and building techniques.
- Full-scale facade constructions in biogenic materials with EcoCocon straw elements as load-bearing wall and with reed as facade cladding impregnated with clay, demonstrates a completely new construction typology. It proves to meet the present requirements for a 70% reduction of buildings' CO₂-emissions (DK) and it has gained great international interest across Universities, R&D institutions, and in the construction industry.

Based on the presented development project and observations of the constructions and fire tests carried out, it is assessed that fire impregnation with clay is a real feasible method that should be investigated in greater detail and tested as a full scale.

3. Baggrund

Problemstilling

Byggesektoren har et stort klima- og miljøansvar, da den står for ca. 40% af den samlede CO₂ udledning¹ og ydermere har byggeindustrien noget nær det højeste forbrug af naturens ressourcer. For at imødekomme de politiske ambitioner om, at reducere CO₂ udledning med 70% inden 2030 i Danmark, er det vigtigt at alle CO₂ besparende tiltag bliver undersøgt og udnyttet optimalt. Siden oliekrisen i 1973 har hovedfokus været på reduktion af bygningers energiforbrug i det danske Bygningsreglement.

Det samme gør sig ikke gældende for produktionen af byggematerialer. Således vejer byggematerialers CO₂-aftryk tungere i dag ved opførelse af konventionelt nybyggeri, end for bygningernes drift.² Det er derfor afgørende, at bæredygtige løsninger udvikles, skaleres og implementeres på alle niveauer i byggeriet.

Et andet vigtigt forhold er krav til tæthed i nybyggeriet, hvilket medfører dårligt indeklima og i nogle tilfælde problemer med fugt. Stråttækte flader er i udgangspunktet 'åndbare', men ved brug af membraner til brandsikring tætnes huset/konstruktionen yderligere. Derfor vurderes det at alternative løsninger med ler som brandhæmmer, vil kunne indvirke positivt på indeklimaet, idet materialet kan optage og afgive fugt.³

Formål

Ideen med projektet er at udvikle og teste uprøvede, brandsikrede konstruktionsløsninger til tækkede bygningsfacader, som er absolut bæredygtige og som på sigt kan skaleres til et industrielt niveau. Fokus har været på brandsikkerhed, som er en central udfordring, når der bygges med biogene materialer.

Konkret er forskellige typer af lerblandinger (o.a. mineralske materialer) blevet afprøvet i kombination med forskellige tekniske opbygninger af de tækkede lag - enten som påført overfladebehandling eller indbygget i konstruktionen. Dette for at undersøge om- og hvordan lerblandinger virker som miljøvenlige brandhæmmer i bygningsfacader

Der har ikke før været udviklet lignende fuldtækkede konstruktionsløsninger med bionedbrydelig brandsikring, som er blevet brandtestet efter valide metoder, hverken i Danmark eller internationalt. Projektet vurderes derfor at være det første af sin art.⁴

¹ Ohms, P.; Andersen, C. E.; Nygaard Rasmussen, F. et al. (2019). *Assessing buildings' absolute environmental sustainability performance using LCA focusing on climate change impacts*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 352. 012058. 10.1088/1755-1315/352/1/012058.

² <https://videnskab.dk/forskerzonen/kultur-samfund/forsker-vi-kan-ikke-bare-bygge-groennere-vi-er-noedt-til-at-bygge-langt-mindre>. Accessed 10.12.22

³ *Det Åndbare Hus – Afsluttende Rapport* MUDP_Rapport, 2019, Miljøstyrelsen; <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/12/978-87-7038-100-0.pdf>; s. 34-37

⁴ Eksperimenterende studier har været foretaget ved det Kgl. Akademi er foretaget af arkitektstuderende ved Kandidatprogrammet Bosætning, Økologi & Tektonik, som led i et Forsknings- & Innovationsforløb. Her har de udviklet tækkede præfabrikerede facadeelementer og undersøgt ler/kalk/slam som brandhæmmer i tækkede facader. Se: Garval, L. H. & Lundorf, N. H. (2017); "Nyfortolkning af tækkefaget", I: *TÆK*, no. 1, s. 3-6; Likenes, N., Larsson, N. & Olesen, V. R. (2020), "På Stråets Præmis", I: *TÆK*, no. 2, s. 24-25

Antagelser

Projektet beror på en række indledende antagelser, herunder at en udbredelse af ikke kun tækkede tagflader, men også tækkede facader kan medvirke til at nedbringe byggeriets CO₂ udledning betragteligt. Ligesom yderligere CO₂ reduktioner kan opnås, hvis også brandsikringen bliver bionedbrydelig som fx ved brug af ler. Som en frit voksende afgrøde anses tækkerør desuden også at gavne natur og miljø både i produktion /dyrkning, brug og ved bortskaffelse.

Endelig vurderes det, at en udbredelse af tækkede løsninger, ikke kun vil forstærke relationen til vores byggede kulturarv, men også vil medvirke til at bringe 'det tækkede' ind i den moderne verden, hvor ikke kun tagflader er tækket, men også facader eller andre lodrette flader som fx. hegn eller støjværn.



FIGUR 1. Tv. Lodret tækning udført ved Tækkedagen i Glamsbjerg, sept. 2019.

Th. forskellige mineralske imprægneringstyper; ler, lerkløber, kalk og kaolin.

Foto: Anne Beim.

Hovedspørgsmål

Med afsæt i denne overordnede problemstilling indkredser projektet en række centrale spørgsmål. De adresserer måder hvorpå viden kan opstå og anvendes i byggeriet på tværs af historiske perioder/udviklingsstadie, mellem sammenlignelige lande og byggetraditioner, mellem fagområder og discipliner og i en konkret udveksling mellem teori og praksis i byggeriet.

Spørgsmålene lyder som følger:

- Kan vi øge anvendelsen af biogene materialer i byggeriet for hermed at imødekomme krav om lavere CO₂ udledning?
- Kan vi bygge på måder, hvor vi kombinerer den bedste viden fra traditionel byggekultur med nutidige effektive (læs: standardiserede og industrialiserede) byggemåder?
- Kan vi skabe arkitektur som bidrager til den grønne omstilling ved brug af tidligere velkendte eller utraditionelle byggemetoder?

4. Afsæt

Nye generelle krav til brandsikring og risikovurdering

Vadehavscentret skabte overskrifter i 2017, også uden for arkitektkredse, da Dorte Mandrup Arkitekter tegnede udvidelsen af det eksisterende museum, som ligger på kanten af Vadehavets følsomme kystlandskab. Det store hus havde fuldtækkede overflader fra hoved til fod. Tag og vægge gled over i hinanden i ét sammenhængende materiale, med åbninger til vinduer og døre, som var de skåret ud i et stort massiv af tækkerør. Vadehavscentret flyttede ganske enkelt forståelsen af hvordan man kan anvende tagrør på nye måder. Stråtaget blev løftet ud af bondehusidyllen og flyttede ind i prestigearkitekturen med et modigt og nutidigt formsprog.

Men Vadehavscenteret og andre lignende konstruktionsløsninger er blevet mere tidskrævende og omkostningstunge pga. krav til dokumentation. Indfasning af en ny certificeringsordning januar 2020 for brandrådgivere, har strammet op på krav til kompetencerne ved vurdering af "afvigende løsninger". Derudover er der nu krav til brandteknisk risikovurdering baseret på solid dokumentation. Her har nytænkning og innovative udviklingsprojekter ift. biogene materialer svære vilkår, idet små virksomheder ikke har økonomi til at gennemføre mange - og oftest dyre tests til denne dokumentation. Ligeså kan det være vanskeligt for rådgiverne at anvise

Tagrør og brandfare

Brandfaren er formentlig den største hindring for, at strå i højere grad indgår som materiale i nutidens byggeri, både som stråtag og i tækkede facadeløsninger. I Holland har man mange flere erfaringer med tækkede facader og i de seneste 20 år er der hvert år er opført omkring 2.000 nye bygninger med strå som tag og/eller tækket facade. Der er ingen tvivl om, at den meget udbredte anvendelse af tækkede facader i nutidigt byggeri i Nederlandene er en væsentlig årsag til, at strå i stort omfang fortsat indgår i nyopførelser.⁵

I Danmark har stråtage kunnet brandsikres effektivt siden 1990'erne. Det har medført, at brandsikrede stråtage ikke brænder oftere end andre tagtyper. Hyppigheden af brande er ikke anderledes i huse med brandsikrede stråtage end i huse med fast tag.⁶

Den mest anvendte brandsikring af stråtage i dag er med glasfibervæv og stenuld som kantsikring. En nyere type brandsikring af stråtage er med glasfibervæv og kantsikring i glasfiber. Denne brandsikrings effektivitet er afprøvet både i virkeligheden* og i en række brandtests udført af DBI.

Brugen af disse miljøfremmede og CO₂-belastende materialer er blevet kritiseret, fordi resten af stråtaget og evt. tækkede facader består af rene naturmaterialer, bortset fra den rustfrie ståltråd, som stråene er monteret med. Det er derfor et stort ønske hos tækkebranchen at der bliver udviklet en klimavenlig brandsikring i et naturmateriale, der matcher tagrørenes gode miljøprofil. En klimarigtig brandsikring efterspørges også af flere bygherrer, udviklingsorienterede entreprenører og af projekterende arkitekter, som henviser til, at stenuld og glasfibervæv er fremmedelementer i et tag, der mest består af et rent biogent naturmateriale.

⁵ Interview med direktør for det hollandske tækkekontor, Joost Kreuger, der også er præsident i den internationale organisation for tækkemænd, ITS – International Thatching Society (www.thatchers.eu)

⁶ Sammenlignende undersøgelse af brandhyppighed i forskellige typer tag gennem 10 år. Gennemført af forsikringsselskabet Top-Danmark.

5. Projekttramme

Arbejdspakker

Projektet har bestået af følgende fem arbejdspakker:

Arbejdspakke 1- Forberedelse af udvikling og analyse

- Kortlægning af lers anvendelse i tækkede bygningskonstruktioner i Danmark og internationalt (fokus: Nordeuropa) – både i historisk byggekultur og i nutidigt byggeri.
- Dertil er indhentet viden om relevante brandtest- og brandsikringsmetoder, samt målgrupper og evt. konkurrenter kortlægges.

Arbejdspakke 2: Design, Udvikling og Test af konstruktionsløsninger

- Design, udvikling og test af konstruktionsløsninger i samarbejde med Tækkelaugget, EVD, DBI og forskere fra CINARK – Det Kongelige Akademi.
- Komparativ test af 14 stk. imprægneret tækkede løsninger ud fra Mini-SBI (Nedskaleret version af Single Burning Item test (EN13823)
- Tre fuldskalatest i 1200 x 2400 mm (ISO 13785-1: 2002 (E)

Arbejdspakke 3 - Formidling og udstillingsbidrag

- Projektet er formidlet løbende via artikler/ debatindlæg i relevante fagblade og medier.
- Udvikling og opførelse af udstillingsbidrag til den offentlige udstilling: *70% CO₂ reduktion*, Det Kongelige Akademi. Gennemført i samarbejde mellem CINARK, Tækkelaugget, EVD.

Arbejdspakke 4 – Konferencer

- Præsentation af resultater fra projektet til DBI's årlige konference; 'Branddagene'. (Erstattet af fælles oplæg v. Building Green/Biobaserede Byggematerialer)
- CINARK/KADK afholder konference om projektets potentialer for studerende, forskere og interessenter inden for byggesektoren. (Erstattet af Udstillings- og forskningsbidrag / praksisspor ICSA 2022/ International Conference Engineering & Architecture AAU/ Aalborg)

Arbejdspakke 5 - Publikation

- Projektet afsluttes med udarbejdelse af en publikation der forklarer, hvor og hvordan de nyudviklede bygningsfacader /tækkede lodrette flader med ler som brandsikring kan anvendes. Målgruppen er bred - studerende, praktiserende og beslutningstagere i byggeriet.

De gennemførte aktiviteter i projektet følger arbejdspakkerne relativt tæt hvad angår milepæle og leverancer beskrevet i projektansøgning. Der er kun foretaget få relevante ændringer undervejs. Derimod er der i projektet leveret meget mere end lovet – grundet stor international bevågenhed, som er opstået ved deltagelse i danske/internationale arkitekturudstillinger, forskningskonferencer og debatter. Det har efterfølgende kastet nye opgaver af sig. Se afsnit 9

Tidsperiode

Projektet er gennemført i perioden fra april 2021 tom. februar 2023 og har modtaget tilskud under Miljøministeriets Miljøteknologisk Udviklings- og demonstrationsprogram, (MUDP) i kategorien: TGU / Teknisk Gennemførlighedsundersøgelse.

Der er desuden opnået supplerende tilskud til publicering af bog om, *Biogent Byggeri*, fra Statens Kunstfond (Arkitekturudvalget), Dreyers Fond og Nationalbankens Jubilæumsfond og efterfølgende deltagelse i den Internationale Arkitekturtriennale: *TERRA* i Lissabon (sept. 2022 – feb. 2023) med støtte fra Statens Kunstfond og det Kongelige Akademi.

6. Projektforløbet

Historiske fund

Stråtekning har historisk set været en af de primære anvendte tagkonstruktioner i Danmark, og udgør derfor en betydningsfuld del af dansk byggeskik og kulturarv. Se bilag 1.

At kombinere ler og tagrør er heller ikke noget nyt. Erfaringer med lerpuds på måtter af tagrør, som tidligere blev brugt i meget stort omfang til både pudsede lofter og indvendige vægge, viser at ler og tagrør fungerer godt sammen hvad angår deres materialemæssige egenskaber. Dette projekt blev indledt med et omfattende studium af anvendelse af ler i både tækkede facader og som brandhæmmer generelt i byggeriet, jf. Bilag 2. Studiet viste bl.a. - at der efter de store brande i København og andre købstæder - i den første bygge Lovgivning i Danmark (1856) - blev indført krav om lerindsud i etagedæk på beboelsesejendomme.⁷

Observationer foretaget på skorstene i traditionelle bondehuse, der er opført med brædder beklædt med ler. De beskriver hvordan trækonstruktionen stadig holder efter mange års brug.⁸ Selvom der ikke er fundet historiske beretninger, som beskriver sammenhængen mellem stråte-tækte facader og ler som brandhæmmende middel, peger en interessant historisk kilde fra Syddanmark på, at ler er blevet brugt i kombination med tagrør. På en sønderjysk gård er der i en byggetilladelse fra 1889 fundet krav om, at stråtaget over de fire udgangsdøre stuehuset – i fire meters bredde og helt op til mønningen - skal understryges med ler.⁹ Det indikerer at teknikken var ment som et brandhæmmende middel til at sikre flugtvejen.

Stråtekning af facader har desuden været almindeligt anvendt i folkelig arkitektur. Brugen af siv/tagrør på facaden kom til udtryk på tre forskellige måder:

1. Der blev sømmet tagrør til ydervæggen med lægter. Dette dækkede den kalket lertavl mod vejrlig og fungerede som et offerlag, der beskyttede hovedkonstruktionen mod nedbrydning.
2. Den dukket gavl er en teknik, hvor der blev bundet snoninger af siv/tagrør. Snoningerne stables mellem lodret placerede kæppe i gavlen. Teknikken blev højst sandsynligt brugt til at give udluftning på lofter og i stalde.
3. Den tredje version er Lollands stråte-tækte gavle. Tagets tækkede overflade er forlænget ned på gavlen i form af en lille udhængskonstruktion, der danner et lille bislag. Det lader til at denne gavl er en forfinelse af den meget ældre og mere provisoriske dukket gavl.¹⁰

I det danske opslagsværk for anvendt byggeteknik, Byggebogen af 1949¹¹ er der beskrevet en brandsikring af stråtage udført med lervælling iblandet ammoniak, der stænkes på hvert tækket lag under oplægning. Samme byggebog henviser til, at der i Holstein og på de Frisiske Øer er blevet anvendt en teknik, hvor man dyppede negene i blandingen af ler og ammoniak før tagrørene blev fastgjort på den bærende konstruktion. (Læs evt. mere i Bilag 2. side 38).

⁷ Engelmark, Jesper. *Københavns etageboligbyggeri 1850-1900: en byggeteknisk undersøgelse*. SBI-rapport, 142. (Copenhagen: Statens Byggeforskningsinstitut. 1983)

⁸ Kristensen, Evald Tang., ed. *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. Bd. 3: Tillæg I-IV. (Copenhagen: Busck. 1987)

⁹ Byggetilladelse fra byggesagsarkiv. Ørby 20, 6100 Haderslev

¹⁰ Sabro, Louise & Realdania By & Byg. *Stines Hus: Lollandsk Egnsbbyggeskik*. (Copenhagen: Realdania By & Byg, 2020)

¹¹ Kjærgaard, Poul (ed. *Byggebogen 348.91 Stråtag - Marts 1949*. (Copenhagen: Nyt Nordisk Forlag. 1949)

Nutidige tendenser

I Holland er antallet af stråttækte facader steget i de seneste årtier. En stigende bevidsthed om behovet for en grøn omstilling i byggebranchen kan skyldes denne interesse.¹² Det ser ud til, at byggeteknikkens succes hænger sammen med en national fortælling om, at stråttækte facader er en lokal tradition. Undersøgelserne i dette projekt antager, at den eneste tradition forbundet med hollandsk facadestråttækning er de historiske møller, men andre bygningstypologier så som boligbebyggelser og lignende har ikke haft en facadestråttækningstradition.¹³ Alligevel ser 'kulturel forankring' ud til at være en betydelig årsag til den vellykkede genindførelse af tækkede facader i moderne hollandsk arkitektur.



FIGUR 2. Rådhus i Midden-Delfland, Holland (2012). Rådhuset består af 5 bygningsvolumener, alle med tækkede facader. De flade tage er dækket af sedum.
Foto: Jørgen Kaarup.

Få huse af nyere dato er bygget med stråttækte facader i Danmark. Mest opsigtsvækkende er som tidligere nævnt, Vadehavscentret ved Vester Vedsted i nærheden af Ribe, tegnet af Dorte Mandrup Arkitekter. Bygningen viser tagrørets plasticitet og sammenhængende tækkede flader i en ekspressiv skulpturel form.

Nyere bygninger med lodrette stråttækte flader er således begrænset. Det tæller blandt andet et forsøgsprojekt som 'Det Åndbare Hus' også støttet af MUDP-midler, nogle få sommerhuse, garager og mindre familiebøliger. Fælles for dem alle er, at de er bygget før januar 2020 – det vil sige, før de nye mere restriktive og dokumentationskrævende brandregulativer trådte i kraft. Med undtagelse af et eksempel er de udført efter moderne, konventionelle konstruktionsmetoder og brandsikringen er udført i henhold til anvisningerne for brandsikring af stråttage. I forhold til nyeste lovgivning er dette ikke længere en mulighed, og der kan derfor ikke opføres

¹² riet.com. 'Geschiedenis van Het Rietendak - Vakfederatie Rietdekkers'. 2022. <https://www.riet.com/riet/geschiedenis.html>.
thatchers.eu. 'Dutch Federation of Thatchers – International Thatching Society, ITS'. 2022. <https://thatchers.eu/co>

¹³ holland.com. 2012. 'The Purpose of Windmills in the Netherlands'. 17 August 2012. <https://www.holland.com/global/tourism/travel-inspiration/traditional/functions-of-windmills-in-holland.htm>. Hemert, M. van, M. W. J. van Rooden, and H. Th D. Dijkstra. *Het Weke Dak: Riet- en strobedekkingen*. RV Bijdrage 11. (Zeist: Rijksdienst voor de Monumentenzorg. 1990)

huse med stråttækte facader, medmindre løsningen bliver godkendt på lige fod med de præaccepterede løsninger eller ved at løsningen er brandtestet og godkendt.



FIGUR 3. Vadehavscentret, Nationalpark Ribe, Dorte Mandrup Arkitekter, 2017.

Foto: Anne Beim.

En fællesnævner for de danske eksempler er, at innovative, bæredygtige byggerier generelt er ret konventionelle hvad angår de anvendte byggeteknikker. Bortset fra Vadehavscentret – der har en udbygget brandbekæmpelsesplan, idet det er en bygning med offentlig adgang – udføres brandhæmmende løsninger primært ved brug af glasfibervæv og mineraluld i tækkede konstruktioner.

Brandtest af materialeprøver og konstruktionstyper

Idet brandtest er et centralt element i projektet, har det indledningsvis været vigtigt at afklare på hvilken måde evt. nyudviklede konstruktioner skulle testes og hvilke teststandarder det gav mening at måle op imod. Det skulle også afklares om det var: a.) brandsikring på overfladen (flammespredning på ydersiden), b.) brandspredning inde stråene i facadeplanet eller c.) brandspredning gennem stråene vinkelret på facadeplanet der skulle undersøges. Dvs. at selve testmetoderne er udviklet parallelt med de konstruktionstyper som skulle testes. Det var den første som blev valgt at fokusere på.

Forsøgende tager afsæt i BR18 og anvender en funktionsbaseret tilgang, idet de 'præaccepterede løsninger' blev vurderet til ikke at være egnede. Funktionsbaserede metoder anvendes, når materialer og konstruktioner er forskellige fra præaccepterede (standard)løsninger og derfor skal testes og dokumenteres individuelt. Derudover blev det besluttet, at testen kun skulle fokusere på den del af konstruktionen der fungerer som 'regnskærm' (det tækkede lag og imprægnering) - altså ikke en hel vægkonstruktion med isolering og bærende bagmur osv.

Forud for forsøg i stor skala, som var målet i projektet – men som også er arbejdskrævende at gennemføre – har forskellige typer imprægnering og to forskellige måder at påføre disse på (systematisk) været testet i indledende afklarende og mindre brandtest. Således er der gennemført to serier med brandtest, hvor den første fungerede som screening for den næste:

Den første serie bestod af brandtest efter metoden; Mini-SBI - en nedskaleret version af SBI-testen (Single Burning Item EN13823), som er den dominerende brandtestmetode til klassifikation for reaktion på brand for byggevarer i Europa. Denne metode blev valgt for hurtigt at kunne bestemme hvilken imprægneringsmetode, der havde de bedste brandtekniske egenskaber.

De første 14 tækkede testemner blev udviklet ved idégenerering i plenum (sammenholdt med gældende standarder) først gennem tegninger og efterfølgende som fysiske testemner hos DBI.



FIGUR 4. Her ses brændkammeret til Mini-SBI test med Mads Hohlmann fra DBI, som stod for at eksekvere brandtestene. Foto: Jørgen Kaarup.

Én af disse Mini-SBI test var uimprægneret (baseline). 6 var imprægneret med ler, 5 med kalk og 2 med en blanding af hestemøg og kaolin. De var imprægneret på to forskellige måder. To referencematerialer blev også testet: en brandimprægneret MDF-plade (FIRAX) og en standardspånplade. Typen: Fuldimprægneret/dyppet med moræneler blev udvalgt til de efterfølgende opskalerede brandtest.

Den anden serie som var et mindre udvalg af den første serie, bestod af tre fuldskala brandtest i 1,2 x 2,4 m (efter metoden ISO 13785-1: 2002 (E), som er en tilpasset version af ISO 13785-1. Her blev tre typer testet: en uimprægneret, en fuldimprægneret med glat overflade og en fuldimprægneret med profileret overflade med indbyggede lerplader til sektionering af testemnet, som en slags 'ildstop'.



FIGUR 5. Her ses de tre fuldskala – testemner. Foto: Thorbjørn Lønberg Petersen.

Det tækkede hushjørne

Som led i den censurerede udstilling "70% Less CO₂ – Conversion to a viable age", ved Det Kongelige Akademi i foråret 2021, blev der opført et tækket hushjørne, med afsæt i MUDP-projektet: "Tækkede Bygningsfacader til den Grønne Omstilling: CO₂-Neutral Brandsikring af Lodret Tækkede Flader". Målet var at vise en prototype på en fuldskala ydervægskonstruktion, hvor den mest effektive brandtest var indtænkt. Det vil sige, den type med tækkerør imprægneret med moræneler på de lodrette flader (påført udefra), der havde lerplader integreret som ildstop for at forhindre flammespredning op ad facaden.

Hushjørnet skulle først og fremmest svare på de kendte udfordringer vedrørende brandsikring af biogene materialer, men ønsket var også at adressere andre vigtige aspekter, der knytter sig til bygningskonstruktioner med biogene materialer som: CO₂ reduktion, miljøhensyn, biodiversitet, cirkulær økonomi, åndbarhed/diffusion mm.

Vi valgte derfor at vise den brandsikrede løsning på en konkret, realiserbar konstruktion. Den var opført som en 'varm' og åndbar konstruktion, hvor alle lag er diffusionsåbne og i direkte kontakt med hinanden (dvs. uden ventilationsspalter). Her er den tækkede del af konstruktionen også tænkt medregnet i den samlede isoleringsværdi.



FIGUR 6. Udstilling af Hushjørne i 1:1 til "70% Less CO₂ – Conversion to a viable age", inkl. udvalg af brandtest Mini-SBI, fuldskala SBI, procesfilm mv. Foto: Anne Beim.

Taget har en hældning på 60 grader for at optimere tagets / tækkerørenes levetid. Den bærende grundkonstruktion er i 9 stk. ECOCOCON elementer (b. 600, d. 300, h. 2400 mm), som er trækasetter isoleret med komprimeret halm. Indvendigt er halmelementerne de overfladebehandlet med lerpuds, der virker som en åndbar 'dampbremse'. Lerpudsen består af henholdsvis en grov (mørk/natur) i ca. 25 mm og en fin (hvid/kaolin) ca. 3-4 mm, som bidrager til et godt indeklima ved automatisk at regulere udsving i luftfugtighed og temperatur. Udvendigt er halmelementerne beklædt med træfiberplader, 22 mm (Agepan). Træfiberpladerne fungerer som vindstop og fast underlag for montering af tagrør og lerplader. Tækkerørene blev til udstillingen 'kun' påført ca. 20 mm moræneler udefra, hvor imprægneringen i brandforsøgene var moræneleret påført ind mellem tækkelagene i et tykkere lag.

7. Konklusioner fra brandtests

Efter den første serie af testafbrændinger af de i alt 16 prøver (heraf to referencer FIRAX og Spånplade (plader uden tækkerør)) var DBI's konklusion klar:

- "Det er tydeligt at de tre imprægneringstyper med ler: sprøjtet moræneler, dyppet lerkløber og dyppet moræneler/ammoniak klart adskiller sig fra resten af feltet. De har sammenlignelige brandtekniske egenskaber med det udvalgte klasse B referencemateriale." ¹⁴



FIGUR 7. 'Før og efter' af de 14 Mini-SBI brandtest med imprægnerede lodret tækkede flader. Foto: Anne Beim.

Fase to i DBI's brandtests bestod af tre fuldskala tækkede eksempler på facadeløsninger med dimensionerne: 1,2 x 2,4 m. Én var, som i den første Mini-SBI test, tækket med glat overflade og ikke imprægneret (baseline), en med tækket glat overflade påsprøjtet ler og en sidste med påsprøjtet ler, der også havde indbygget plader af ler mellem lagene af strå.

¹⁴ DBI-rapport: "Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling". 23.03.2021, vers. 1, side 12



FIGUR 8. Fuldskala testemne med påsprøjtet ler, der også havde indbygget plader af ler mellem lagene af strå. Før, under brandprøvning og efter 30 min. Foto Anne Beim.

Brandtesten forløb forbløffende godt, trods udfordringer undervejs med en monteringsrig (brandtest 2/ tækket glat overflade påsprøjtet ler), der ikke var brandisoleret i mellemrummet mellem emnet og brændkammerets bagside. Derfor blev testemnet også utilsigtet påvirket/brændt bagfra. Trods dette konkluderer DBI at:

- "... imprægnering med ler har vist sig effektivt som middel til at reducere brandspredning i lodrette tækkede konstruktioner [...] På baggrund af observationer fra udførte test, vurderes der at imprægnering med ler er en reel gangbar metode, der bør undersøges og testes i fuld skala." ¹⁵



FIGUR 9. Forkullede tagrør bundet i lerjordens brændte keramiske form – fund af rester efter brandtest. Foto Anne Beim.

¹⁵ DBI-rapport: "Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling". 23.03.2021, vers. 2, side 30

8. Erhvervsmæssige perspektiver

Det har hele tiden været hensigten, at de konstruktionsløsninger, der bliver udviklet og testet i dette projekt, er udgangspunkt for at kunne skaleres op til et industrielt niveau. Det er endnu for tidligt at afgøre, om det vil være muligt f.eks. at fremstille tækkede kassetter i stil med de elementer af træ, en virksomhed som ScandiByg A/S leverer: industrialiseret bæredygtigt modulbyggeri. Sådanne elementer ville uden tvivl kunne eksporteres og være anvendelige i bl.a. større offentlige byggerier, som der er en del eksempler på i Holland: Plejehjem, et bibliotek og sågar et kommunecenter, et rådhus med udvidede servicefunktioner, 6.000 etagekvadratmeter med tækkede facader.

Ud over CO₂-reduktionen ville der være arbejdspladser i at færdigudvikle en klimavenlig brandsikring med ler i tækkede facader og efterfølgende – om muligt - udvikle et koncept for brandsikre, tækkede facadeelementer, udført i kassetter til montering på facader af vidt forskellig karakter.

Som del af projektet er gennemført en mindre interessentundersøgelse for at få klarlagt byggebranchens aktører kan se et marked for og en anvendelse af tækkede facader og ler som brandhæmmer. Undersøgelsen, baseret på spørgeskemaer, fremhæver blandt andet:

"Generelt anser interessenterne det sandsynligt, at der kan skabes et marked for tækkede facader, hvor drivkraft for udviklingen primært tilskrives materialets æstetiske udtryk og muligheder samt en stigende samfundsmæssig bevidsthed om biogene materials bæredygtighed og signalværdi."

Undersøgelsen peger overordnet på, at interessenterne efterspørger viden og oplysning om brand, vedligehold, viden om vejrlig og fugt påvirkning i relation til tækkede facader. Dette indikerer, at der er *"et behov for gennemtestede og veldokumenterede løsninger for brandhæmning af tækkede facader..."* Læs mere om interessentundersøgelsen i rapportens Bilag 4.

Anvendelse af projektsresultater

De nye tækkeløsninger med ler som brandsikring er udviklet i tæt samarbejde med centrale virksomheder indenfor feltet, DBI og Tækkelaugets branchekontor, da det er vigtigt at løsninger passer ind i etablerede arbejdsgange og produktionsmetoder i byggeriet. Fokus er derfor på, at de nye byggetekniske løsninger er nemme at udføre, kan skaleres og evt. anvendes i byggeriet med det samme.

De største udfordringer på vejen til markedet i både Danmark og udlandet vil være at få udviklet standardiserede byggetekniske løsninger, der imødekommer byggelovgivning – og brandkrav i de forskellige EU-lande. På sigt vil der derfor være fokus på, at få konstruktionsløsningerne afprøvet på det danske marked, og dernæst på fx. det Hollandske marked, hvor der allerede findes en stærk tradition for tækkede løsninger i byggeriet.

Projektet kan også få betydning for anvisning af brandsikring til fredede bygninger. Her har Slots- og Kulturstyrelsen vist interesse for projektet ift. deres aktuelle arbejde med opdatering af metoder og vejledninger til brandsikring af fredede bygninger, hvor der indgår eksempelsamlinger.

Endelig er det hensigten at projektets resultater skal inspirere frontløberne blandt danske arkitekter, brand- rådgivere, bygherrer, udførende og byggeproducenter i udviklingen af biogene løsninger og byggeprodukter med biogen brandsikring (ler).

Isbrydereffekt

Der er PT ikke nogen konkurrence eller markedsdrivende innovation i dansk byggeri, som er orienteret mod det 'grønne/økologiske marked'. Således kan projektet have en isbrydereffekt, idet løsningerne tænkes på tværs af materialer og fremstillingsvirksomheder i byggeriet, hvor nye produktideer og samarbejder kan opstå. Udtagning af patenter er vanskelige at forudsæ på nuværende tidspunkt, idet de tænkte konstruktionsløsninger er i en præ-fase. De færdigudviklede konstruktionsløsninger med biobaseret brandsikring vil tilføre både en miljømæssig merværdi til byggesektoren, samt skabe en grøn fortælling, der kan bruges til at skabe omtale og fokus på byggeriets miljøforbedrende potentialer i DK og internationalt.

Tækkebranchen og økologiske byggeproducenter i Danmark dækker kun en lille del af markedet, men der er voksende efterspørgsel blandt bygherre og bygningskøbere.⁸ Således er der potentielt mulighed for at skabe flere og nye arbejdspladser inden for dette område. Desuden, har denne del af byggebranchen ikke selv økonomiske ressourcer til at udvikle nye teknologiske løsninger og produkter. Derfor er det vigtigt, at der kommer fokus på potentialerne fra større virksomheder og fonde mfl. for at understøtte en grøn omstilling af byggeriet.

Risikovurdering

Projektet afhænger af, at konstruktionsløsningerne er effektive hvad angår bygbarhed (at de kan opføres enkelt og hurtigt), leverer et solidt datagrundlag (performer godt i de kvantitative brandtest), og leverer anselig reduktion af CO₂ aftryk, så resultaterne kan skabe grundlag for videreudvikling af nye industrialiserede stråttækkede facadeløsninger med biobaseret brandsikring. Det er ambitionen at en eller flere af løsningerne, kan udvikles til erstatning for konventionelle løsninger (membraner og kemiske imprægneringsmetoder), men samtidig kan leve op til de gældende brandsikringsregler. Her er gældende brandlovgivning og -regulering en væsentlig barriere.

Projektet anses for at være startskuddet til en udvikling af industrialiserede tækkeløsninger med biobaseret brandsikring, hvor den etablerede viden og testresultaterne kan bruges som base for udviklingen. Udfordringerne ved et standardiseret og teknisk godkendt byggeprodukt er, at det ikke kun skal leve op til danske brandkrav, men også de forskellige EU landes standarder og krav, i det omfang man gerne vil eksportere sin løsning.

Det vil være nødvendigt at der etableres nye samarbejde med relevante virksomheder, der har kapaciteten til at udvikle prototyper, producere og afprøve produktet i en større skala.

9. Videnspredning og international interesse

Projektet har i den videre udvikling fra de små brandtest til større reelle bygningskonstruktioner mødt stor interesse nationalt og internationalt.

Projektets resultater fra de to serier brandtests og en førsteudgave af en større tækket bygningskonstruktion med ler som brandhæmmer, er indledningsvis udstillet på den censurerede udstilling: *"70% Less CO₂ - Conversion to a viable age"* - Det Kongelige Akademi i København (07.10.2021 - 18.03.2022)

Der er også vist interesse fra Slots- og Kulturstyrelsen (2021/2022) i forhold til deres aktuelle arbejde med udvikling af metoder og vejledning til brandsikring af fredede bygninger. Her indgår en række eksempelsamlinger med løsninger på typiske brandtekniske problemstillinger. Arbejdet er endnu ikke afsluttet.

Projektet blev i april 2022 udvalgt og nomineret af en international jury, til at deltage i *Trienal de Architecture de Lisboa, TERRA*, Portugal – for herefter at blive udstillet på deludstillingen; CYCLES, på Garagem Sul Architecture Exhibitions, CCB, Lissabon. (29.09.2022 – 12.02.2023)

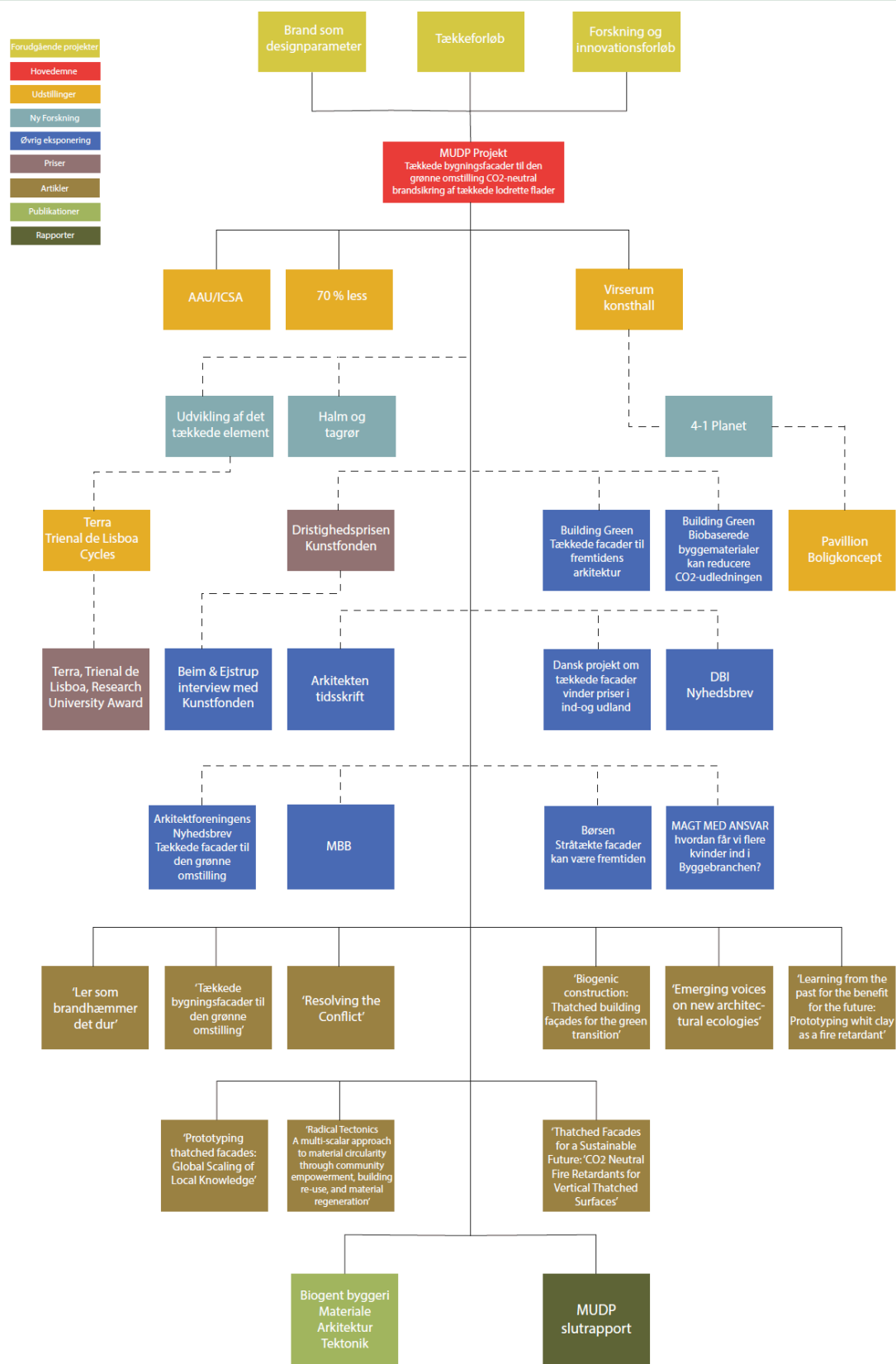
Projektet i form af en ny videreudviklet præfabrikeret udgave af den forrige bygningskonstruktion, vandt som led i dette den eneste pris uddelt til universitetsforskning: *Research Category – TERRA – WINNER*.

Projektet er også blevet nomineret og udvalgt af en international jury til at blive udstillet på arkitektudstillingen: *"Architecture of Necessity"* på Virserum Konsthall i Sverige (juli, 2022)

I oktober 2022, modtog projektet *Dristighedsprisen* fra Statens Kunstfond. En pris der ikke kan ansøges, men som tildeles på følgende grundlag. Prisen anerkender arkitekter og projekter, som med fagligt mod og engagement tør gå forrest i udviklingen af arkitekturscenen i Danmark. Med prisen følger 50.000 kr.

Derudover er projektet blevet præsenteret på forskellige videnskabelige konferencer i Europa og videnskabelige artikler er blevet udgivet og peer-review'et ifølge internationale standarder.

Senest er ideerne bag projektet blevet ført videre i et konkurrenceforslag i samarbejde med Rønnow, Leth & Gori, under initiativet: *"Fra 4til1 Planet"* søsat af Realdania og Villumfonden. Konkurrenceforslaget er blevet udvalgt som én af tre (i alt 71 forslag), til at blive opført i form af en mindre pavillon. Pavillonerne skal udstilles i anledning af den internationale arkitektur-kongres i juli 2023.



FIGUR 10. Oversigt over formidlingsaktiviteter.

TABEL 1. Udgivelser afledt af projektet.

	TITEL	NOTE
1	Beim, Anne. 'Ler Som Brandhæmmer - Det Dur'. TÆK 2 (8 August 2021): 20–21	Artikel fagblad
2	Beim, Anne, Julie Zepernick Jensen, Pelle Munch-Petersen, Henriette Ejstrup, Thorbjørn Lønberg Petersen, Lykke Østerby Arnfred & Kenneth Hviid Larsen. 'Tækkede Bygningsfacader til den Grønne Omstilling: CO ₂ -Neutral Brandsikring af Lodret Tækkede Flader – et MUDP-Projekt'. "Exhibition 70%-Less CO ₂ – Conversion to a viable age", The Royal Danish Academy, 2021.	Udstillingsfolder
3	Ejstrup, Henriette & Anne Beim. 'PROTOTYPING WITH CLAY AS A FIRE RETARDANT'. In: International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies NOCMAT 2022, 2022.	Paper – conference (with- drawn)
4	Arnfred, Lykke & Julie Zepernick Jensen. 'Thatched Facades for a Sustainable Future: CO ₂ Neutral Fire Retardants for Vertical Thatched Surfaces'. At <i>Structures and Architecture: A Viable Urban Perspective? (ICSA 2022)</i> , Aalborg, Denmark, July 6-8, 2022.	Poster
5	Ejstrup, Henriette & Anne Beim. 'Thatched Facades for a Sustainable Future: 'CO ₂ Neutral Fire Retardants for Vertical Thatched Surfaces'. In <i>Structures and Architecture: A Viable Urban Perspective? Proceedings of the Fifth International Conference on Structures and Architecture (ICSA 2022)</i> , Aalborg, Denmark, July 6-8, 2022, edited by Marie Frier Hvejsel and Paulo J. S. Cruz. Boca Raton: CRC Press, 2022.	Paper/ critical re- flection - Conference
6	Petersen, L. Thorbjørn; Anne Beim, Henriette Ejstrup; Pelle Munch-Petersen. 'Resolving the Conflict'. At: The International Conference: Constructive Disobedience, Braunschweig, Germany, sept. 2022	Article for conference
7	Beim, Anne; Henriette Ejstrup, Anders Dragsted, Jørgen Kaarup, Kenneth H. Larsen, Lasse Koefoed Nielsen, Lykke Arnfred, Mads K. Hohlmann, Pelle Munch-Petersen, Robert Firkic, Ruud Conijn, Sven Jonsen, Thomas Gerner & Thorbjørn L. Petersen. 'Biogenic construction: Thatched building façades for the green transition'. In: <i>Emerging voices on new architectural ecologies</i> . Circodeideas, Portugal, 2022. https://drive.google.com/file/d/19jyo16p7luTHWGr2dlzS1fbD2g0sj_vQ/view	Article – Online- book
8	Beim, Anne by CINARK – Center for Industrialized Architecture, The Royal Danish Academy. 'Biogenic construction: Thatched building façades for the green transition'. In: <i>Cycles: The Architects who never threw anything away</i> . Circodeideas, Portugal, 2022.	Exhibition Catalogue
9	Arnfred, Lykke & Anne Beim. 'Thatched Facades for a Sustainable Future: CO ₂ Neutral Fire Retardants for Vertical Thatched Surfaces'. At: The Triennial Architecture of Necessity, Virserum Konsthall, 2022. https://www.virserumkonsthall.com/architecture-of-necessity/	Poster
10	Ejstrup, H. & Anne Beim. 'LEARNING FROM THE PAST FOR THE BENEFIT OF THE FUTURE: PROTOTYPING WITH CLAY AS A FIRE RETARDANT'. In: <i>TAD - Technology, Architecture and Design</i> . 2023	Article – Journal (pending)
11	Ejstrup, Henriette & Anne Beim. 'PROTOTYPING THATCHED FACADES: Global Scaling of Local Knowledge'. UIA 2023 World Congress of Architects in Copenhagen, July 2-6, 2023	Paper – conference (pending)
12	Trubiano, Franca, Anne Beim & Urs Meister, (2022) "Radical Tectonics – a multiscalar approach to material circularity through community empowerment, building re-use, and material regeneration". In: <i>Architecture, Structures and Construction</i> , Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/s44150-022-00075-4	Scientific Article (chapter)

ØVRIG EKSPONERING

- Building Green, Biobaserede Byggematerialer, Anne Beim & Anders Dragsted, '[Tækkede facader til fremtidens arkitektur](#)', 24-25 August 2022.
- Building Green. Anders Dragsted: '[Biobaserede byggematerialer kan reducere CO₂-udledningen](#)'. *Building Green Together* (blog), 2 June 2022.
- "[Dansk projekt om tækkede facader vinder priser i ind-og udland](#)", 06.10.2022.
- [DBI](#).
- Kunstfonden, '[Beim & Ejstrup – interview med Kunstfonden](#)',
- Arkitekten, 08.09.22, No.7, "Prototyper", s. 116.
- Udstillingen ved det Kongelige Akademi – fungerede som baggrundstæppe for en debat om '[MAGT MED ANSVAR – hvordan får vi flere kvinder ind i Byggebranchen?](#)', Forening for byggeriets samfundsansvar, 24. mar. 2022
- [MBB](#)
- Børsen, "Stråtækte facader kan være fremtiden", notits fredag den 25. nov. 2022
- Arkitektforeningens Nyhedsbrev – "Tækkede facader til den grønne omstilling", 14.dec. 2022
- Straatagets Kontor, 2023, "Nutidens stråtag – klimavinder", 56 sider, (inkl. artikel om nærværende MUDP-projekt)

PRISER

- [Terra, Trienal de Lisboa, Research University Award, sept. 2022.](#)
- [Kunstfonden, Dristighedsprisen, okt. 2022.](#)

Bilag 1. Stråtagets historie og udvikling med fokus på brandrisiko

Dette bilag udgør en indflyvning og gennemgang af stråtagets historie og den udvikling som knytter sig til det at tække i nutidigt byggeri med særligt fokus på brandrisiko. Emnefeltet beskrives ud fra et brancheperspektiv i det følgende af Jørgen Kaarup, Direktør/Journalist v. Stråtagets Kontor.

På sin 5.000 år lange rejse har det danske stråtag bevæget sig fra at være det suverænt mest udbredte tag til næsten at udgå som tagtype på grund af brandfaren. Brandsikring og klimavenlighed har de seneste år bragt stråtaget tilbage som en bæredygtig tagløsning, der nu igen bruges i nybyggeri. Lykkes det at få strå og ler til at spille sammen som en brandsikring udført af naturens egne materialer, er strå som tag og på facader det suverænt bedste bud på et miljøvenligt og CO₂ positivt tag.

Det var, ifølge arkæologerne, i Bondestenalderen, at vores forfædre begyndte at lægge de høje græsser, der voksede langs bopladserne ved fjorde og søer, op på tagene. Tagrør hedder disse græsser, *phragmites australis*. En plante, der i løbet af sin korte vækstsæson på 5 – 6 måneder omsætter både luftens CO₂ til ilt og bruger af vandets kvælstof. Det er tagrørets stofomsætning, der gør stråtaget til klimavinder. Tagrørs evne til at optage næringsstoffer fra vand og luft er formidabel, bl.a. fordi de vokser hurtigt og på få måneder bliver op imod 200-250 cm høje.

Klimavinderen

Stråtaget er det mest klimavenlige tag, der findes i Danmark, har Teknologisk Institut dokumenteret i en livscyklusanalyse i samarbejde med bl.a. Aarhus Universitet. Efterfølgende har tækkebranchen fået en EPD, en miljøvaredeklaration, som yderligere dokumentation, og livscyklusanalyser fra Holland viser det samme.¹

En sammenlignende livscyklusanalyse konkluderer:

*"I en livscyklusvurdering, som Tegnesteuen Vandkunsten har udført i sommeren 2020, ses det tydeligt, at stråtaget er det klart mest miljøvenlige tag blandt de undersøgte konstruktioner. Samtidig viser vores analyse at tage udgør en relevant andel af husets samlede miljøpåvirkning. Det betyder, at stråtaget er et godt bud på et tag, når det gælder om at optimere huse i forhold til ressourceforbrug og miljøpåvirkninger."*²

Danmarks ekspert i tagrørs stofomsætning, professor Hans Brix fra Biologisk Institut på Aarhus Universitet sammenfatter tagrørs positive miljøprofil sådan:

"Tagrør er en af Danmarks mest produktive planter og producerer mere plantebiomasse (ca. 20 tons pr. hektar) end en velgødet hvedemark. Planterne optager via deres fotosyntese store

mængder kuldioxid fra luften. CO₂ bindes i plantebiomassen og ophobes i jorden som tørv eller muld, når de overjordiske plantedele visner. På denne måde modvirker tagrør det stigende kuldioxid niveau i luften og dermed også drivhuseffekt og klimaforandringer.”

Professor Hans Brix fortsætter følgende:

”Den hurtige vækst kræver også store mængder af næringssalte. Planterne optager store mængder kvælstof og fosfor fra jorden og indbygger dem i plantebiomassen. Herved fjernes næringssaltene fra det drænvand, der siver ud af jorden. Dermed bliver de negative effekter af næringssaltene i vandløb og søer mindre”.³

Tilbage til stenalderen

Tilbage til stråtagets oprindelse i Bondestenalderen. Der er selvsagt ikke rester af tagene at holde sig til, men vi ved fra fund af køkkenmøddinger og flinteredskaber, at de danske stenaldermennesker hovedsagelig boede langs fjorde og søer, hvor der vokser masser af tagrør.



Figur 1. Et stenalderhus, formentlig fra omkring 3.300 f.Kr., er rekonstrueret på det statsanerkendte kulturhistoriske specialmuseum, Frilandsmuseet Hjerl Hede.

Foto: Jøren Kaarup.

Se figur 1 her tækker frivillige fra Frilandsmuseet Hjerl Hede museets hus fra stenalderen. Stenalderhuset er en rekonstruktion fra fund af resterne af et sådant hus, dateret 3.300 år f.Kr. Rekonstruktionen på Hjerl Hede baserer sig på udgravninger af en af de ældst kendte landsbyer i Danmark ved Barkær på Djursland. Arkæologerne fandt der rester fra tagkonstruktionen og kunne fastslå, at den var stejl og mest sandsynligt var med stråtag.

Igennem flere årtusinder var stråtaget det absolut altdominerende, som lå på næsten alle huse på landet, i landsbyer og endda på de fleste huse i både købstæder og København. Danmark var et landbrugsland, folk boede spredt i hele landet, og f.eks. gennem hele 1700-tallet levede

80 procent af befolkningen i spredt bebyggelse på landet. Kun 10 procent boede dengang i de 67 købstæder, hvis økonomi stod og faldt med, hvad landbruget i byens opland havde at sælge og købe.⁴

Halm på tagene

Helt frem til midten af 1800-tallet boede de fleste altså på landet og var beskæftigede med landbrug. Det var derfor lettest og billigst at dyrke materialet til sit tag selv. Stråtagene i mid-delalderen var hovedsagelig udført af halm, typisk rughalm. Tagmaterialet blev kaldt langhalm og var det mest anvendte, i nogen udstrækning også i byerne.

Bogen "Bøndergårde i Danmark" rummer et kolossalt stort studium af materialer til de mange gårde, der skulle bygges efter stavnsbåndets ophævelse i 1788. Næsten alle materialelister i bogen nævner langhalm, ikke tagrør. Bogen baserer sig på bl.a. amtmændenes indberetninger, og selv fra de daværende Lundenæs og Bøvling amter, som ligger tæt på Ringkøbing og Nissum Fjorde med store tagrørsbevoksninger, skriver amtmændene:

*"Tæckningen i almindelighed er Rughalm, men naar denne mangler, så anden Halm, og begge deele blandes med Lyng, lau-viis; for resten bruges og Rør, når Bonden har dem på sin Ejendom"*⁵

Brandfaren

Halm antændes noget lettere end det materiale, der i dag bruges til stråtag i Danmark, tagrør, der var ingen form for brandsikring, og datidens brandslukning foregik manuelt med håndpumper, lige som vand ofte skulle køres ud i tanke med hestevogn. Alt i alt var det en katastrofe, hvis der gik ild i et hus – ikke mindst, hvis det skete i en købstad.

Voldsomme brande, mest kendt er Københavns brande, hærgede mange byer. Loftsrummene, også i byhuse, blev anvendt til opbevaring af brændbare materialer, husene var ofte lavet af træ og både opvarmning og madlavning skete ved at fyre med brænde. Derfor skulle der ikke mange gnister eller en skorstensbrand til, før et tag var antændt – og så gik det rigtig stærkt med stor risiko for, at en brand bredte sig til nabobygninger.

Ud af byerne

Fra begyndelsen af 1500-tallet blev der udstedt kongelige forordninger med forbud mod stråtage i købstæder. Men skønt forbuddet blev gentaget under næsten hver eneste konge, kunne det i vid udstrækning ikke håndhæves. De sidste stråtage i købstæderne (med få undtagelser) forsvandt derfor først i løbet af 1800-tallet.⁶

Der er dokumentation for, at de fleste huse i København var bygget af træ og havde stråtag, og at man allerede i 1400-tallet forsøgte at få dem erstattet med stenhuse med teglsten.

*"Træhuse var almindelige, og Tagene for største Delen af Straa eller Rør. Ganske vist var der i 1280 givet Borgerne Lov til at skære Kalksten paa Saltholm; men alligevel havde Byen omkring 1380 kun ganske faa Stenhuse og Stenboder, næsten alle grupperet omkring Gammeltorv."*⁷

Der står videre i Københavns Brandvæsens historie:

"Fra 1433 blev det gjort til en Betingelse for dem, der byggede paa de gejstlige Stiftseisers Grunde, at de skulde lægge Tag af Teglsten; undertiden blev det udtrykkeligt forlangt, at Taget skulde være „med Sten og ej med Straa“.

Utætte tegltage

Som oftest blev stråtagene i købstæderne erstattet med tegltage, men de var heller ikke ideelle, fordi de tit var utætte og uden undertag, hvorefter tagkonstruktionens lægter og spær rådnede – og huset var i det hele taget fugtigt pga. det utætte tag. Så, selv om det...

"... end også i København undertiden var umuligt at skaffe Tagsten, kan man dog ikke undre sig over »den hårdnakkede og aldrig trættede Modstand«, Beboerne rundt om i Landet satte mod Kongernes Forordninger, der sigtede til at få Stråtagene afskaffede; thi det 16de Århundredes Tegltage må have lidt af væsentlige Mangler." ⁸

Fra Fåborg berettes der om tre store brande, som ruinerede borgerne, idet vi er i en tid før der fandtes forsikringselskaber. Derfor var det en ond spiral, at når først huset var brændt ned, så var der ikke råd til at bygge et nyt af dyrere materialer som sten og tegltag.

"De tre store Ildebrande, her har vaaren 1672, 1715 og 1728, borttog heele Byens Gaarder og Huuse saa nær som trende, hvilcke Brande har ruineret de fleeste af Indvohnerne, som dog har stæbet siiden af ald Magt at faa Stæderne igien opbygte." ⁹

Beretningen er fra 1747 og fortsætter med at fortælle, at også i Odense er folk fattige og har ikke råd til at erstatte stråtag med tegltag. Desuden, fortæller kilden, holder korn og foder sig bedre under stråtag – og bygningerne ville styrke sammen under vægten af tegltag. Samlet argumenteres der for at bevare stråtagene i Odense.⁹ Sådan bølgede det frem og tilbage, alt imens Danmark blev hærget af krige, pest, kolera og andre epidemier – og af fattigdom. Derfor gik der flere århundreder, før de mange forbud blev realiseret. F.eks. lød det fra Grenaa i 1806:

"Så længe Bygningsejere i Købstaden ere berettiget til – i Overensstemmelse med Reskriptet af 1799 – at reparere gamle Bygninger, som ikke kunne bære Sten, med Straaetag, vil Straaetagenes Afskaffelse neppe være gjørligt". ¹⁰

Alle købstæder var nogle år forinden – i 1761 – blevet beordret til at anskaffe brandslukningsmateriel, udpege en brandinspektør og ansætte brandmandskab, lige som der skulle foretages regelmæssig skorstensfejrning.

Slut med stråtag

Det var stadig ikke nok til at forebygge og hindre den overhængende brandfare i det stråtækte byer, så endelig blev der sat trumf på:

"I 1832 fastslog en ny brandforordning, at alle stråtage i købstæderne skulle fjernes inden for de næste 10 år."

Det blev samtidig begyndelsen til, bygningsmyndigheder skulle godkende nyopførelser, og at vurdering af brandrisiko var en vigtig del af at skulle give en tilladelse. Et afgørende skridt for total afskaffelse af stråtage i byerne var hermed taget.¹¹ Det så ud til at stråtagene nu for alvor forsvandt fra købstæderne, for i 1854 skriver en kilde:

"Det er ikke mange Aar siden, at man i saadanne Købsteder ikke saa stort Andet end Straaetag; nu ere alle Huse teglhangte ifølge en kongelig Forordning, der ofte haardt ramte de stakels, fattige Boergere." ¹²

Pandeplader afløser stråtag

I mellemtiden var tage af plader så småt begyndte at dukke op. I 1829 blev det første patent på bølgeplader af valsede jernplader, "bølgeblik" anmeldt. Sammenfaldende med, at stråtagene blev forladt i købstæderne, begyndte en omsiggribende ændring af tagene i landområderne; fra strå til metal og senere eternit. Pandepladerne kom først og dernæst "bølgeblikplader". Begge var tynde, galvaniserede jernplader.

De bredte sig meget hurtigt fra midten af 1800-tallet, fordi de var lette og samtidig de billigste tagmaterialer. De kunne umiddelbart lægges på samme tagkonstruktion som stråtagene og jævnligt så man faktisk, at pladerne blev lagt oven på det slidte og utætte stråtag, både for at spare arbejde med at tage det gamle tag ned og fordi selv et tyndt stråtag isolerer noget bedre end de ultratynde metalplader. De første pandeplader kom fra Tyskland, og i Sønderjylland vandt pandepladerne først indpas på de forholdsvis lave (20-30 grader) trempeltage, der skød op efter 1864, hvor taghældningen var for lav til både tegltage og bølgeblik. Men kort efter, i 1870-erne, blev især trempelladerne, med de karakteristiske overetager af rødmaledede brædder, over en muret og hvidkalket underetage, uhyre populære over hele Danmark.

Herfra bredte pandepladerne sig til de øvrige udlænger på de danske gårde, hvor de afløste stråtagene på disses noget stejlere tage med ca. 50 graders hældninger. Pandepladerne vejer ikke mere end stråtaget, så der var ikke behov for ændring af spær eller tagværk. På gårdenes stuehuse var pandepladerne for 'billige', så her foretrak man tegl- eller skifertage. Men længer, lader, skure og udhuse blev i stor udstrækning forsynet med tage af pandeplader og, i mindre omfang, bølgeblik.¹³

Aalborg Portland – Eternit tagplader

Portland Cement blev patenteret og navngivet i England i 1824, opkaldt efter de hvide Portland-klipper ved indsejlingen til London. Med dette mineralske bindemiddel kunne man fremstille beton, mørtel og puds, terrazzogulve, isoleringsmaterialet 'Leca-nødder' og tagmaterialet "Eternit".

I 1860'erne blev en række cementfabrikker etableret i Danmark, hvor der benyttes kalksten fra den danske undergrund, blandet med en lokal lerjord og brændt ved 1400 grader. I 1889 købte den danske ingeniør Frederik Læssøe Smidth det engelske patent og etablerede firmaet F. L. Smidth. F. L. Smidth etablerede sammen med to partnere Aalborg Portland, som ligger ud til Limfjorden ved Aalborg. Her er der gode forekomster af kalksten og ler i jorden, og her kunne etableres en udskibningshavn. F. L. Smidth bliver førende i verden indenfor cementproduktion og etablering af cementfabrikker verden over. I 1890 opfandt østrigeren Ludwig Hatschek materialet 'asbest-cement' også kaldt "fiberbeton", der kan støbes ud i tynde og stærke plader. I 1901 tog han patent på sit produkt og kaldte det eternit efter det latinske ord for "evighed" = Aeternitas. Et materiale, der holder 'evigt'.

I 1927 etablerede en af ejerne af Aalborg Portland, Poul Larsen, en eternitfabrik i Danmark: Dansk Eternitfabrik. Her fremstilledes den kendte 'bølgeeternit', men også eternitskifer, plane eternitplader m.m. Produktionen var så stor en succes, at man anslår, at der ligger eternittage på over 1 mio. bygninger i Danmark, svarende til 1/3 af alle bygninger.

Allerede i midten af 1950'erne blev asbestfibre fra bl.a. fremstillingen og håndteringen af eternitplader dokumenteret som årsag til den dødelige lungehindekræft. I 1984 blev salget af asbestholdige materialer forbudt i Danmark.¹³

Stråtag på museum

Over for de billigere, tilsyneladende mere holdbare og mindre brandfarlige tagplader af forskellig art måtte stråtaget vige. Det gik meget hurtigt tilbage for stråtagene, som også havde fået tilnavnet "fattigmandstaget", idet det både i byer, landsbyer og på landet var de fattigste, der lod stråtagene ligge, fordi de ikke havde råd til at skifte det ud. På større gårde var det allerede i 1800-tallet blevet et tegn på velstand, hvis ejeren havde råd til at skifte til tegltag, som i århundreder havde været karakteristisk for de rigeste på landet, godsejernes tage.

Der er få historiske kilder, der beskæftiger sig konkret med stråtagenes afvikling, men i bogen "Højt på Straa" citeres tækkemand Kristoffer Nissen Madsen i 1947 for følgende bemærkning:

"Jeg hører til de sidste rigtige Tækkemænd, dermed mener jeg, at jeg kunde tjene Føden udelukkende ved Tækning. De nye Ejendomme bliver ikke tækkede med Tag eller Rør, og på mange gamle Ejendomme bliver Taget ombyttet med Tegltag eller Bølgeblik".

I samme bog, siger tækkemand Peder Hansen:

*"Bygninger tækket med Tag (gammelt udtryk materialet til stråtag. red.) vil forsvinde af sig selv, da der ikke bliver bygget nye med Straatag, og mange gamle Bygninger faar også lagt "haardt" Tag på. – Straatag vil blive forbeholdt Sommerhuse og Museer."*¹⁴

Det var i 1940'erne, og det anslås, at der dengang var omkring 280.000 ejendomme med strå på taget tilbage i Danmark. I dag er der knap 54.000 tilbage, og af dem er næsten 10.000 sommerhuse. Stråtaget er gået fra at ligge på formentlig 96-97 procent af alle bygninger i Danmark til i dag 1,1 procent. Faldet i antal ejendomme med strå på taget er bremset voldsomt op, men det falder fortsat, senest fra 2021 til 2022 med 257 ejendomme.

Brandsikring giver nye muligheder

Det er indiskutabelt, at en væsentlig del af stråtagenes voldsomme tilbagegang skyldes brandfaren. Risikoen var meget reel og samtidig høj i tiden før brandsikring: Et ikke-brandsikret stråtag er overtændt i løbet af omkring 10 - 15 minutter og brænder næsten altid fuldstændig ud, uanset om brandvæsenet når frem eller ej.

Siden 1950'erne er der imidlertid arbejdet med sikring af stråtage imod brand, og siden 1990'erne har brandsikringen vist sin effektivitet.¹⁵ Effektiviteten er både bevist ved forsøg og i praksis ved flere brande i brandsikrede, stråtækte bygninger, hvor skaden var begrænset, fordi brandvæsenet nåede frem i tide, mens branden – pga. brandsikring – kun var en glødebrand. Således skriver DBI i 2013:

"Gennem de seneste 30 år er der indført flere nye metoder, når man bygger huse med stråtage, og det er på tide at gøre op med gamle myter, at et stråtag betyder en betydelig større risiko for brand og brandspredning end traditionelle huse med tag af eternit, tegl eller lignende tagbelægning. Tækkebranchen i Danmark har selv været i front mht. at udvikle nye metoder, hvorfor risikoen har ændret sig."

Og

*"Gennem årene er der indsamlet mange positive erfaringer med brandsikrede stråtage. Erfaringerne viser, at hvis et stråtag begynder at brænde, da vil branden i stråtaget ikke udvikle sig kraftigt."*¹⁶

Strå i nutidigt byggeri

Derfor står taget med den årtusindelange historie nu over for helt nye muligheder. Stråtaget vurderes til at være det mest klimavenlige af alle tage. Hvis den nuværende mest anvendte brandsikringsmetode med glasfibervæv kombineret med mineraluld, kan erstattes af en metode med ler – og hvis der blev anvendt flere danske tagrør frem for importerede – så ville stråtaget og tækkede facader kunne opnå at være yderligere mere bæredygtige. Det ville formentlig betyde en højere anvendelse i nutidens bæredygtige byggeri.

I Holland tækkes der årligt omkring 2.500 3.000 nye bygninger af vidt forskellig art med strå på tag og meget hyppigt også på facader. Sådan har det været, siden hollænderne i slutningen af 1990'erne fik strå reintroduceret som et nutidigt, brandsikkert og uhyre formbart byggemateriale. I løbet af fem år blev antallet af tækkede kvadratmeter fordoblet i Holland.

Enestående hollandsk succes

Den hollandske succes med at bruge strå på facader, altså lodret tækning – er globalt set enestående. Denne nye byggekultur i Nederlandene har sit udgangspunkt i de mange tækkede møller og i mansardtagene, som er udbredte der.

Tækkede facader øger desuden de designmæssige muligheder i nybyggeri samtidig med, at stråene både beskytter ydervæggene og isolerer.

Hollænderne tækker på fast underlag, som regel plader af masonit. Derved nedsætter de brandrisikoen, fordi lufttilstrømningen er kraftigt nedsat og samtidig opnår de den fulde værdi af stråenes isoleringsevne, som svarer til 120 mm mineral- eller træ/papiruld, når der tækkes på fast underlag.

500 nye danske arbejdspladser

Med udgangspunkt i, at der de seneste 20 år er tækket 2.000-2.500¹⁷ nye bygninger i Holland hvert år – uden at salgsargumentet har været hverken bæredygtighed eller klimavenlighed – kan en optimistisk vurdering af strå som byggemateriale i fremtidigt klimavenligt nybyggeri i Danmark se sådan her ud: Holland har tre gange flere indbyggere end Danmark, så det årlige antal nyopførelser kan sættes til 1/3 af 2.500 = 833. Hvis hver bolig har 350 m² strå på facader og tag = 291.667 m² nytækning. Det svarer til lidt under det areal, der tækkes årligt i Danmark. Dermed ville Danmark næsten fordoble det tækkede areal, ganske som hollænderne har gjort det. Dette ville medføre en efterspørgsel på tækkemænd svarende til de 400, der i dag skønnes at arbejde med stråtagene, altså 400 nye arbejdspladser. Hertil kommer arbejdspladser i den branche, der høster og forarbejder tagrør herhjemme. Denne branche er meget lille i dag, fordi langt de fleste tagrør importeres. Omkring halvdelen af tagrørene kommer i dag så langt væk fra som fra Kina.

Hvis vi forestiller os, at der i 2030 tækkes dobbelt så mange kvadratmeter med strå, og at halvdelen af materialerne på det tidspunkt kommer fra Danmark, så ville det medføre behov for 400 nye tækkemænd og give omkring 100 nye arbejdspladser inden for høst, forarbejdning og levering af danske tagrør.

Kilder

¹ [Straatagets kontor, Bæredygtighed](#).

² J. S. Kauschen & M. Granby-Larsen, 'Livscyklusanalyse af stråtag', i: *Naturens eget Tag*, s. 147

³ Fakta om stråtag, 'Derfor gavner tagrør miljøet', s. 10. Udgivet af Straatagets Kontor, oktober, 2018.

⁴ Danmarkshistorien, lex.dk, kapitlet: "Jordens ejere."

⁵ G. Lerche, Bøndergårde i Danmark, Byggeskik på landboreformernes tid, Landbohistorisk Selskab, 1987

⁶ A. Hjorth-Rasmussen: 'Stråtag: En gennemgang af danske tækkemetoder'. Arkitektens Forlag 1966. s. 45-46.

⁷ [Københavns Brandvæsens historie fra 1931](#) v. A. G. Hassø, side 2, udgivet af Københavns Brandforsikring.

⁸ Borgerlige huse særlig Københavns Professor-residentzer 1540-1630, s. 27, Nielsen & Lydiche, 1881.

⁹ [Landarkivar G.L. Wads manuskripter](#), 1747. Topografisk Samling. Afsnit om fynske købstæder 1747

¹⁰ Gr. Begtrup: Beskrivelse over Agerdyrkningens Tilstand i Nørre-Jylland, II del, (Kjhb. 1810) s. 160

¹¹ Dansk Center for Byhistorie, "[Købstædernes administration 1660-1970, om bygnings- og brandkommissioner](#)."

¹² A. E. Meinert, Folkelig Jordbeskrivelse, bind 1, side 207, 1854.

¹³ S. Vadstrup, "Pandeplader: Historie, fremstilling & anvendelse" / "Eternit's Historie: fremstilling & anvendelse".

¹⁴ "Højt på Straa – i det gamle sogn. Små glimt af glemte skæbner og gammel syssel". S.J. Frifelt og T. Tobiassen Kragelund. Gyldendal 1947.

¹⁵ Brandsikring af stråtag, information om bygningsbevaring. Kulturstyrelsen 2012.

¹⁶ [Brandsikring af stråtag](#). DBI-rapport, juni 2013.

¹⁷ [Thatchers](#) (Accessed 16.12.22)

Bilag 2. Delrapport over historiske og nutidige lodret tækkede flader

Dette bilag er en dybdegående forskningsbaseret redegørelse, som beskriver historiske fund ift. lodret tækkede flader, ligesom den beskriver nutidige tendenser i byggeri hvor lodret tækning er anvendt. Arbejdet bag delrapporten og selve delrapporten er udfærdiget af Henriette Ejstrup, Arkitekt, Ph.d., Adjunkt v. CINARK, Institut for Bygningskunst & Teknologi, Det Kongelige Akademi.

0.0	Introduktion
1.0	Litteraturstudie og metodebeskrivelse
2.0	Strå og brand i et historisk perspektiv
3.0	Tækkede facader i den danske bygningskultur
3.1	Stråklædte facader
3.2	Tækkede gavle
3.3	Afviklingen af stråtækte facader
4.0	Nye Danske eksempler
4.1	Lyngballevej 32, 8471 Sabro
4.2	Haslevvej 79, 4100 Ringsted
4.3	Okholmvej 5, 6760 Ribe
4.4	Fuglemosen 19, 8420 Knebel
4.5	Ørnevej 24 B, 8300 Odder
5.0	Facadetækning og brandhæmning i Nordeuropa
5.1	Hollandske møller i Danmark
5.2	Stråtækning i den hollandsk bygningskultur
5.3	Nye hollandske eksempler
6.0	Analyse
6.1	Kulturelt potentiale
6.2	Aftryk
6.3	Bygbarhed
7.0	Opsummering
8.0	Bilag
8.1	SLR-metode beskrivelse
8.2	Litteraturliste
8.3	Byggetilladelse Ørby
9.0	Referencer

0.0 Introduktion

Denne rapport er en del af det MUDP-støttede projekt: *"Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling: CO₂-neutral brandsikring af tækkede lodrette flader"*, som har fundet sted fra maj 2020 til februar 2023. Rapporten er en baggrundsundersøgelse for projektet og har til formål at gøre rede for eksisterende viden, så der kan peges på potentialer og barrierer for lodret tækkede facader. Rapporten består af flere studier:

- Et litteraturstudie af eksisterende forskning om (lodrette) tækkede facader og brand.
- En redegørelse for traditionen for tækkede facader i en dansk historisk bygningskultur, herunder om der i den historiske bygningskultur er kendskab til brandhæmmende materialer.
- Analyse af danske nybyggerier, som har anvendt lodret tækning.

- Et blik på Nordeuropas forhold til facadetækning i historisk og moderne kontekst med særlig fokus på Holland.

Ordet *tække* har sin oprindelse i tæppe eller dække og er historisk set blevet brugt om tagbeklædning generelt (N. A. Nielsen, 2008). Dvs. at man har snakket om, hvorvidt et tag var tækket med eks. strå, tegl, tørv, eller spån. I dag er den almene opfattelse, at et tag, der er tækket betyder, at det er beklædt med strå eller rør. I denne rapport bruges ordet *tække* fortrinsvis om strå/rør, mens andre former for tag- og væg materialer omtales som beklædning.

Den historiske baggrundsviden i kapitel 1-3 er baseret på historiske kilder så som etnografiske optegnelser fra det nittende og tyvende århundrede, videnskabelige granskninger af den historiske bygningskultur og genstande, bygningsopmålinger og bygningsregistreringer fra museer og arkitekter. Centrale kilder har her været Frilandsmuseet i Lyngbys opmålingstegninger og bygningsbeskrivelser samt etnografiske beskrivelser gjort af historiker Troels Troels-Lund (1840-1921), mag. art og dr. Agro. Grith Lerche (1941) og folkemindesamler Evald Tang Kristensen (1843-1929). Derudover er megen information fremkommet ved opsamling af procedural viden og anekdotiske fortællinger fra bl.a. tækkere og restaureringsarkitekter.

Gennemgangen af de nye danske eksempler på lodret tækkede facader i kapitel 4 er undersøgt via kommunernes online byggesagsarkiver. Eksemplerne er registreret og videreformidlet af Stråtagets Kontor og formodes at være en fyldestgørende liste på eksisterende danske eksempler. Der er i denne sammenhæng blevet peget på 6 nybyggerier, hvoraf et er en garage, som ikke behandles i nærværende analyse, da der ikke forefindes en byggesag derpå.

De udenlandske eksempler og erfaringer beskrevet i kapitel 5 er fremkommet via MUDP projektets involverede parter netværk og viden. Undersøgelsen har derfor nærmere karakter af at være en Snow Ball Approach¹⁶ til videns indsamlingen, end at være en udtømmende struktureret studie.

1.0 Litteraturstudie

1.1 metodebeskrivelse

Følgende gennemgang af historiske eksempler på tækkede lodrette facader samt brandhæmmende tiltag med organiske materialer i den historiske bygningsmasse er fremkommet gennem et mix af tilgange. Studiet er gennemført i april-maj 2021.

I projektet ønskedes der et litteraturstudie af eksisterende viden om tækkede facader og ler som brandhæmmer. Dette er i nærværende undersøgelse defineret som 1) eksisterende forskning om tækkede facader og 2) eksisterende forskning om ler som brandhæmmer. Litteraturstudiet er foretaget med udgangspunkt i et struktureret litteratur studie (SLR), hvor en replikerbar, videnskabelig og transparent proces efterstræbes (Tranfield et al., 2003).¹⁷ SLR er almindeligvis opbygget i 3 trin med i alt 9 faser, hvor litteratur fremsøges i relevante databaser på baggrund af en udvalgt søgeblok, som er opbygget i overensstemmelse med forskningsspørgsmålets genstandsfelt.

Den fremsøgt litteratur screenes af 2 eller flere forskere for at finde frem til relevant materiale. Proceduren og protokollen i dette studie er forsøgt opbygget efter samme metode, men med den væsentlige undtagelse, at studiet udelukkende er udført af forfatteren selv, hvilket derfor er en væsentlig fejlkilde i forhold til evt. udelukkelse af relevant litteratur.

¹⁶ Se bilag 1 for metodeuddybning.

¹⁷ Se bilag 1 for uddybning om SLR-metoden.

Søgeblokke er konstrueret både på dansk og engelsk. Efter identifikation af artikler er hver publikation vurderet først efter relevans af titel, derefter nøgleord og slutteligt resumé (Zumsteg et al., 2012).

Publikationer, som efter denne tretrins screening vurderedes muligt relevante blev derefter gennemlæst og vurderet ud fra relevans for nærværende projekt. Dernæst bliver væsentlige pointer fra den relevante litteratur fremstillet.

Fase 1 Identifikation	Udvælgelse af søgeblokke og afgrænsning	Identifikation af eksisterende viden om tækket facader og ler som brandhæmmer
	Frem søgt litteratur	
Fase 2 Screening	Excel	Screening på baggrund af titel, abstract og keywords samt geografisk afgrænsning
Fase 3 Berettigelse	A-litteratur	Screening på baggrund af gennemlæsning med samme kriterier som fase 1 og 2.
Fase 4 Inkluderet	Udvalgt litteratur	Litteraturen gennemlæses og viden herfra videreformidles.

Diagram 1.

Da viden om tækkede facader kan knytte sig til både national historisk arkitektur (folkelig arkitektur) samt international (folkelig) arkitektur er der både søgt på dansk og engelsk samt hollandsk i den hollandske database for forskningsartikler. Der er i litteratursøgningens skelnet mellem tækket facade og facader, hvor hovedkonstruktionen er halm. Dette er gjort ud fra antagelsen, at ild opfører sig anderledes på en blottet facade af organisk materiale, end den gør i en bærende konstruktion udført i organisk materiale. Derfor inkluderer nærværende studie ikke eksisterende publikationer og undersøgelser om f.eks. halmhuse, som er klinet med ler.

Desuden, er der foretaget en geografisk afgrænsning til Skandinavien samt Nordeuropa, da det antages, at klimatiske forhold samt bygningskulturen i disse egne er sammenlignelige. Desuden, er der anvendt 'Snow Ball Approach' i forhold til yderligere relevant litteratur.¹⁸

Snow Ball Approach er en registrering af potentiel relevant litteratur, som er fundet i forbindelse med den primær litteratursøgning, så som referencer heri, men hvor titlerne ikke er fremkommet som et resultat af søgeblokkene. Snow Ball litteraturen i dette studie dækker også over titler, som er fremkommet ved mundtlig overlevering mellem f.eks. projektdeltagerne, interviewede fagpersoner eller andre fagligheder, der har været i berøring med projektet.

Litteraturen fundet ved Snow Ball Approach er ikke præsenteret i nærværende resultater med undtagelse af de fund, som inkluderer både tæk og ler som brandhæmmer. Resterende titler bliver anvendt som baggrundsviden i kapitel 0.3 tækkede facader i den danske bygningskultur

1.2 resultater

Den første søgning blev afgrænset med søgeblokken *tæk* AND facade* for at ramme bygningsfagligt relaterede emner. I nogle databaser forsøgte blokken justeret og udvidet for at

¹⁸ Se bilag 1 for uddybning af metode

inkludere mere materiale (se bilag 2 for specifikke søgeblokke anvendt i hver database. Der er i denne søgning anvendt følgende databaser, som fremkom med angivne hits:

**ADK, pure.au.dk, forskning.ku.dk, SDU, bibliotek.dk, KA bibliotek, , ,
Orbit DTU, narcis.nl, Avery, DOAJ**

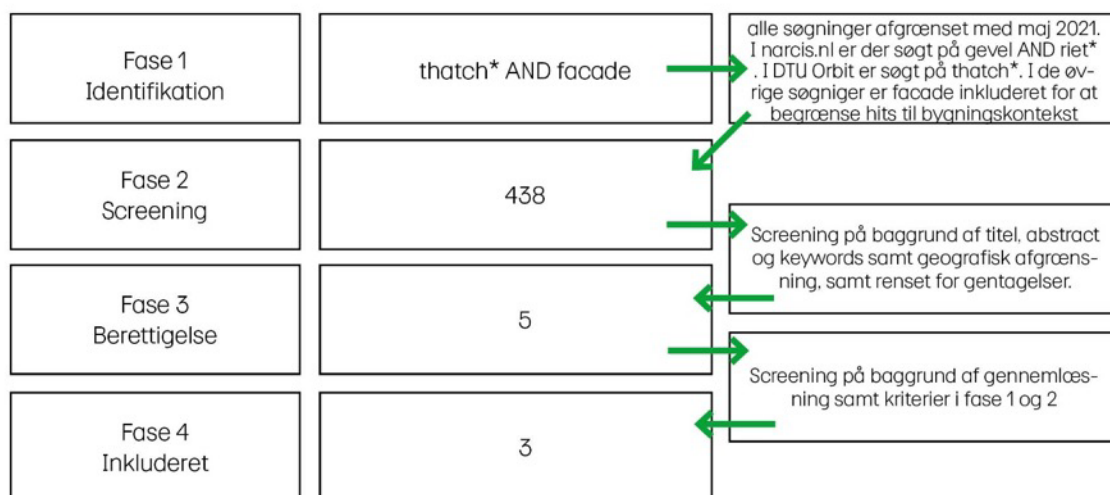


Diagram 2.

Ejstrup, H. (2019). Varmeisolerings tektonik: Hvad er der i fortiden for fremtidens byggeri? KADK.

På side 88-92, beskrives anvendelsen af strå på facader bl.a. som måtter i alkover, lollandsk gavl, offerlag af strå på facade efter reference til Benzons, Gorm. Gammelt dansk bindingsværk. Kreditforeningen Danmarks Skriftserie om bygningskultur. København: Kreditforeningen Danmark, 1984; Dahl, Torben, f. 1942, and Peter Sørensen f. 1942. Den Hule Mur: Et Udviklingsprojekt. Kbh.: Kunstakademiets Arkitektskole, Institut for Byggeteknik, 1992; Højrup, Ole. Landbokvinden, Rok Og Kærne: Grovbrød Og Vadmæl. Kbh.: Kbh., 1974. Jessen, Curt von, ed. Landhuset: byggeskik og egenspræg: gode raad om vedligeholdelse og istandsættelse. Kbh.: Gyldendal, 1986; Stoklund, Bjarne. 'Landbygninger Indtil 1870'. In Danmarks Bygningskunst Fra Oldtid Til Nutid, edited by Hakon Lund and Knud Millech, 1963rd ed. Vol. 1963. H. Hirschsprungs forlag, 1963

Bak-Andersen, S. (2020). Gammel viden til nye bygninger: Traditionelle byggematerialer og håndværksteknik i nutidigt byggeri. KADK

På side 137-139 analyseres vadehavscentret på baggrund af en udredning om danske historiske tækkemetoder og materialebrug og reference til tækket gavl; litografiet med titlen: På Landet, af Adolph Kittendorff, 1852-1855. Byggetekniske forudsætninger for lodret tækning diskuteres med referencer til Tækkelaugget (2019), Veludført Stråtag (6. udgave, 1. oplag ed., Branchevejledning – det tekniske grundlag for at planlægge og udføre korrekt tækkearbejde). Udgivelsen indeholder også et kapitel om ler, som dog ikke omtaler brand.

Kaarup, J. (red.) (2020), Tema: tækket arkitektur i Tæk nr. 2. Stråtagets kontor

Fagbladet indeholder interviews med undervisere på Kunstakademiets kandidatprogram, Bøsætning, Økologi, Tektonik og eksempler på studieprojekter, hvor de studerende har arbejdet med tækket facader og ler samt andre uorganiske materialer som brandhæmmer.

CINARK (2020), Idékatalog: Designstrategier med tagrør og tækkede løsninger, Det Kongelige Akademi

Udgivelsen er en samling af studieprojekter, hvor de studerende på Kunstakademiets kandidatprogram, Bosætning, Økologi, Tektonik undersøger, undersøger byggetekniske og designmæssige forudsætninger for tagrør.

Rijksdienst voor de Monumentenzorg Netherlands (1990). Het weke dak: riet- en strobedekkingen. Rijksdienst voor de Monumentenzorg , SDU uitgeverij

Udgivelsen viser traditionelle hollandske tækketeknikker, bl.a. hvorledes møller og mansardtage bliver tækket.

Kaarup, J. (2014/2020). Naturens eget tag. Stråtagets kontor

Bogen viser eksempler på nybyggeri i Holland med tækkede facader og giver en overordnet introduktion til fænomenet og udviklingen.

Landen søgning blev der som udgangspunkt afgrænset med søgeblokken *thatch* AND facade* for at ramme bygningsfagligt relaterede emner. I nogle databaser forsøgte blokken justeret og udvidet for at inkludere mere materiale (se bilag 2 for specifikke søgeblokke anvendt i hver database), mens der i den hollandske nationale videnskabelige database, narcis.nl er søgt på hollandsk. Der er i denne søgning anvendt følgende databaser, som fremkom med angivne hits:

ADK, pure.au.dk, forskning.ku.dk, SDU, bibliotek.dk, KA bibliotek, , , Orbit DTU, narcis.nl, Avery, DOAJ

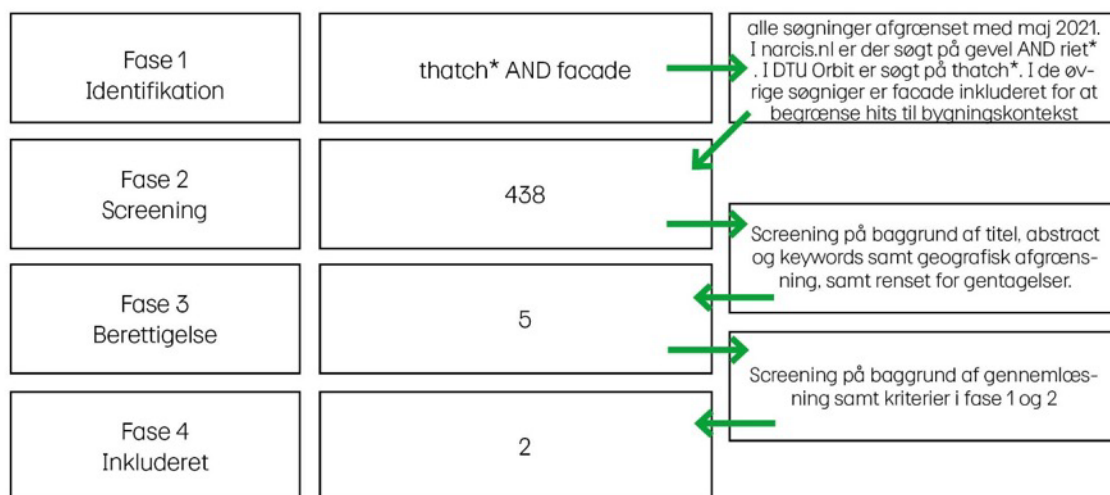


Diagram 3.

Pronk, A. D. C., Dominicus, M. M. T., ten Hoope, L. D., & Merks, L. H. A. (2011). Detail in architectuur: concept, techniek, materiaal. SDU Uitgevers.

Udgivelsen er en hollandsk byggebog, som beskriver forskellige facadeopbygninger, bl.a. som en tækket facade. Udgivelsens relevans er bedømt ud fra abstractet, da det ikke har været muligt at anskaffe den fysisk.

Mandrup-Poulsen, D. (2020). Terre, vent et chaume = earth, wind and thatch: Dorte Mandrup. Architecture d'Aujourd'Hui, (435), 96-105.

Artiklen er en anmeldelse af Vadehavscentret i tekst og billeder. Udgivelsen er ikke dybdegående angående byggeteknik og brand.

Tredje søgning er foretaget med den afgrænsende søgeblok (brandsikring OR brandhæmmer) AND ler og clay AND fire retardant. Der er søgt i nationale og internationale databaser med følgende resultater. Der fremkom ingen resultater i direkte relation til ler som brandhæmmer

på tagrør eller strå, men følgende studier inkluderes, da de vurderes at have en perifer relevans med nærværende projekt:

ADK, pure.au.dk, forskning.ku.dk, SDU, bibliotek.dk, KA bibliotek, , ,
Orbit DTU, narcis.nl, Avery, DOAJ

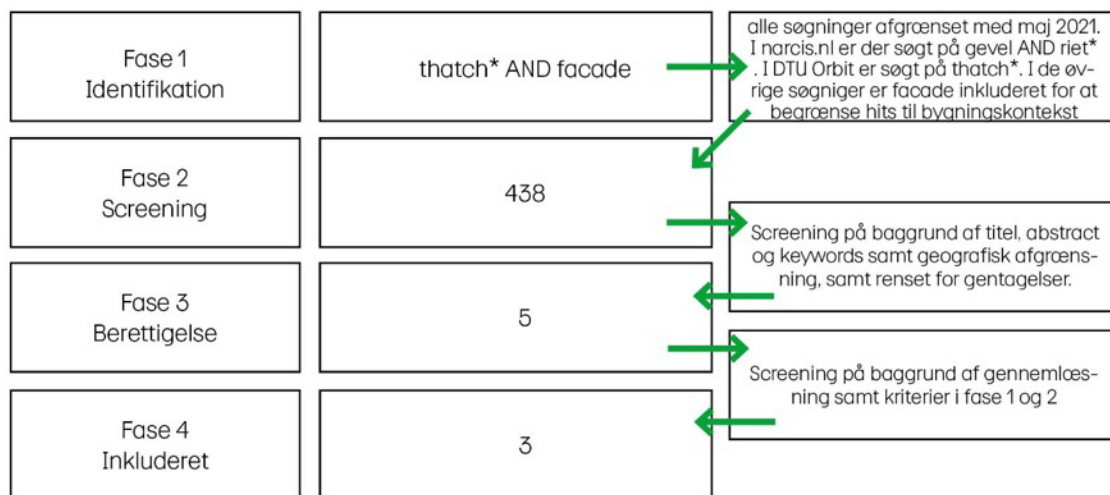


Diagram 4.

Eugenia Mariana Tudor, Christoph Scheriau, Marius Catalin Barbu, Roman Réh, Ľuboš Krišt'ák, Thomas Schnabel, APPLIED SCIENCES (AUG 2020), Enhanced Resistance to Fire of the Bark-Based Panels Bonded with Clay

Paperet omhandler videnskabelige forsøg med et kompositmateriale (ler og bark) og dets egenskaber – blandt andet brandsikring - på et træpanel. Studiet konkluderer, at kompositmaterialer har gode brandhæmmende egenskaber.

aziz Hammad, Ahmad Faiz, Binti Megat Yusoff Puteri Seri Melor, Zia-ul-Mustafa M., MATEC WEB OF CONFERENCES (JUL 2014), Effect of Kaolin Clay and Alumina on Thermal Performance and Char Morphology of Intumescent fire retardant coating

Paperet omhandler et studie af et kompositmateriale (ler og aluminium) som brandhæmmer samt dets udvikling under brand. Studiet finder, at den bedste termiske ydelse opnås ved 0,5 vægt-% kaolinler og 0,5 vægt-% aluminiumoxid giver ensartet og multiporøs kulstruktur med høj antioxiderende egenskab.

Abdullah Istek, Deniz Aydemir, Hudaverdi Eroglu, MADERAS: CIENCIA Y TECNOLOGÍA (JAN 2012), Surface properties of MDF coated with calcite/clay and effects of fire retardants on these properties

På baggrund af erfaringsopsamling fra projektets deltagere (Snow Ball Approach) er der fundet en udgivelse med direkte relevans for nærværende projekt.

Kjærsgaard, P., ed. Byggebogen 348.91 Stråtag - Marts 1949. København: Nyt Nordisk Forlag, 1949.
<http://www.danskybyggeskik.dk/pdf/get.action?pdf.id=106>

Bogen, som omhandler byggepraksis, beskriver giver en anekdotisk beskrivelse af, hvorledes der ved de friske øer angiveligt har været en praksis med brandisolering af strå(tag) med ler og kalkvand.

1.3 Konklusion

Indenfor nærværende litteraturstudies afgrænsning er der ikke fundet nogen videnskabelig behandling i direkte relation til emnefeltet *eksisterende viden om tækkede facader og ler som brandhæmmer*. Den eneste kilde, som er fremkommet i direkte relation til genstandsfeltet, er

sket som et resultat af Snow Ball Approach, hvor vidensopsamling fra relevante aktører har bidraget. Desuden viser studiet, at der ikke findes nogen afdækkende undersøgelse af fænomenet 'tækket facader' i en dansk kontekst, selv om litteratur fundet via Snow Ball Approach antyder, at traditionen har eksisteret og at der er foretaget sporadiske registreringer og beskrivelser heraf.

2.0 Strå og brand i Danmark - et historisk perspektiv

Frygten for brand har på mange måder været definerende for vores bygningskultur, da en stor del af dennes byggematerialer har været organiske. Før redskaber som lovgivning og forskningsbaseret viden om brandsikring og brandhæmning forsøgte man at sikre sig med overtro.

En af de ældst kendte overtro er de såkaldte tordenkiler, hvor stenalderøkser fundet ved pløjning blev tolket som resterne af et lynnedslag. Tordenkiler blev gravet ned under trappestene, da et lyn efter sigende ikke slår ned samme sted to gange, hvilke derfor ville spare huset.¹⁹ Et af fortidens mere funktionelle redskaber var brandhagen, der bestod af et haget spyd med snor i. Hagen kunne kastes op på taget for derved at rive syninger itu og fjerne antændt strå eller strå i fare for at blive antændt, hvorved der skabtes et brandbælte (Vadstrup, 2012). Brandhagen fik næsten mytisk status og det hed sig, at den skulle hænge i gadeporten eller under tagskægget for at beskytte huset mod brand.²⁰

Denne form for byggeskik kan på sin vis opfattes som forløberen til regulativer og lovgivning, hvor overtroen har fungeret som en sikringsforanstaltning for, at landsbyens beboer var opmærksomme, eller udstyret korrekt, så hele landsbyen kunne være sikker.

Udover overtroen har forebyggelse med brandsikring/hæmning i den jævne historiske bygningsmasse nok oftest været personbåren mere, end den har været udført som en bevidst konstruktiv beskyttelse. Daglig omgang med åben ild, som medførte påpasselighed i landbokulturen har været den dominerende forebyggelse mod brandfare.

Den danske kunsthistoriker Harald Langberg (1919-2003) beretter, hvorledes skorstenen ved lovkrav måtte indføres (på landet), idet befolkningen her havde et narrativ om, hvorledes *"førnemme folk ... ikke vidste, at der langt lettere går ild i et hus, hvor skorstenspiberne er skidne (snavsede af sod) end i et, hvor der ingen findes"* (Harald Langberg, 1968). Langberg peger på, at bølgebrændslet, der historisk var bredt anvendt i Danmark, afsætter glanssod i skorstenspiberne, som har været årsag til mange skorstens- og bygningsbrande, hvis ikke piberne blev holdt rene (Harald Langberg, 1968).

I Landbokulturen er der også beretninger om, hvorledes et sodet tagværk, som det naturligt blev med åben ild med røgudtræk gennem lyrehullet, gjorde tagværket modstandsdygtigt over for insektangreb og muligvis også brand (Tang Kristensen, 1987). De første skorstene på landet har været muret op af tørv, brædder og halmsime, som efterfølgende var klinet med ler og evt. afslutningsvist kalket (Tang Kristensen, 1987). Det var nødvendigt at vedligeholde lerklining, da den med tiden brændte væk. Fortællinger fra samtiden beretter om, hvordan der i forbindelse med nedbrydningen af sådan en skorsten ingen brædder var tilbage under leret og en undren over, at konstruktionsmetoden i det hele taget ikke gav anledning til flere ildebrande (Tang Kristensen, 1987).

At lerklining bevidst har været anvendt som brandhæmmer i de historiske bygninger er der ingen kilde, der peger på, men materialet har været vidt anvendt og brugt gennem årtusinder. Derfor er det ikke utænkeligt, at der har været en procedural viden om lerets egenskaber i byggekulturen. Undersøgelser af arkæologiske jernalderbebyggelser har resulteret i rekonstruktioner med indvendigt lerklinet vægge, gavle og ved tagfoden.²¹

¹⁹ Søren Vadstrup, mail af 27.08.2021

²⁰ Søren Vadstrup, mail af 27.08.2021

²¹ Fortalt af Michael Fredriksen, Chefhåndværker ved Nordjyske Museer i telefonsamtale d. 04.11.2021

I bygningsarkæologiske undersøgelser og etnografiske beskrivelser af bønderhusene fra før industrialiseringen er der beskrevet tørveundertag, hvor tørv er slået op under stråtaget, fastholdt med lægter, hvorefter de er klinet og kalket (Ehrhardt & Brande, 1980; Tang Kristensen, 1987).

Der er også beretninger om lofter i stuehuse og stalde, som mod tagrummet var dækket med tørv og klinet (Tang Kristensen, 1987). Sidstnævnte synes beslægtet med ler-, grus eller stenindskuddet anvendt i etagedæk på slotte og herregårde, sandsynligvis som isolering eller brandsikring. Fælles for disse konstruktionstyper er, at deres primær hensigt nok har været at tætnes for vind og vand og måske også med henblik på at bremse brandspredning?

I den historiske byggekultur har leret haft tilslag af sand og været iblandet komøg. Sandet mindskede svind, mens fibre og enzymerne fra komøget har haft en positiv effekt på hærdningen.²² Blandt lerkyndige håndværkere foregår der en diskussion om, hvorvidt ler iblandet kalk bidrager til denne proces, samt lertypernes forskellige materialesammensætninger indvirkning herpå.²³ I denne forbindelse kan der peges på, at lerklinede vægge traditionelt har været kalket med det formål at beskytte og styrke materialet. Eftersom kalk (også) er et mineral kan det måske også have haft en brandhæmmende effekt?

Ler har også været anvendt i tagkonstruktionerne i den historiske bygningskultur, hvor dets brug kan synes at fremstå som værende en bevidst udført brandhæmmer. Den mest nærliggende forklaring er dog, at leret har opfyldt andre behov, og hvis det har haft en brandhæmmende effekt, har det være utilsigtet.

Som eksempel har de tængede tage på Læsø været kendt i den historiske kultur for ikke at være brandbare (Bing, 1806). Dog var der tradition for, at hvor skorstenspipen førtes ud gennem taget, blev åbninger tætnet med ler. Dette peger på, at materialet blev anvendt på grund af dets elastiske egenskaber, og ikke som en udnyttelse af dets brandhæmmende effekt.²⁴ I samme kontekst findes der på Frilandsmuseet i Lyngby en vandmølle fra Pederske med en lermønning, hvor der heller ikke findes anden dokumenteret hensigt med end dens funktion som mønning.²⁵

De første dokumenterbare tiltag til at forebygge og hæmme brand kan findes i byggelovgivningen. Efter de to store brande i København i 1725 og 1795 blev der introduceret skærpede krav til nybyggeriets konstruktioner, dimensioner og materialer (Engelmark, 2013). Erfaringer fra de store brande blev taget med i den første moderne samlende byggelovgivning, "byggelov for Staden Kjøbenhavn og dens Forstæder" af 1856, som tog afsæt i grundmurede bygninger med hårdt tag, men stillede også krav om f.eks. lerindskud i etagedæk på beboelsesejendomme (Engelmark, 1983).

Herefter tilkom der løbende flere og mere restriktive krav til brandsikkerhed. Opmærksomheden på brand forplantede sig også til byggebøgerne, hvor der i "Kortfattet lærebog om husbygningskunst fra 1900" bliver beskrevet, hvorledes lerindskuddet lægges på et bræddelag af 1 tommes tykkelse for at isolere for lyd, varme og vand samt brandhæmme. (Gnudtzmann, 1900)

I direkte relation til taget findes der i byggebogen af 1949 en beskrivelse af brandsikring af stråtage gjort med lervælling iblandet ammoniak, der stænkes på hvert lag under oplægning

²² Fortalt af Michael Fredriksen, Chefhåndværker ved Nordjyske Museer i telefonsamtale d. 04.11.2021

²³ Fortalt af Michael Fredriksen, Chefhåndværker ved Nordjyske Museer i telefonsamtale d. 04.11.2021/Sten Møller,

²⁴ Fortalt af tængemand Henning Johansen i telefonsamtale d. 26.10.2021.

²⁵ Fortalt af museumsinspektør Christina Folke Ax i mail af 26.10.2021/10.11.2021)

og at der i Holstein og De Frisiske Øer var anvendt en teknik, hvor man dyppede negene i blandingen før oplægning (Kjærgaard, 1949).

I relation hertil er der i forbindelse med en bygningshistorisk gennemgang udført af Aarøs gård i Ørby ved Haderslev fundet en byggetilladelse, som viser, at ler har lovformeligt været anvendt i den sønderjyske region 1889. *"Stråtaget over hele huset bliver syet med galvaniseret jerntråd, og over samtlige 4 indgitrede udgangsdøre i huset, skal taget i 4 m. bredde og op til mønningen understryges med ler."*²⁶ Selvom brand ikke er en konkretiseret årsag til ovenfor stående krav, kan konteksten (dørene) tyde på, at leret er påkrævet på grund af dets brandhæmmende effekt.

Overordnet kan det konkluderes, at ler har været flittigt brugt i den historiske bygningskultur, men at der ikke er dokumentation til at pege på, at det har været bredt anvendt i kraft af dets brandhæmmende egenskaber. Dog er det bemærkelsesværdigt, at ler allerede optræder i de første byggelovgivninger fra 1800-tallet som en decideret brandhæmmer, hvilket tyder på, at ler muligvis har været kendt og udnyttet som brandhæmmer i den brede befolkning – også i fortiden.

At dokumentationen her er begrænset til slotte og herregårde kan være fordi, at der i de etnologiske optegnelser af samtidens fortællinger om den almene byggekulturen, ikke har været stor fokus på denne form for procedural og 'specialiseret' materialeviden. Desuden er de antikvariske registreringer i den jævne bygningskultur begrænset af, at størstedelen af bygningerne bestod af organiske, forgængelige materialer. Gisninger om bygningskulturens lange træk er derfor bygget på de sporadiske indicier i de tilbageværende bygninger, samt tolkninger af de arkæologiske spor, som er fundet både i bygninger og i jorden og i mindre grad af skriftlige kilder.

3.0 Tækkede facader i den danske bygningskultur

Den danske bygningskultur har en lang tradition for strå- og rørtækte tage, som går helt tilbage til de første bosætninger i bondestenalderen (Kaarup Jensen, 2020). I historisk tid har strå og rør som byggemateriale særligt været nærværende i den danske landbokultur, fordi materialet har været en tilgængelig og vedvarende ressource (von Jessen, 1986). Dette har været en betydelig fordel for den til tider økonomiske trængte bondestand, som har haft en bredt anvendelse af materialerne til beklædning af både tage og facader i den faste bygningskultur, men også til mindre og midlertidige bygninger som boder og spændhuse.

I dag er de stråtækte tage det bedst kendte eksempel på materialets anvendelse i den danske bygningskultur, mens f.eks. Holland stadig har en stærk tradition for tækkede facader – også i nybyggeriet. Dette kan synes som et eksotisk indslag i en skandinavisk kontekst, men bygningskulturelle spor samt antropologiske optegnelser peger på, at stråklædte og -tækkede facader har været almindeligt brugt, selvom emnet er underbelyst.

²⁶ Undersøgelsen udført af restaureringsarkitekterne Nik og Sigmundur Hyllestad. Se kilde på bilag 3

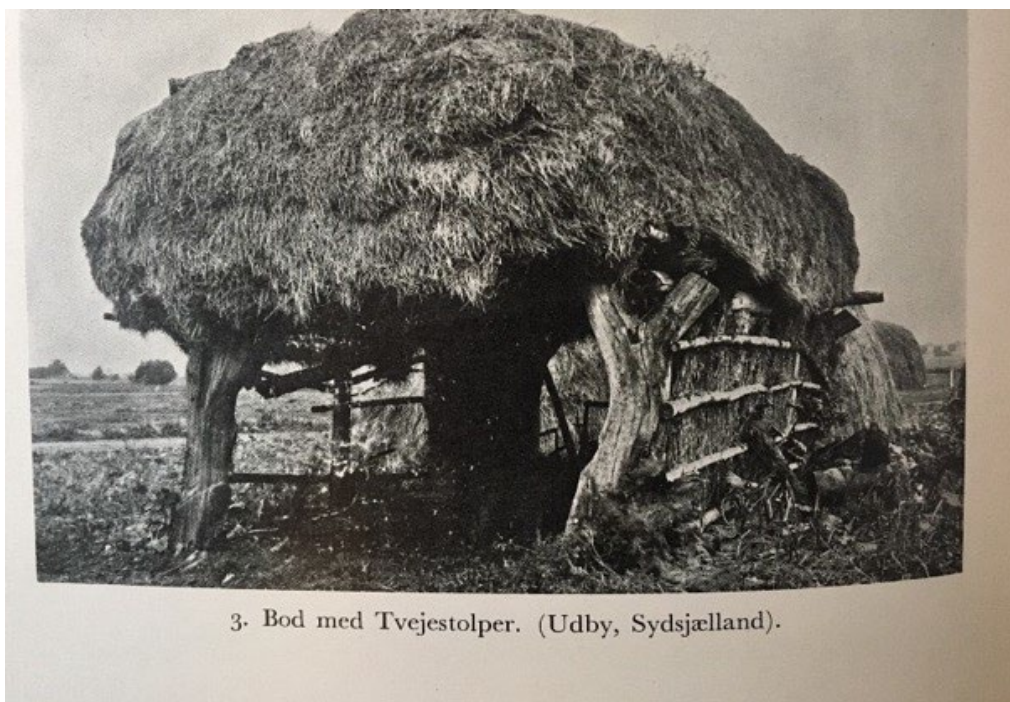


Fig 1. En primitiv sjællandsk bod med tvejestolper, som har fungeret som vognskjul (Jensen, 1933)



Fig 2. Stråtkædt spændhus med funktion af stald (Postkort, ukendt dato og ophav)

3.1 Stråklædte facader

Et af de mere pragmatiske, men fotografisk veldokumenterede eksempler af strå som lodret facadebeklædning er halmmåtterne. Landbokulturens bindingsværkskonstruktioner, hvis tavler typisk bestod af lerklinet og kalket vendreværk, var meget udsatte for vejrliget. For at beskytte facaden var det almindeligt brugt at opslå stråbunder med rafter eller lægter for at beskytte tavlene gennem vinteren (Stoklund, 1963). Stråene fungerede således som et slags offerlag, der først blev forvitret af vejrliget, da det var mindre tidskrævende at udskifte stråene, end at

reparere tavlene. Indvendigt har strå og sivmåtter også været anvendt som vægbeklædning, hvor de var opspændt i alkoverne, for at mindske slid på sengetøjet (Højrup, 1974). Alkovemåtterne har været syet eller tvundet om sime. Udover den praktiske anvendelse af ind- og udvendige måtter er det ikke utænkeligt, at måtterne har højnet komforttemperaturen en smule ved at mindske kuldestrålingen fra facadevæggene (Ejstrup, 2019).



Fig 3. Lundagergården før nedtagning. Strå slået op på væggen for at beskytte tavl (Nationalmuseets Samlinger/ Halvor Zangenberg 1925)



Fig 4. Strå opslået på facade for at beskytte tavl. Fra udgivelsen: "Landbygninger indtil 1850" (Stoklund, 1963). Kender ikke ophavsret.



Fig 5. Strå snoet som sime (dukker), Lyøstuen, Øhavsmuseet Faaborg. Foto: Olav B. Hansen, 2019.



Fig. 6. Syet strå, Lyøstuen, Øhavsmuseet Faaborg. Foto: Olav B. Hansen, 2019.



Flig 7. Opspændte måtter i alkove, Lyøstuen, Øhavsmuseet Faaborg. Foto: Olav B. Hansen, 2019.

Denne byggeskik har særligt været anvendt på Sjælland, Fyn og Lolland-Falster, hvor Lolland har et enestående eksempel på bevaring og udvikling af dette (Benzon, 1984).

I fiskerlejet Hesnæs på Lolland har praksis i den historiske byggeskik været at kline facaderne udvendigt med moler, hvorpå strå sloges op med rafter (Christensen, 1984).



Fig 8. Hus i Hesnæs med stråklædte facader. Foto: Thorbjørn Lønberg Petersen, 2021.

Hesnæs tilhørte godset Corselitze, som var ejet af fonden Det Classenske Fideicommis²⁷. Fonden tog arkitekt Vilhelm Tvede (1826-1891) i kommission, som i 1870'erne udarbejdede et slags typehus til Hesnæs (Storstrøms amt, 2004).

Husene tog afsæt i den historiske bygningskultur og var en bindingsværkskonstruktion med murede, gulmalede tavle og et bundet stråtag med mønning af bændeltang og kragetræer (Christensen, 1984). Efter Vilhelm Tvedes død overtoges hvervet af sønnen arkitekt Gotfred Tvede (1863-1947), der var uddannet under arkitekterne Hans J. Holm og Martin Nyrop (Christensen, 1984). Angivelig er flere af Hesnæs huse blevet beklædt med strå i denne periode, hvilket tilskrives Gotfred Tvede som et minde over faderens optagethed af den historiske byggekultur (Christensen, 1984).

Stråene er opslået med lægter i en afstandsfordeling på 30-40 cm. Afgrænsning mod vinduer optages med dekorativt udskårne gerichter. Lægter og gerichter er typisk malet i hvide, røde eller mørkegrønne (Christensen, 1984). Denne stiliseret parafrase over den nøgtern traditionelle brug af halmmåtter bliver i dag fastholdt som en del af den lokale bygningskultur og er en attraktion i sig selv for besøgende.

3.2 Tækkede gavle

På Lolland er der rester af en anden historisk byggeskik, som også trækker spor til den tækkede facade. Det traditionelle lollandske landhus har fremstået med hvidkalket bindingsværk med halvhvalmet, tækket tag og gavle (von Jessen, 1986). På øvre stokværk af gavlen er der opslået lægter, hvorpå der tækkes. Den tækkede gavl kunne afslutningsvis være opskalket, så den dannede et skyne²⁸, der fungerede som et lille halvtag til opbevaring (Realdania, 2021).

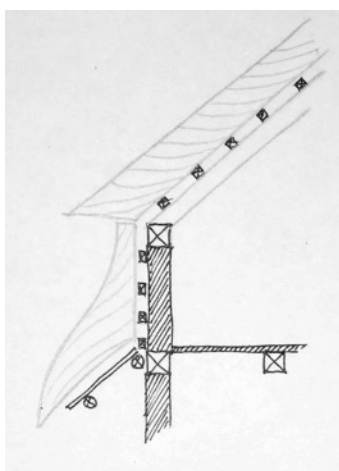


Fig 9. Snit i tækket gavl (HE 2021)

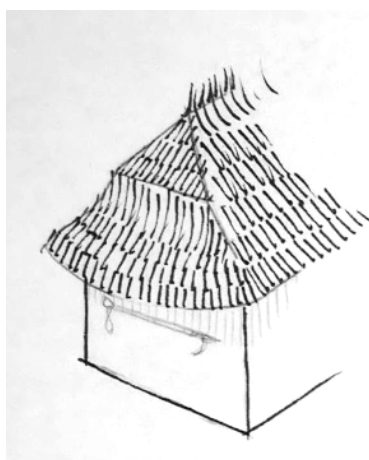


Fig 10. Axonometri af samme (HE 2021)

²⁷ Fond etableret af Generalmajor Johan Frederik Classen med formål at "en bestandig samlet Fond" skal anvendes "til at danne nyttige Mennesker til Statens Bedste, til at understøtte og befordre Vindskibelig-hed og Arbejdsomhed i de nødvendige Dele for Landets Vel og til at hjælpe og lindre Fattigdom og Elendighed". (*Det Classenske Fideicommis*, 2017). J.F. Classen var desuden godsejer og jordbesidder af bl.a. Hesnæs (Christensen, 1984).

²⁸ Skyne er et halvtag eller bislag udvokset fra hovedhuset hus (Benzon & Nielsen, 2001)

Den tækkede gavl kan være beslægtet med den dukket gavle. En dukke²⁹ forstås som tykke bånd af halm, ærtehalm, rug, eller tang, som er vredet og knyttet sammen i forskellige former (Benzon & Nielsen, 2001; Kirk, 1979). Gavlen udføres ved at opsætte støjler³⁰ anbragt med ca. 30 centimeter afstand i hele gavlens bredde hvor imellem dukkerne fastklemmes (Kirk, 1979).

Typen fremstår, som en 'primitiv' form for væglukning og kræver et tilpasset tagudhæng, da dukkernes blandede karakter kan springer frem for bjælker og spær og derved være mere udsatte for vejrliget (Kirk, 1979).

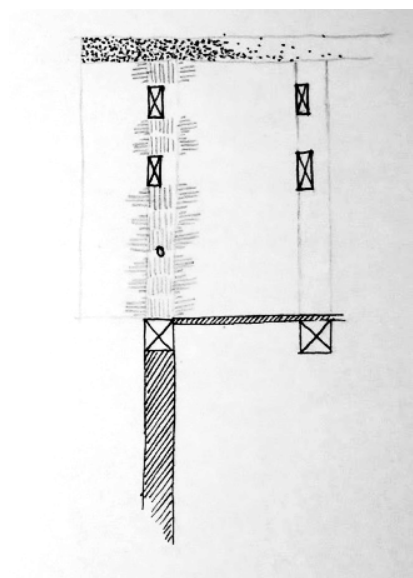


Fig 11. Snit i dukket gavl (HE 2021)

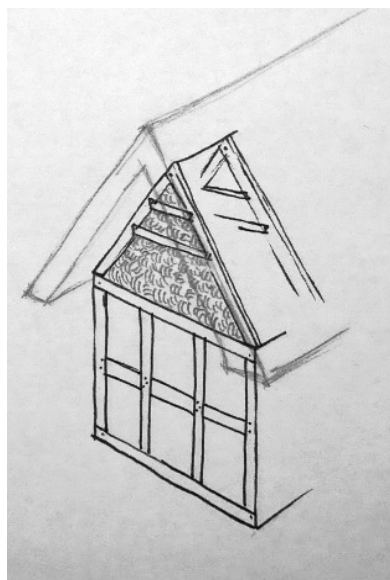


Fig 12. Axonometri af samme (HE 2021)

Det kan tænkes, at en dukket gavl har været anvendt, når der skulle sikre rigeligt med luftgennemstrømning på lofterne f.eks. i forbindelse med opmagasinering og tørring af korn³¹. I forbindelse med brandtaksationer af forpagtergården Krogsgård under Gissselfeldt Kloster, er der i takseringen af 1859 nævnt, at bygningen har dukkede gavle.

Gavlene er ikke nævnt ved tidligere eller senere takseringer³². Dette kan være af den årsag, at andre taksatorer ikke har interesseret sig for emnet. En anden mulighed er, at den tidligere nævnte prosaiske tilgang til gavllukningen har tydet på en behovsændring, eller at en dukket gavl har været en billigere foranstaltning, der blev anvendt, når nødvendigt - f.eks. i forbindelse med ressourceknaphed og materialeøkonomisering³³.

²⁹ Også benævnt dogger, dupper (Benzon & Nielsen, 2001). I Holland betegnes tækket snoninger generelt som dogger (Ruud Conijn, i mail af 14.09.2021)

³⁰ Støjle. Lodrette kæppe i fletværk. Også kaldet stejler (Benzon & Nielsen, 2001)

³¹ Foreslået af restaureringsarkitekt Nikolaj Hyllestad under samtale d. 11.05.2021.

³² Tak til Vagn Mørkeberg for samling af link.

³³ Samme tilgang til ældre byggeteknikker ses f.eks. også i forbindelse med udfasningen af bulvæggene i 1600- og 1700-tallet, hvor stolpernes mellemliggende egebjæle blev svært tilgængelige og i stedet erstattedes af vendreværk og lerklining, som antages at være en ældre byggeteknik (Benzon, 1984)



Fig 13. Duket gavl på huset fra Tystrup, Frilandsmuseet (nationalmuseets samling, 2021) Foto: Anker Tiedemann.



Fig 14. Eksempel på hvorledes dukker, resecer og kæppe kan anvendes til ornamentering. Foto: Ruud Conijn, 2021.



Fig 15. Dannemarehuset på Frilandsmuseet med traditionel Lollandsk gavl (Nationalmuseets samling, 2020) Foto: Anker Tiedemann.

3.4 Afviklingen af stråttækte facader

Tækkede facader er overlevet få steder i Danmark, men synes at have været overvejende til stede i den historiske byggeskik. Strå, som kan opfattes som en fællesbetegnelse for de materialer, der her været anvendt til tækning, herunder både langhalm, rug og tagrør, har været nemt tilgængeligt og har haft flere genanvendelsesmuligheder, hvilket kan antages at været en væsentlig årsag til dets popularitet. Rug og halm, der kan betragtes som et restprodukt efter korndyrkning har været en simpel udnyttelse af alle tilgængelige ressourcer.

Derudover har tagrør været nemt tilgængelige, da planten lever i fersk- og brakvandsområder, som store dele af det uopdyrkede Danmark i historisk tid har været dækket af (Bak-Andersen, 2020).

Særligt med stråtage var det kendetegnet, at når tagfladen først var tækket, så var tækkemandens primære løbende opgave vedligehold. Når ressourcen var udtjent som tag og facadebeklædning, kunne den indgå i andre sammenhænge på ejendommen som strøelse til dyrene eller brændsel (Ejstrup, 2019).

Facadebeklædninger med strå er muligvis forsvundet, da disse har været præget af midlertidighed og pragmatisme. Derfor kan byggeskikken været blevet anset som underlødigt og som følge deraf ikke fået den store opmærksomhed forbindelse med etnografiske og bygningsarkæologiske optegnelser i det 20. århundrede. Dermed synes formfriheden i materialet også at være forsvundet og f.eks. dukker, måtter og udkragninger, som materialet har været anvendt til, er blevet tabt.

Samtidig har den stigende adgang til billige, industrialiserede produkter og dræning af vådområder og ikke mindst frygten for brand, måske også gjort, at populariteten af anvendelsen af strå – både i facade og tag – har været faldende gennem det 19. og 20. århundrede. I historisk tid har brandsikring primært handlet om at begrænse skader, og ikke en egentlig forebyggelse. I et historisk perspektiv fremstår det som, at der kun var få kendte metoder til at hæmme og begrænse brand - først og fremmest påpasselighed. Først i 1800-tallet findes der dokumenterede tiltag med det henblik at begrænse og hæmme brandudvikling.

Overordnet kan det konkluderes, at ler har været flittigt brugt i den historiske bygningskultur, men at der ikke er dokumentation for at pege på, at det har været bredt anvendt i kraft af dets brandhæmmende egenskaber. Dog er det bemærkelsesværdigt, at ler allerede optræder i de første bygge Lovgivninger fra 1800-tallet som en decideret brandhæmmer hvilket tyder på, at ler sandsynligvis har været kendt og udnyttet som brandhæmmer i den brede befolkning – også i fortiden.

At dokumentationen her er begrænset til slotte og herregårde kan være fordi, at der i de etnologiske optegnelser af samtidens fortællinger om den almene byggeskik, ikke har været stor fokus på denne form for procedural og 'specialiseret' materialeviden. Desuden er de antikvariske registreringer i den jævne bygningskulturen begrænset af, at størstedelen af bygningerne bestod af organiske, forgængelige materialer. Gisninger om bygningskulturens lange træk er derfor bygget på de sporadiske indicier i de tilbageværende bygninger, samt tolkninger af de arkæologiske spor, som er fundet både i bygninger og i jorden og i mindre grad af skriftlige kilder.

4.0 Nye Danske eksempler

Stråtagets Kontor beretter om en stigende interesse for facadebeklædning i strå. I øjeblikket er der 5 kendte eksempler i Danmark på moderne beboelses- eller institutionsbyggerier med stråtækte facader. Disse er opført indenfor perioden 2014 – 2018, hvoraf det bedste kendte er Vadehavscentret. I følgende afsnit gennemgås disse bygningers konstruktioner ud fra ansøgninger og tilladelser fundet i de respektive kommuners byggesagsarkiver.

4.1 Lyngballevej 32, 8471 Sabro

Projektet er en ombygning og udvidelse af eksisterende stuehus på i alt 294 m² udført i 2014. Bygningen er på dele af facaden tækket ned til vinduesbrystningen. Facaden er udført med en bagmur i teglsten, mens x-finérplader danner underlag for den tækkede tagkonstruktion som er ført ned på facaden. Der er tækket direkte på x-finérplader, som er fastgjort på afstandslister og lægter, hvorunder der er en vindspærre. Bygningen er isoleret med mineraluld. Hvor facaden ikke er tækket, er muren udført som en traditionel hulmur med mineraluldsisolering.

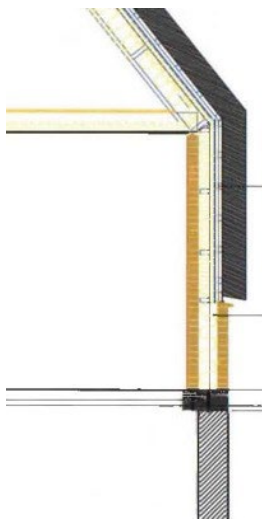


Fig 16. Tværnsnit, Lyngballevej 32, (fra byggesag)

Byggetilladelsen er givet efter BR08, og stiller krav til, at vægge og loftkonstruktioner omkring beboelsesrum mod stråtag udføres som mindst bygningsdel klasse REI 30 (BD-bygningsdel 30). Derudover skal stråtaget sikres mod nedskridning ved brand over døre og andre redningsåbninger og bærende konstruktioner skal udføres som min. R 30 (BD-bygningsdel 30).

4.2 Haslevvej 79, Ringsted (House Arkitekter)

Bebyggelsen består af et demonstrationshus (Det åndbare hus) for åndbare konstruktioner og materialer udført som et enfamilieshus på 171 m². Det er opført i 2014 og sagsbehandlet efter BR10. Husets facader er delvis stråttækt. Konstruktionen er opbygget som et træskellet, hvor der yderst er monteret rupløjet brædder, hvorpå der er tækket. Konstruktionen er isoleret med træfiber, og indvendigt lukket med gips i forskudte samlinger. Det fremgår ikke af byggetilladelsen, at der er stillet særlige krav om brandforholdene i forbindelse med den tækkede facade.

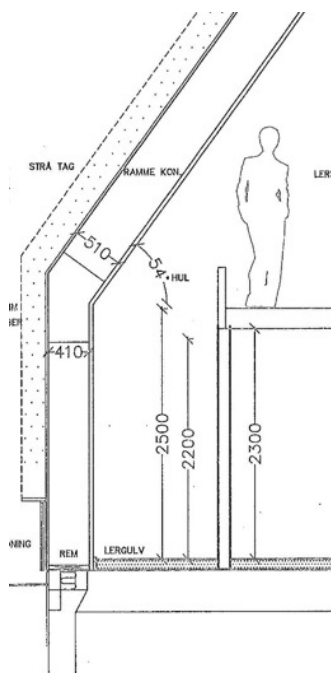


Fig 17. Tværnsnit, Haslevvej 79, (fra byggesag)

4.3 Okholmvej 5, Esbjerg (Dorte Mandrup Arkitekter)

Bygningen er en museumsinstitution (Vadehavscentret) og består delvis af en ombygning af eksisterende gård og et nybyggeri, som er tag- og facadetækket med strå. Byggeriet stod på i perioden fra 2013 – 2017. Den nybyggede længe består delvis af et uopvarmet rum, som er beklædt med trælist, mens den opvarmede del er facadetækket. Bygningens ydervægge er udført som en limtræskonstruktion, hvorpå der er fastgjort en lægtekonstruktion, som udvendigt er afsluttet med en glasfiberdug som brandisolering, hvorpå der er tækket.

Konstruktionen er opbygget efter moderne standarder med mineraluldsisolering, dampspærre, mens indvendige vægge er afsluttet med gipsplader. Alle bærende konstruktioner er udført som R-60 (bærende BD - 60 bygningsdel).

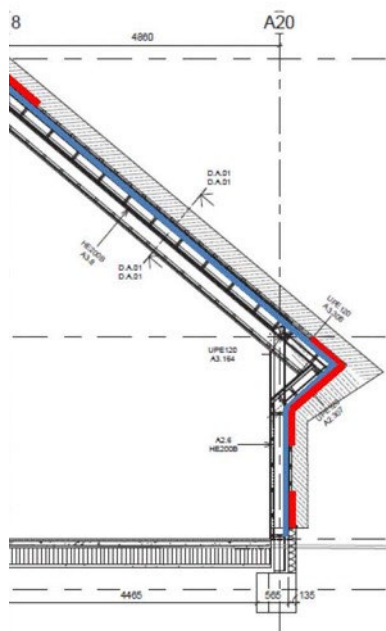


Fig 18. Tværsnit i facade, Okholmvej 5, (fra byggesag)

Byggesagen er behandlet efter BR10 og med henvisning til eksempelsamling om brandsikring af byggeri (EBB12). Byggesagen har et omfattende materiale vedrørende brandsikkerhed, hvor DBI har lavet en brandstrategi for museet. Bygningens stråttækte facade ved dør- og vinduesåbninger samt brandveje skal brandimprægneres jævnlige. Strå fastgøres med bindetråde af metal og iltadgangen til strået skal mindskes via indbyggede randzoner af stenuld ved kip, tagfod og sokkel pr 5 m². Derudover er der lagt en fiberdug med brandhæmmende egenskaber ind i konstruktionerne.

4.4 Fuglemosen 19, 8420 Knebel (JWH Arkitekter)

Huset er opført i 2017 som et 76 m² sommerhus med tilhørende tagetage på 27 m². Facaden er opbygget som en træskelet konstruktion isoleret med mineraluld. Indvendigt er konstruktionen beklædt med dampspærre, spredt forskalling, gipsplader. Udvendigt er der fastmonteret en vindspærre af fibercement, hvorpå der er fastgjort lægter som skaber et ventileret hulrum til et lag af x-finerplader med antiskimmelbehandling. Der er tækket direkte på X-finerpladerne.

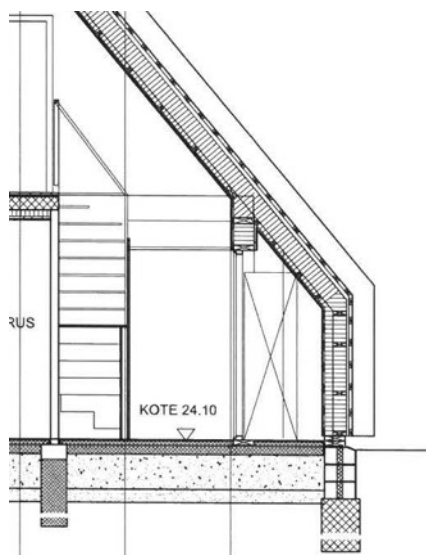


Fig 19. Tværsnit, Fuglemosen 19, 8420 Knebel, (fra byggesag)

Byggesagen er sagsbehandlet efter BR 2015. I forhold til brandkravene er byggetilladelsen givet på baggrund af dokumentation for at brandkravene er opfyldt, så der opnås et tilstrækkeligt sikkerhedsniveau med henvisning til "Eksempelsamlingen om brandsikring af byggeri 2012".

4.5 Ørnevej 24 B, 8300 Odder (Loop Architects)

Sommerhus på 116 m² opført i 2018 efter BR15. Huset har en delvis tækket facade mod øst, hvor bag der er et opholdsrum. Ydervæggen er konstrueret som en træskeletvæg, der yderst er beklædt med en uorganisk fiberplade, hvorpå der er tækket. Konstruktionen er isoleret med 190 mm. Inderst er konstruktionen beklædt med en krydsforskalling og afslutningsvis en finér- eller fiberplade.

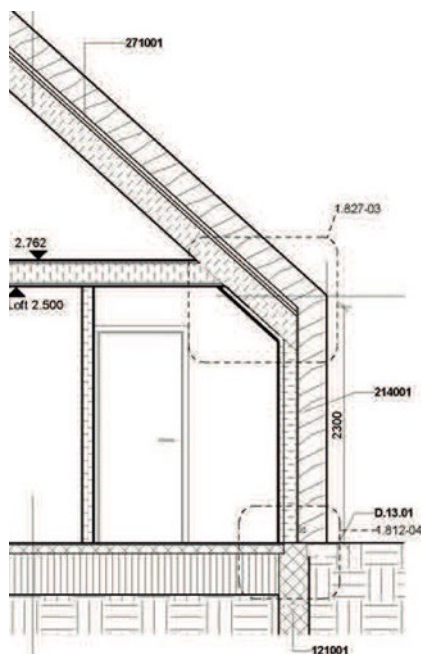


Fig 20. Tværsnit, Ørnevej 24 B, 8300 Odder (fra byggesag)

I forbindelse med byggesagen har DBI udformet et notat vedrørende bygningens stråttækte tag og facade. Af notatet fremgår det, at det vurderes forsvarligt at dele af sommerhusets udvendige overflader er tækket med strå hvis de stråttækte ydervægge udføres efter anvisninger i "Eksempelsamlingen om brandsikring af byggeri". Dvs. tækningen skal udføres med traditionelle

tagrør tækket uden bagvedliggende hulrum, på en bagvedliggende bygningsdel klasse EI 30 (BD-bygningsdel 30) i materialeklasse D-s2, d2 (klasse b materialer) og at tagdækningen af strå skal fastgøres til underliggende bygningsdel med ikke brændbart materiale. Derudover skal der etableres et brandbælte på min 5 meter, samt at der i 1 m brede fra soklen skal etableres en pigstensbelægning, eller udlægges skærv, til at forhindre plantevækst nær huset.

5.0 Facadetækning og bandhæmning i Nordeuropa

Overordnet er der ikke fundet dokumentation for en mere omfattende anvendelse af strå som facadebeklædning i den øvrige nordeuropæiske del sammenlignet med det, der allerede er belyst i en dansk kontekst. Der er heller ikke fundet øvrig dokumentation for særlige tilgange eller materialeanvendelse til brandhæmning i de historiske bygninger udenfor de danske grænser.

Anekdotiske fortællinger om brandsikring i bl.a. tyske middelalderbygninger peger på, at ler har været anvendt som etageindskud i lighed med dansk traditionel byggeteknik. Samtidig bør de friske gårde nævnes, da deres enorme stråtækte tagflader kan være årsagen til, at der findes et narrativ om, en øget anvendelse af (facade)tækning med strå i den nordeuropæiske bygningskultur. Men særligt de hollandske møller træder frem, som en bygningstypologi, hvor facadetækning fremstår som en stærk tradition, der binder Danmark sammen med de nederlandske egne.

5.1 Hollandske møller i Danmark

I 1600-tallet kom den hollandske vindmølle til Danmark, som var et teknologisk gennembrud med den traditionelle stubmølle. Stubmøllen bestod af et spånklædt Møllehus med vinger placeret på en lodret stolpe, hvor hele konstruktionen måtte drejes, så den vendte op mod vinden. Til forskel herfra var de hollandske møller udstyret med en *hat*, som kunne drejes med hjælp fra *krøjeværket* – en bjælkekonstruktion, der kan nås fra jorden, eller fra et *galleri* rundt om møllen (L. Andersen, 2011). I stedet for at være spåntækkede, som de traditionelle danske møller, var disse stråtækte (L. Andersen, 2011).

Strået var en materialeøkonomisk anvendelse af en let tilgængelig ressource ved de højspecialiserede bygninger samtidig med, at materialet var let og derfor ikke en større vægtemæssig hindring for de gangbare konstruktioner. Ved branddirektivet i 1792, hvor det af brandmæssige årsager blev forbudt at tække med strå indenfor bygrænserne, begynde man i stedet at beklæde møllerne med træspån. Skikken bredte sig, da møllerne generelt var udsatte for brand – både på grund af deres placering i landskabet i forbindelse med lyn, men også på grund af deres jernakser i mekaniske dele, som kunne overophede og slå gnister.³⁴

I Jylland var man dog særligt vedholden med at tække møllerne med de billige strå (L. Andersen, 2011). I Thy ses sågar en lyngklædt gårdmølle af typen jordhollænder.³⁵ Møllen er opført i 1886 af nuværende ejers oldefar, der på sine ture rundt i landskabet så de hollandske møller og fik derigennem inspiration til at bygge et lignende eksemplar af de forhåndværende materialer: drivtømmer og lyng.³⁶ Selvom lyngen er syet om lægter, som ved et traditionelt stråtag, så minder materialebrugen om den traditionelle norske byggeteknik, *brakevægge*, hvor lyng eller granris flettes om lægter.³⁷ I dag er der kun få stråtækte møller tilbage i Danmark. Disse findes primært blandt museumsbygninger og de fredede møller.

³⁴ Oplyst af Lise Andersen under telefonsamtale d. 20.01.2022.

³⁵ Ved jordhollænder forstås, at møllens omgang, hvorfra man kan betjene krøjeværket, ikke er hævet (galleri), men placeret på jorden – gerne på en bakketop eller lignende (Øhavsmuseet, 2011)

³⁶ Oplyst af Rita Rendow, Formand for "lyngmøllens venner af 2012" og ejer.

³⁷ Brakevægge udføres som en typisk træskellet konstruktion, hvor vægbeklædningen afsluttes med gran-, lyng, eller eneris, som ved en særlig fletteteknik bliver fæstnet mellem vandrette lægter. Beklædningen



Fig 21. Havnø mølle, en traditionel Hollands hatmølle med jordomgang og tækket skrog og hat. Foto: Henriette Ejstrup, 2021.

5.2 Stråtækning i Hollandsk bygningskultur

Både vand- og vindmøller har i Holland historisk indtaget meget vigtige pladser i landets infrastruktur såvel som, at landskabets udformning gjorde at vindmøllerne var nemme at tilgå og drifte (Ove Biilmann, 2009). Holland har i dag over 1000 traditionelle vindmøller, hvoraf mange stadig er funktionsdygtige eller i brug (holland.com, 2012). Disse møller er således blevet en del af den hollandske selvforståelse og kulturelle manifestation, hvilket også ses på turismen, hvor møllerne er et trækplaster i sig selv, men også et yndet motiv på f.eks. souvenirs.

blev primært brugt på mindre, ikke-opvarmede funktionsbygninger (stalde, udhuse, møller, o.l.), hvor god ventilation skulle sikres, men skærme for vand og sne (Enerstvedt, 1995; Engevik, 1975; Storsletten & Schjelderup, 2000).

I lighed med Danmark har det været tradition at landbrugsbygninger har haft stråttækte tage, men også møllerne har af materialeøkonomiske årsager været tækket med strå både på skrog og hat (L. Andersen, 2011; van Herpen & Drost-Hofman, 2012a).

I gennem det 20. århundrede har anvendelsen af strå som tagbeklædning været faldende og er i stedet blevet erstattet af industrialiserede produkter. Det seneste årti har det hollandske tækkelaug dog oplevet en øget interesse for materialet, hvor bl.a. efterspørgslen af facadetækning i nybyggeri er betragtelig (riet.com, 2022). Selvom facadetækning ikke har været bredt anvendt i den historiske bygningskultur kan den genfundne interesse for materialet bl.a. hænge sammen med den øgede opmærksomhed på CO₂ aftryk før, under og efter byggefaserne samt materialets tætte forbindelse til det landskabelig udtryk (van Herpen & Drost-Hofman, 2012a).

Det synes, at det generelle narrativ er, at facadetækning er en tilbagevenden til en traditionel byggeskik. Dette er umiddelbart ikke sporbart i forhold til de historiske beboelsesbygninger, men eftersom møllerne fylder så meget i den kulturelle fortælling, er det ikke utænkeligt, at det er dette stærke symbol, som har gjort, at facadetækningen på kort tid har vundet så stort indpas i det moderne byggeri.

5.3 Moderne hollandsk byggeteknik med strå

Som beskrevet opleves der i Holland stor interesse for tækkede facader i nybyggeriet. Eksemplerne spænder lige fra enfamiliehuse til etageejendomme og offentlige institutioner (Kaarup Jensen, 2020). Byggeteknisk anvendes der generelt en metode, hvor strået skrues direkte på ikke-brandbare facadestrukturer. Herved begrænses ventilation og brandspredning kan dermed begrænses. Løsningen blev anvendt på et nybygget rådhus i Midden-Delfland, Schipluiden tegnet af INBO Architects.

I dette projekt er rådhuset konstrueret af betonelementer i underetagen, mens de øvre etager består af en stålskeletkonstruktion, som er beklædt med træplader og isoleret med mineraluld (Crone, 2013) hvor Projektet fik dengang international opmærksomhed, hvor der bl.a. i det tyske magasin Bau - Beratung - Architektur beskriver, hvorledes skrueløsningen i kombination med den tætpakkede strå bremser brandspredning (Uhde, 2013).

I 2010 udsendte den Hollandske myndigheder vejledningen *Brandveilige rieten daken, Detailering gelijkaardige oplossing*, som beskriver samme tækkede løsninger for enfamiliehuse (Janse, 2010; Verburg, 2010). I 2012 udførte det rådgivende ingeniørfirma Nieman en vurdering af brandfarene ved tækkede facader. Rapporten konkluderende, at tækkede gavle godt kunne opfylde gældende brandkrav, hvis der tækkedes på ikke-brandbare underlag og uden ventilerede hulrum, ville der kun opstå mindre flammer (van Herpen & Drost-Hofman, 2012a).

Rapporten peger på, at hvor der er behov for ekstra sikkerhed, så som ved flugtveje, bør der anvendes imprægnering og derudover anbefales der ikke anvendelse af tækning af nederste etager på boligbyggeri pga. øget risiko for ildspåsætning (van Herpen & Drost-Hofman, 2012a). Rapporten dannede grundlag for udgivelsen *Handboek Gevel* udgivet af det statslige forlag SDU (van Herpen & Drost-Hofman, 2012b; Zaken, 2011).

6.0 Analyse

6.1 Bygbarhed

I en dansk kontekst er de konstruktive principper bundet op på moderne materialer og konstruktionsmetoder. Hvis der kigges på de 5 danske eksempler, så er alle, med undtagelse af det Åndbare hus, udført efter moderne industrialiserede konstruktionsmetoder og materialer. Der forekommer dog variationer i det facadeunderlag hvorpå der er tækket – nogle er tækket

på lægter med bagvedliggende hulrum til ventilation, før den bærende konstruktion (Lyngballevej 32, Fuglemosen 19), mens andre er tækket direkte på en BD 30 eller 60 konstruktion (Ørnevej 24 B, Okholmvej 5, Haslevvej 79). Dette skel kan forklares med, hvorvidt der alene er taget udgangspunkt i *"Eksempelsamling om brandsikring af byggeri"*, som udelukkende har eksempler fra tagtækning, eller om der er udarbejdet særskilte brandnotater i forbindelse med projektet. Derudover relaterer den byggetekniske forskel sig også til en håndværksfaglig diskussion angående ventilering af rør i forhold til fugtphobning og holdbarhed.

I forhold til de håndværksmæssige forhold mellem tækkede tag og facade er teknikker og redskaber forenelige. Dvs. at der som sådan ikke er nogle afgørende forhold for bygbarheden. Dog er ler og strå i moderne kontekst en uprøvet kombination, som vil kræve teknikudvikling og -justering. Her kan der bl.a. kigges på mindre virksomheder, som allerede anvender ler i byggeriet samt museumshåndværkere, der udfører arkæologiske rekonstruktioner. Bl.a. på Fyrkat er der udviklet en lerkliningsteknik med to kompressorer forbundet via et t-stykke, så mørtelskovl få vedvarende tryk.³⁸

Muligheden for at udvikle facadetækning som byggeskik er desværre blevet bremsset af §83 i BR18, hvor det står beskrevet, at *"Dokumentation for, at byggeri opfylder kravene i kapitel 5, skal ske i henhold til Bygningsreglementets vejledning til kapitel 5 - Brand eller på en anden måde, som på tilsvarende vis dokumenterer, at kravene er opfyldt"*. Med henvisningen til vejledningerne – senest opdateret januar 2022 – peges der generelt på præaccepterede løsninger, og ved mindre afvigelser skal tilknyttes en certificeret brandrådgiver (Bolig- og Planstyrelsen, 2022). Dvs. indfasning af den ny certificerings-ordning for brandrådgivere, har strammet op på krav til kompetencerne ved vurdering af "afvigende løsninger". Derudover er der nu krav til brandteknisk risikovurdering baseret på solid dokumentation. (Beim et al., 2021).

Undersøgelser peger på, at byggeriets innovation i forhold til bl.a. den bæredygtige omstilling, er drevet af små virksomheder og SMV'er (Thomassen & Munch-Petersen, 2021). Lovgivningen på brandområdet vil i sådanne tilfælde betyde en opbremsning af generel innovation i byggebranchen, da de små virksomheder ikke har det økonomiske råderum til at få udført de nødvendige tests. Lovgivningen på brandområdet er potentielt en hæmsko i forhold til at byggebranchen på flest tænkelige måder kan understøtte de politiske ambitioner om at reducere CO₂ udledning med 70% inden 2030.

Hvis der kigges på de hollandske erfaringer, så anses tækkede facader som værende sikre i forhold til brand indenfor gældende lovgivning. Den byggetekniske forudsætning er, at stråene skrues i en ikke brandbar overflade uden ventilation. Konstruktionsmetoden er vidt anvendt og indskrevet i statslige vejledninger. I Danmark er denne teknik og godkendt i forhold til brancheforeningen Tækkelaugets vejledning og anvendes til tage. Her skrues strået fast om bindejern på et BD 30 underlag (Tækkelaug, 2019)

6.2 Aftryk

Ressourceadgangen til tækkerør i en dansk kontekst er ikke god, idet de danske rørskove i dag er små og spredte og høstes ikke intensivt pga. hensynet til bl.a. fugleliv (L. H. Andersen et al., 2021; Bak-Andersen, 2020). For bl.a. at styrke den danske biodiversitet, er der gennem tiden lavet undersøgelser med henblik på genopretning eller udvikling af danske rørskove. F.eks. er der lavet forsøg med lokal produktion af elefantgræs (*Miscanthus Sinensis*), med henblik på anvendelse som tækkerør (Kjeldsen et al., 1999). Undersøgelser tyder på, at rørskove også vil have en positiv effekt på dyrelivet (L. H. Andersen et al., 2021). Derudover har rør også en evner i forbindelse med ledning af regnvand (LAR), hvor planterne kan indgå i regnbede og vådbassiner og hjælper hermed til at mindske algevækst, samt sænke vandet flow (laridanmark.dk, 2022; B. Nielsen, 2017)

³⁸ Fortalt af Michael Fredriksen, Chefhåndværker ved Nordjyske Museer i telefonsamtale d. 04.11.2021

I 2017 fik Carlo F. Christiansen, som er leverandør til tækkebranchen, udført en EPD på en stråtagkonstruktion. EPD'en bygger på en LCA-analyse, som tager udgangspunkt i en konstruktion, hvor strå er skruet på lægter med stålskruer og -tråd på bindejern. Brandsikringen, en glasfibervæv, er også inkluderet i konstruktionen. Både konstruktionsmetoden og den forventede levetid på 50 år bygger på Tækkelaugets vejledning 'Veludført stråtag' 2017. På trods af, at Carlo F. Christiansen bl.a. importerer sine rør fra både Ukraine, Polen, Ungarn og Kina og anvendelsen af metal og glasfibervæv, så viser undersøgelsen, at konstruktionen, som består af 97% strå, har et 'up-front-carbon' (A1-A3) på -50,4 kg CO₂-eq på 1 m². (EPD Danmark, 2017)

ENVIRONMENTAL IMPACTS PER M ²														
Parameter	Unit	A1-A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
GWP	[kg CO ₂ -eq]	-50,4	0,555	0,809	38,4	0,00415	0	0	0	0	0,134	0	40,5	-15,2
ODP	[kg CFC11-eq]	3,97E-009	4,52E-013	6,31E-013	0	4,66E-010	0	0	0	0	1,09E-013	0	8,81E-012	-1,62E-011
AP	[kg SO ₂ -eq]	0,42	0,00239	0,00423	0	6,81E-005	0	0	0	0	0,000575	0	0,00413	-0,02
EP	[kg PO ₄ -eq]	-0,882	0,000595	-0,00862	0,349	6,78E-005	0	0	0	0	0,000143	0	0,000843	-0,00249
POCP	[kg ethene-eq]	0,00395	-0,00087	2,4E-005	0	1,61E-005	0	0	0	0	-0,00021	0	0,000334	-0,0021
ADPE	[kg Sb-eq]	0,000125	5,02E-008	4,55E-007	-1,51E-005	5,33E-008	0	0	0	0	1,21E-008	0	3,83E-007	-2,88E-006
ADPF	[MJ]	327	7,66	3,34	0	0,066	0	0	0	0	1,85	0	7,41	-201
Caption: GWP = Global warming potential, ODP = Ozone depletion potential, AP = Acidification potential of soil and water, EP = Eutrophication potential, POCP = Photochemical ozone creation potential, ADPE = Abiotic depletion potential for non-fossil resources, ADPF = Abiotic depletion potential for fossil resources														

Derudover kan man diskutere den målsatte levetid for taget, da historisk praksis viser, at når først stråtaget var etableret, så var det 'kun' delvise reparationer over tid, som blev udført. Historisk set har det derfor været en sjældenhed at lave en komplet udskiftning af tagfladen.

Desuden tyder undersøgelser på, at stråtaget i sig selv har en varmeisolerende effekt. For tækning på plade er isoleringsevnen vurderes af Teknologisk Institut til en middelværdi i fyringssæsonen foreslås anvendt λ strå = 0,10 – 0,125 – 0,15 W/mK og for en ventilerede konstruktioner kan der jvf. DS 418 regnes med en isolansforøgelse på 0,09 m²K/W (Nielsen, 2020). I Holland er det tilladt at medregne stråets isolans i den samlede konstruktion af klimaskærmen. (Nielsen, 2020)

6.3 Kulturelt potentiale

Med undtagelse af Vadehavscentret læner de nutidige danske eksempler med tækkede facader sig formgivningsmæssigt op ad en 'traditionel' forståelse af typologien 'enfamiliehuse', hvor 1-1 ½ etager med saddeltag med en skarp, nærmest modernistisk bearbejdning af hjørner, muråbninger, tagfod er dominerende. Selvom stråets plastiske egenskaber og traditionen omkring dukker som ornament har et nationalt historisk tilhørsforhold, bliver dette formsprog og eventuelle evner som konstruktiv beskyttelse ikke afsøgt.

Desuden er råhuskonstruktionerne generelt baseret på kendte, moderne konstruktionstyper, der ikke nødvendigvis understøtter de nødvendige CO₂-reduktioner, som byggeriet bliver nødt til at honorere, hvis Danmarks samlet skal leve op til målsætningen om 70% reduktion af CO₂ niveauet sammenlignet med 1990 inden 2030. Stråtækte facader kan derfor ikke stå alene, som en bæredygtig løsning, men må ses i forhold til konstruktionens helhed. I sit formsprog kan nybyggeri med klima- og miljøtiltag f.eks. være udfordret i forhold til bygningens formidlingen af dets potentialer til brugerne og omverdenen. I denne kontekst kan stråtækte facader måske ansues som en understøtter og formidler af det konkrete byggeris fagspecifikke potentialer til lægfolk.

Selvom litteraturen om facadetækningstraditionen i Danmark er begrænset tyder de historiske bygnings- og skriftkilder på, at byggeskikken har været til stede, men ikke er har været genstand for større akademisk opmærksomhed. Traditionen har primært været at finde i den folkelige bygningskultur og måske særligt i pragmatiske, funktionelle og midlertidige bygninger, hvilket kan være årsagen til, at det ikke er blevet nævneværdigt dokumenteret. Erfaring fra

Holland tyder på, at en vedblivende samfundsbevidsthed om traditionen gør at strå i dag er bredt accepteret og anvendt som facadebeklædning i moderne byggeri.

I Danmark vurderes der at være en stigende interesse for bæredygtige byggematerialer, herunder lokalt producerede varer, som kan pege på en tilbagevendende til en mere regionalistisk arkitektur. I denne kontekst kan de tækkede facader komme til at spille en stor rolle i narrativet om genkomsten af en nordisk (bæredygtige) regionalisme. Dette kræver almen formidling af den tækkede facades tilstedeværelse og anvendelse i den historiske bygningskultur, samt en formsprogmæssig afsøgning og tilpasning af samme i en nutidig kontekst.

7.0 Opsummering

I Danmarks har der i det historiske byggeri været anvendt strå – både som tag og facadebeklædning. Strå som facadebeklædning er i dag ikke særlig belyst gennem kulturhistoriske optegnelser og rekonstruktioner, da det sandsynligvis har været anset som en pragmatisk teknik, hvorpå facader og indvendige vægge kunne beskyttes mod slid og vejrlig, eller haft præg af midlertidige løsninger i forbindelse med gavllukninger eller mindre funktionsbygninger. Dermed har teknikken ikke fået større bevågenhed af eftertiden, selvom teknikken har fungeret, som en konstruktiv beskyttelse og har haft et kunstnerisk udtryk og håndværk, som går ud over det stråtag, som kendes i dag.

I forhold til brand er der i det historiske byggeri ikke fundet nogle tydelige indicier for, at fortidens mennesker havde særlige materialer eller metoder til at sikre bygningen. Dog peger nyere tids lovgivning vedrørende brand, som er opstået i 1800-tallet, at der forudgående for lovgivningen må have været et kendskab og anvendelse af ler som brandhæmmer. Senere i 1900-tallet beskrives der i Byggebogen, hvorledes brand og ler kan anvendes som brandbeskyttelse i forbindelse med stråtag.

I Danmark findes der få eksempler på moderne bygninger med tækkede facader. Med undtagelse af et eksempel er de udført efter moderne, konventionelle konstruktionsmetoder og brandsikringen er udført i henhold til anvisningerne for brandsikring af stråtage. I forhold til nyeste lovgivning er dette ikke længere en mulighed, og der kan derfor ikke opføres huse med stråtækte facader, medmindre løsningen bliver godkendt på lige fod med de præaccepterede løsninger.

Derimod har Holland i flere år bygget nybyggeri med tækkede facader. Forsøg og undersøgelser peger her på, at hvis strået tækkes på fast underlag uden ventilerede hulrum, så forekommer der ingen væsentlig brandspredning, som ikke vil kunne håndteres indenfor almindelige brandslukningsforhold.

Strå har et meget lavt klima og miljøaftryk og anses i Holland som et tegn på bæredygtigt byggeri samtidig med, at det for hollænderne bærer en kulturhistorisk reference tilbage til mølleriet. I forhold til Danmark, hvor strået også har haft en relevans for facaden, peges der på, at strå også i en dansk kontekst vil kunne anvendes med kulturhistoriske referencer og være med til at etablere og understøtte en forbindelse mellem fortidens lokale byggeskik og den grønne omstilling i byggeriet.

8.0 Bilag

BILAG 1

Artikelscreeningen i denne udgivelse tager udgangspunkt i *Systematic Literature Review* (SLR). Metoden består af tre stadier, der hver kan inddeles i 3 trin med i alt 9 faser, som vist i figur 1.1 (NHS Center for Reviews and Dissemination, 2001)

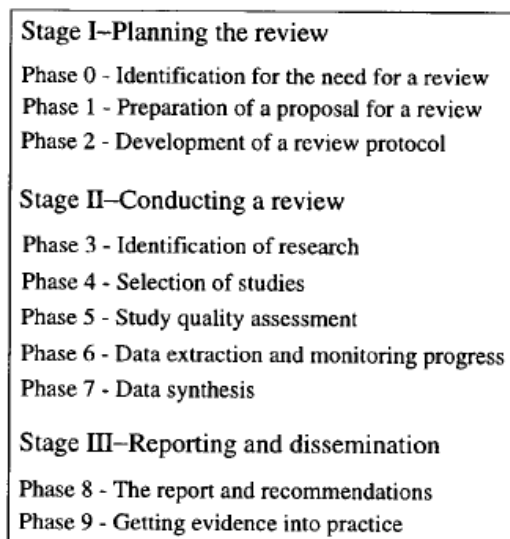


Fig 1.1.

Litteratursøgningen kan udvides med *Snow Ball Approaches*, hvor studiet suppleres med yderligere litteratur af udvalgte forfattere, referencer, rapporter eller andet forskningsmateriale, som er fremkommet i forbindelse med søgningerne, men som nødvendigvis ikke har været primære resultater af SLR-metoden (Gough et al., 2012).

Forståelsesrammen fra Snow Ball Approach er i dette studie også anvendt i forbindelse med informationsindsamling af viden fra udenlandske kilder, da studiets omfang og størrelse, som den fysiske og digitale adgang til kilder har været begrænset.

Snow Ball sampling er også en kendt inden for statistisk forskning, hvor undersøgelser i f.eks. svært tilgængelige befolkningsgrupper ikke foregår ved en bred tilfældig udvælgelse af deltagere, men er et udtryk for, forskerens personbårne adgang til gruppen og det netværk denne person repræsenterer (Johnson, 2014).

BILAG 2

Søgeblokke og afgrænsninger anvendt i de gennem søgte databaser

ADK	tæk* AND facade
forskning.ku.dk	tæk* AND facade
Orbit.Dtu	tæk*
SDU	tæk* AND facade
pure.au.dk	tæk* facade
KA bibliotek	tæk*
bibliotek.dk	tæk*

Dato: til og med maj 2020

dato: til 2021

dato: til 2021

dato: til 2021

dato: til 2021

filtre År: 1957-2021 Flade Tage Bygnings-
håndværk Bygningsbevaring Konstruktioner
Håndværk Danmark Byggeteknik Byggema-
terialer Tækning Tage Stråtage

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>

<rss version="2.0">

<channel>

<title>(tæk*) and (facet.subject="tækning"
or facet.subject="tækning" or facet.sub-
ject="tage" or facet.subject="tage" or
facet.subject="danmark" or facet.sub-
ject="danmark" or facet.subject="stråtage"
or facet.subject="stråtage" or facet.sub-
ject="tækkemænd" or facet.sub-
ject="tækkemænd" or facet.sub-
ject="uddannelse" or facet.subject="uddan-
nelse" or facet.subject="byggeri" or
facet.subject="byggeri" or facet.sub-
ject="håndværk" or facet.sub-
ject="håndværk") not (facet.subject="so-
ciale medier" or facet.subject="dansk skøn-
litteratur" or facet.subject="kommu-
nikation" or facet.subject="undervisning" or
facet.subject="internet" or facet.sub-
ject="facebook" or facet.subject="niklas
luhmann" or facet.subject="læring" or
facet.subject="digitale medier" or facet.sub-
ject="vokal" or facet.subject="digitale un-
dervisningsmidler" or facet.subject="it" or
facet.subject="systemteori" or facet.sub-
ject="biografier" or facet.subject="tang-
tage" or facet.subject="almendannelse" or
facet.subject="rock" or facet.subject="læsø"
or facet.subject="pop" or facet.subject="so-
ciale netværk" or facet.subject="tang" or
facet.subject="folkeskolen" or facet.sub-
ject="politik" or facet.subject="samfund" or
facet.subject="dansk film" or facet.sub-
ject="folkemusik" or facet.subject="gymna-
siet" or facet.subject="instrumental" or
facet.subject="mode" or facet.subject="or-
ganisationer" or facet.subject="organisa-
tionsteori" or facet.subject="sønderjyllands
amtskommune" or facet.subject="usa" or
facet.subject="det radikale venstre" or
facet.subject="didaktik" or facet.sub-
ject="filmproduktion" or facet.sub-
ject="hansine tækker" or facet.sub-
ject="medier" or facet.subject="nordfyns
kommune" or facet.subject="politiske par-
tier" or facet.subject="arbejdsmiljø" or
facet.subject="besættelsestiden" or
facet.subject="billedværker" or facet.sub-
ject="dagligliv" or facet.subject="dpli." or

facet.subject="electronica" or facet.subject="filmindustri" or facet.subject="finanskriser" or facet.subject="folkekirken" or facet.subject="jens m. lauridsen") not (facet.date="2022") not (facet.creator="jørn tækker" or facet.creator="christina tækker")</title>
<description>bibliotek.dk: nyhedsliste RSS-feed</description>

ADK	thatch* AND facade*	Dato: til og med maj 2021
pure.au.dk	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
forskning.ku.dk	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
SDU	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
bibliotek.dk	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
KA bib	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
narcis.nl	gevel AND riet*	Dato: til 2021
avery	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
DOAJ	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
JSTOR	thatch* AND facade*	Dato: til 2021
DTU orbit	thatch*	Dato: til 2021

ADK	(brandsikring OR brandhæmmer) AND ler	Dato: til og med maj 2021
forskning.ku.dk	ler brandhæmmer	Dato: til 2021
SDU	ler OG brand	Dato: til 2021
pure.au.dk	clay fire	Dato: til 2021
bibliotek.dk	clay AND fire retardant	Dato: til og med maj 2021
bibliotek.dk	ler OG brand	<title>(ler and OG and brand) not (facet.subject="sange" or facet.subject="sangbøger" or facet.subject="danske sange" or facet.subject="vokal" or facet.subject="vise" or facet.subject="musik-undervisning" or facet.subject="keramik" or facet.subject="klaver" or facet.subject="viser" or facet.subject="fædrelandssange" or facet.subject="lyrik" or facet.subject="poesi" or facet.subject="poetik" or facet.subject="danmark kunsthåndværk" or facet.subject="højskolesangbogen" or facet.subject="kunstnerkeramik")</title> <description>bibliotek.dk: nyhedsliste RSS-feed</description> <link>https://bibliotek.dk/da</link>
DTU orbit	ler OG brand	Dato: til 2021
pure.au.dk	ler brand	Dato: til 2021
DOAJ	clay AND fire retardant	Dato: til 2021
ADK	clay AND fire retardant	Dato: til 2021
SDU	clay AND fire retardant	Dato: til 2021

KOPI
Byggetilladelse.

Nov. 2021

Venlig hilsen Nik.
og Sigmundur

før hr. Søren Lauritzen Aarøe, gårdejer i Ørby, til reparation af sit stuehus i henhold til vedlagte plan.

Denne byggetilladelse vedrører kun den politimæssige bevilling af byggeriet, og kan uændret overdrages til tredje persons ret. Hvis byggeriet ikke er påbegyndt indenfor et år fra modtagelsen af denne bevilling, bortfalder gyldigheden. Påbegyndelsen og afslutningen af arbejdet skal anmeldes til kommuneformanden i Ørby.

Haderslev, den 4. juni 1889.

Journal nr 2015/89

Den kongelige herredsfoged I

Beskrivelse

af det på parcel 4e blad 1, artikel nr. 2 i Ørby beliggende Stuehus nr. 29 A, tilhørende gårdejer Søren Lauritzen Aarøe, som hidindtil har været opført af massiv grundmur, med undtagelse af den nordlige lægemur a - b, som er bindingsværk, - med stråtag, skal undergå en ombygning, som følger:

Bindingsværksmuren a - b bliver brudt ned, og en massiv brandmur, som kommer til at stå på det gamle stenfundament, opbygges. I denne nye mur, vil der 3 cm under gulvhøjde blive indlagt et isoleringslag af pap. De andre 3 mure bliver stående uændret, men bliver bygget 70 cm højere, så de får samme højde, som den nyopførte mur.

Tidligere var højden til husets tag 1,80 m, nu bliver højden til taget 2,50 m. Stråtaget forbliver uændret, og bliver, mens murene bygges højere, opkilet, for derefter igen at blive sænket. (Indsat) "Stråtaget over hele huset bliver syet med galvaniseret jerntråd, og over samtlige 4 indgitrede udgangsdøre i huset, skal taget i 4 m. bredde og op til mæningen understryges med ler.

Udbygningen, som findes på stuehuset (se situationsplanen) skal fjernes, den befinder sig på det i grundplanen med b - c betegnede sted, og gjorde værelse og soveværelse en del større.

Alle skillevægge i huset var tidligere af brædder, disse bliver alle fjernet og genopbygget af en $\frac{1}{2}$ stens massiv mur.

I disse mure bliver der ligeledes 3 cm. under gulvhøjde lagt et isoleringslag af pap. Skillevæggene bliver pudset og ydermurene bliver afpudset indvendig og pudset udvendig.

Den eksisterende gamle skorsten, som står ved "d" bliver brudt ned, og 2 nye bestigbare skorstene bliver opført på de steder, hvor de på grundplanen er mærket med 1 og 2. Alle 4 mure på skorstenene vil blive opført af fuldbændte mursten i kalk og muret med fuld udfugning, ind- og udvendig afrappet og opføres lodret til taget. Begge skorstenene bliver ført gennem mæningen, og overstiger denne med 1 m. Skorstenene holder en indvendig vidde af 43 cm. Nederst findes en indgangsåbning for skorstensfejereren, denne åbning lukkes med en stærk støbejernslåge.

Oppe under taget findes ingen åbning i skorstenen. På loftet bliver der ikke opbevaret brandfarlige genstande. Begge skorstene har samme bredde overalt.

Røgen fra en stueovn og et komfur ledes til skorsten 1. Til skorsten 2 ledes

9.0 Referencer

- Andersen, L. (2011). *Træk af dansk møllebyggeris historie*. Nordjyllands Historiske Museum.
- Andersen, L. H., Nummi, P., Rafn, J., Frederiksen, C. M. S., Kristjansen, M. P., Lauridsen, T. L., Trøjelsgaard, K., Pertoldi, C., Bruhn, D., & Bahmdorff, S. (2021). Can reed harvest be used as a management strategy for improving invertebrate biomass and diversity? *Journal of Environmental Management*, 300, 113637. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113637>
- Bak-Andersen, S. (2020). *Gammel viden til nye bygninger: Traditionelle byggematerialer og håndværksteknik i nutidigt byggeri*. KADK.
- Beim, A., Munch-Petersen, P., Ejstrup, H., Petersen, T. L., Amfred, L. Ø., & Larsen, K. H. (2021). *Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling: CO2-neutral brandsikring af lodret tækkede flader – et MUDP-projekt (Udstillingsfolder)*.
- 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 & Bagger.
- Bolig- og Planstyrelsen. (2022). *BR18*. <https://byggningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/05/Krav>
- Christensen, T. P. (1984). *Husene i Hesnæs* (S. Hartmann, E. K. Pedersen, & S. Kronborg, Red.).
- Crone, J. (2013). Een aabaar en landschappelijk icon » Bouwwereld.nl. *Bouwwereld.nl*. <https://www.bouwwereld.nl/project/een-aabaar-en-landschappelijk-icon/>
- Det Classenske Fideicommiss*. (2017, november 18). Corselitze. <https://corselitze.dk/fideicommiset/>
- Ehrhardt, B., & Brande, M. (1980). *Bygninger på Frilandsmuseet: Opmålings tegninger*. Frilandsmuseet.
- Ejstrup, H. (2019). *Varveisoleringens Tektonik—Hvad er der i fortiden for fremtidens byggeri?* KADK.
- Ernerstvedt, Å. (1995). Huset: Bustad, arbeidstad. *Hordamuseet*.
- Engelmark, J. (1983). *Københavns etageboligbyggeri 1850-1900: En byggeteknisk undersøgelse*. Statens Byggeforskningsinstitut.
- Engelmark, J. (2013). *Dansk Byggeskik: Etagebyggeriet gennem 150 år*. Realdania Byg. <http://danskbyggeskik.dk/lovgivning-og-teknik/byggelovgivning/k%C3%B8benhavn>
- Engevik, A. K. (1975). Byggeskikk i Nordhordland: Utvikling av bustadhus på 1700 og 1800 talet. *Fylkeskonseratoren i Hordaland*.
- EPD Danmark. (2017). *3rd party verified EPD*. EDP Danmark. <https://www.epddanmark.dk/media/hqtkqt2a/md-17001-en.pdf>
- Gnudtzmann, J. E. (1900). *Kortfattet Lærebog i Husbygning* (2. udg.).
- Gough, D., Oliver, S., & Thomas, J. (Red.). (2012). *An introduction to systematic reviews*. SAGE.
- Harald Langberg. (1968). *Skorstenspiber*. Foreningen til gamle bygningers bevaring / Arkitektens Forlag.
- holland.com. (2012, august 17). *The purpose of windmills in the Netherlands*. <https://www.holland.com/global/tourism/travel-inspiration/traditional/functions-of-windmills-in-holland.htm>
- Højrup, O. (1974). *Landbokvinden, rok og kæmpe: Grovbrød og vadmæl*. Kbh.
- Janse, E. W. (2010). *Brandveilige rieten daken: Detaillering gelijkwaardige oplossing*. SBR.
- Jensen, Chr. A. (1933). *Dansk Bindingsværk fra Renæssancetiden, dets Forhistorie, Teknik og Dekoration*. Gad.
- Johnson, T. P. (2014). Snowball Sampling: Introduction. I *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*. American Cancer Society. <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat05720>
- Kirk, F. (1979). Tre primitive sjællandske gavle. I *Arkitekturstudier tilegnede Hans Henrik Engqvist* (s. 160–163). Arkitektens Forlag.
- Kjeldsen, J. B., Jørgensen, U., & Erik Fløjgaard Kristensen. (1999). *DJF-rapport: Elefantgræs til tækkeformål*. Danmarks Jordbrugsforskning.
- Kjærgaard, P. (Red.). (1949). *Bygebogen 348.91 Stråtag—Marts 1949*. Nyt Nordisk Forlag. <http://www.danskbyggeskik.dk/pdf/get.action?pdf.id=106>
- Kaarup Jensen, J. (2020). *Naturens eget tag*. Stråtagets kontor; [eksp. Weks grafiske hus. laridanmark.dk. (2022). *Laridanmark.dk*.
- NHS Center for Reviews and Dissemination. (2001). *Undertaking Systematic Reviews of Research on Effectiveness, s.l.: CRD's Guidance for those Carrying Out or Commissioning Review: Bd. 2. edition*.
- Nielsen. (2020). *Varveisoleringsevne af stråtekning: 6 in situ målinger i testhus og 12 laboratoriemålinger på udtagne prøveemner fra gamle tage*. Teknologisk Institut. <https://straatagetskontor.dk/wp-content/uploads/2019/02/StraatagetsVarveisoleringsevne2020.pdf>
- Nielsen, B. (2017). Planterne er søens bedste renseanlæg. *Flodkrebsen*, 1. <https://www.soedoktoren.dk/Dokumenter/planter-soens-rensaanlaeg.pdf>
- Nielsen, N. A. (2008). *Dansk etymologisk ordbog: Ordenes historie* (5. udg., 1. opl. Uændret optr. af 4. udg., 5. opl). Gyldendal.
- Ove Biilmann. (2009). *Holland—Geografi* [Lex.dk]. Den Store Danske. https://denstoredanske.lex.dk/Holland_-_geografi
- Realdania. (2021). *Restaureringen af Stines Hus*. issuu. https://issuu.com/realdaniaby/docs/stines_hus_web/s/11110689

riet.com. (2022). *Geschiedenis van het rietendak—Vakfederatie Rietdekkers*. <https://www.riet.com/riet/geschiedenis.html>

Stoklund, B. (1963). Landbygninger indtil 1870. I H. Lund & K. Millech (Red.), *Danmarks bygningskunst fra oldtid til nutid* (1963. udg., Bd. 1963). H. Hirschsprungs forlag.

Storsletten, O., & Schjelderup, H. (2000). *Grindbygde hus i Vest-Norge. Eksempelsamling* (NIKU Temahefte 34). Norsk institutt for kulturminneforskning. <https://niku.brage.unit.no/niku-xmlui/handle/11250/2632985?locale-attribute=en>

Storstrøms amt. (2004). *Kulturmiljø: Miljøpolitikens tredje dimension*. <https://museumlollandfalster.dk/wp-content/uploads/2021/03/stubbek.pdf>

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

Thomassen, M. A., & Munch-Petersen, P. (2021). Tectonics of avoidance. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 855(1), 012003. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/855/1/012003>

Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*. *British Journal of Management*, Vol. 14, 207–222.

Tækkelaug. (2019). *Veludført stråtag*. Tækkelaug. http://straatagetskontor.dk/wp-content/uploads/2019/01/6848_Tækkelaug_Veludført-stråtag2019_15012019_enkeltidet.pdf

Uhde, R. (2013, april 9). *Bürgermahe unter Reet*. bba. <https://www.bba-online.de/flachdach/gruendach/neus-rathaus-mit-reet-dach/>

Vadstrup, S. (2012). *Brandsikring af stråtage*. Kulturstyrelsen. https://slks.dk/fileadmin/user_upload/SLKS/Omraader/Kulturarv/Bygningsfredning/Gode_raad_om_vedligeholdelse/4.7_Brandsikring_af_straatage.pdf

van Herpen, R. A. P., & Drost-Hofman, M. S. (2012a). *Brandveiligheid rieten gevels*. Nieman Raadgevende ingenieurs.

van Herpen, R. A. P., & Drost-Hofman, M. S. (2012b). *Ontwerpaspecten; Brandveiligheid van rieten gevels. A6010-1*. https://www.nieman.nl/wp-content/uploads/2012/03/A-601-uit-HB-Geevels_1.pdf

Verburg, W. (2010). *Roofs 2010-07-06 Brandveilige rieten daken | Dakweb*. <http://www.dakweb.nl/nl/roofs-2010-07-06-brandveilige-rieten-daken>

von Jessen, C. (Red.). (1986). *Landhuset: Byggeskik og egenspræg: gode raad om vedligeholdelse og istandsættelse*. Gyldendal.

Zaken, M. van A. (2011, januar 13). *Sdu Uitgevers—Contact—Rijksoverheid.nl* [Contact]. Ministerie van Algemene Zaken. <https://www.rijksoverheid.nl/contact/contactgids/sdu-uitgevers>

Zumsteg, J. M., Cooper, J. S., & Noon, M. S. (2012). Systematic Review Checklist. *Journal of Industrial Ecology*, 16(s1), S12–S21. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00476.x>

Øhavsmuseet. (2011). *Mølleordbog*. <http://www.molleordbog.dk/ordbog/nummer/?nummer=502>

Bilag 3. Materialer

Dette bilag er oversigt der kort beskriver de grundmaterialer der er indgået i brandforsøgene.

Tagrør

Tagrør er et af naturens egne geniale materialer. Et tagrør gror i vådområder og er derfor naturligt beskyttet imod den konstante fugt med et vokslag. Tagrør er et 1-årigt produkt der høstes med specielle maskiner til netop dette arbejde. Rørene som er 1,4 – 2,2 m. Sorteres, renses og bundtes og er efter lagring klar til brug. Dette materiale er et af de mest CO₂ neutrale materialer der kan anvendes til et tag. ([Kilde](#)).

Ler, lerjord, lerblandinger

Ler/moræneler

"Ler, bjergarts- eller mineralfragmenter (ofte af lerminerale) og partikler med en diameter mindre end 2 µm. Ler aflejres primært ved bundfældning af opslæmmet materiale i stillestående vand, fx søer, og i dybhavet, men findes også omlejret i fx istidsaflejringer som moræneler eller issøler. Ler bibeholder sin form ved tørring og bliver fast, bjergartslignende og permanent hårdt ved opvarmning eller brænding...

... Ler findes i naturen med mange forskellige sammensætninger; rene er kaolin, der er dannet ved forvitring af feldspat og næsten udelukkende består af mineralet kaolinit. I den anden ende af skalaen findes moræneler, der indeholder en stor del finsand og som regel også kalk og jernudfældninger..." ([Den store danske](#)).

Lerjord

"Lerjord til byggeri produceres af morænejord, som er et restprodukt fra byggeri og anlægsarbejde. I Danmark er det ofte muligt at aftale med lokale vognmænd, at de leverer jorden gratis direkte fra forskellige byggepladser. Jorden skal være dokumenteret 100 % ren [red. renses for organisk materiale og forurenende stoffer] og lerindholdet skal være 10-20 %. Der tilsættes evt. sand, hvis lerindholdet er for højt.

Jorden bliver behandlet først i en tromle, der knuser klumperne og dernæst kørt igennem et sold, der sorterer de større sten fra. Det helt fine ler bliver også sigtet fra og bruges til lermørtel. Dette blandes med sand 1:3." Kilde: [Bæredygtigt Byggeri](#).

Lersten/ lermørtel og lerpuds

"Byggematerialer af ler: lersten, lermørtel, lerpuds og lerplader, bliver fremstillet af moræneler, en råvare, der er ubegrænsede mængder af i Danmark. Produktionen er langt mindre energikrævende end sammenlignelige produkter, og det eneste, der indgår i produktionen, er opgravet rent ler, tørring/vand og energi. Byggeri med ler giver samtidig en stor masse i bygningen, som henholdsvis kan fungere som varme- og fugtbuffer, og henholdsvis medvirker til et godt lydmiljø." Kilde: [MUDP-Rapporten - Det åndbare Hus, s. 20](#).

Lerpuds - specifikationer

Moræneler i 0-2 mm og 0-5 mm. Da Moræneler er en naturlig blanding af ler og sand forhandles det i disse to størrelser:

0-5 mm fungerer godt som grundpuds.

0-2 mm er både beregnet til opmuring og evt. finpuds.

Til opmuring fremstilles lermørtel ved at blande lerpulver og grus (0-4 mm) i forholdet 1:2 og tilsættes vand til passende konsistens, samt armeringsnet. Mørtlen blandes grundigt. Til pudsning laves først en grusblanding af 1/5 0-4 mm grus og 4/5 0-2 mm grus. Lermørtel fremstilles herefter ved at blande lerpulver og grusblanding i forholdet 1:1,6 og tilsættes vand til passende konsistens. ([Byggeladen](#)).

Lerklæber/-armeringsmørtel

Lerklæber er et plastisk mineralsk klæbemiddel baseret på ler. Det består af:

Sand med op til 1,0 mm korn, ler, talkum, perlite, plantefibre og cellulose (hovedkomponent i plantecellevægge) ([Kilde](#)).

Kaolin

"Kaolin er en sædvanligvis hvid eller hvidlig bjergart domineret af ler og med lavt jernindhold. Kaolinit er det dominerende mineral i de fleste kaoliner. De største forekomster findes i Cornwall, Georgia og South Carolina, USA. Kaolin bruges desuden synonymt med kaolinit som fællesbetegnelse for alle tolags dioktaedriske silikater. Disse opdeles i kaolinit, nakrit og dickit.

Den rensede kaolin anvendes i sin rene form til fabrikation af hvidtbrændende keramik (porcelæn og stengods-fajance); urene former, bl.a. såkaldt ball-clay, kan bruges til stentøj eller ildfaste sten. En stor del af kaolinproduktionen anvendes som fyldstof i papir og gummi, og kaolin anvendes også som overfladebelægning på papir." ([Den store danske](#)).

Kalk, Kalkvand, Ammoniak

Kalk

Rødvig kulekalk er en hvid kalkdej (calciumhydroxid, $\text{Ca}(\text{OH})_2$), som, i modsætning til hydraulisk kalk, hærdet ved tilførsel af luft (optagelse af CO_2). Den er fremstillet af Faxe stykkalk, som er læsket med vand og lagret i et underjordisk kuleanlæg i min. 2 år. Den lange lagring får kalkpartiklerne til at finde sig til en størrelse på under 0.01 mm. Dette giver kulekalken en særlig god hæftningsevne og stor smidighed. Til særligt krævende opgaver vil det være en fordel at anvende kulekalk, som er lagret i mindst 5 år. Herved er kalken endnu mere findelt og smidig. ([Renovering, kulekalk](#)).

Kalkvand

Rødvig Kalkvand er en klar og mættet opløsning af calciumhydroxid til beskyttelse af kalkede og pudsede overflader eller blankt murværk - og til blanding af kalkprodukter til opgaver, hvor der ønskes særligt gode egenskaber af produkterne. ([Renovering, kalkvand](#)).

Ammoniak

Ammoniak (NH_3) dannes når urin og afføring blandes og bliver til gylle. Bakterierne i afføringen omdanner urinstoffet i urinen til fordampelig ammoniak. Nogle af afføringsbakterierne indeholder enzymet urease, som er ansvarlig for den enzymatiske omdannelse af urinstof til ammoniak. (Henrik Karring, SDU). Ammoniak er en giftig gas med en ubehagelig lugt. Det er det næstmest producerede kemikalie i verden. Ammoniak bliver primært brugt til at lave kunstgødning. Ved kunstig fremstilling er reaktionsligningen for ammoniak: $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$ ([SDU](#)).

Lerplader

CLAYTECH/Clayboard D20/25 er en konstruktionsplade til indvendig beklædning af bygningskonstruktioner bærende/ikke-bærende. Det er et velkendt materiale i Tyskland og har været

anvendt som indvendig beklædning i årtier. Den består af ler, perlite, en 'kerne-armering' i tag-rør og en overflade beklædning af et net bestående af hamp/jute.

Brandbeskyttelse På grund af indholdet af 'vand bundet i krystallinske materialer' [red. Også benævnt som, hygroskopiske egenskaber som definerer evnen til at absorbere vanddamp fra luften], har CLAYTEC Clay byggematerialer middel brandbeskyttelsesegenskaber med hensyn til brandmodstandsdygtighed. I modsætning til gipsmaterialer bliver de dog ikke skøre i tilfælde af brand, men hærdner. Ved enkeltlagsbeklædning er væggene testet for op til brandmodstandsklasse EI90 (F90).

Product sheet

CLAYTEC®
Building with Clay

Clayboards

Item No. 09.004

thickness = 20 mm, L= 1.500 mm, W= 625 mm

- The original 'Clayboards', on the market since 1996
- Medium-heavy, stable thanks to reed inlay



Drywall board made of clay and reed for cladding of wood and metal post structures of inner walls, facing shells, ceiling and roof surfaces. Claytec Clayboard acts both as drywall board and clay plaster. It was created based on manual experience and has been on the market for over 20 years. With a bulk density of 700 kg/m³ it offers clay mass and is easy to handle. As supplement to this product sheet the **CLAYTEC Guidelines for ecological drywalls in system apply.**



Table 15: Fire protection walls with planking

Item No.	Drywall boards	Build. material class	Wall construction	Total wall thickness	Fire resistance class
09.002	CLAYTEC Clayboard D25	B1*	UK: Wood 6/4 cm - Filling: Cellulose board planking: Simple + 3 mm clay layer	Approx. 120	F30*
09.015	Clayboard heavy (LEMOX) D16	A1	Double planking + Joint filling	Approx. 40	F30
09.014	Clayboard heavy (LEMOX) D22	A1	UK: Wood 6/6 cm - Filling: Natural insulation planking: Simple + Joint filling	Approx. 120	E145 (F30)**
09.016	Clayboard heavy (LEMOX) 2 x D16	A1	UK: Wood 6/6 cm - Filling: Natural insulation planking: Simple + Joint filling	Approx. 140	E190 (F90)**
09.014	Clayboard heavy (LEMOX) D22	A1	UK: Wood 8/6 cm - Filling: Natural insulation planking: Double + Joint filling	Approx. 160	EF20 (F120)**
09.014	Clayboard heavy (LEMOX) D22	A1	UK: Wood 2 x 6/6 cm - Filling: Natural insulating material, planking: Double + Joint filling	Approx. 190	E160 (F160)**
09.221	CLAYTEC HFA N-F D20	B2	-	-	Not tested
09.223	CLAYTEC HFA N-F D25	B2	-	-	Not tested
09.226	CLAYTEC HFA maxi	B2	-	-	Not tested

* No test, only test reports

** H 3,000 mm, rigid ceiling connection. For deviations and installation of sockets etc., please consult us separately.

[Clayboard](#)
[Arbeitsblatt](#)

Bilag 4. Interessentundersøgelse

Dette bilag redegør for en mindre interessent undersøgelse foretaget i den afsluttende del af projektet. Interessentundersøgelsen er udfærdiget af Henriette Ejstrup, Arkitekt, Ph.d., Adjunkt ved CINARK, Institut for Bygningskunst & Teknologi, Det Kongelige Akademi.

Baggrund

Som opfølgning på projektet "Tækkede facader med ler som brandhæmmer_CO₂ neutralt byggeri til den grønne omstilling" blev der i perioden 13. september til 6. oktober 2022 udført en interessentundersøgelse. Undersøgelsens formål er at give et indikativt svar på, hvorvidt byggebranchens aktører kan se et marked for og en anvendelse af tækkede facader og ler som brandhæmmer, samt hvilke barrierer eller fordele de ser ved produktet, byggeteknikken og det arkitektoniske udtryk. CINARK takker alle de deltagende interessenter for engagementet i undersøgelsen.

Metodisk afsæt

Undersøgelsen er udformet som en kvalitativ analyse struktureret omkring et spørgeskema. Der tages udgangspunkt i interessenternes subjektive viden og fornemmelser om byggebranchen. Spørgeskemaet indeholder 6 spørgsmål, der beder interessenten forholde sig både til positive og negative aspekter ved tækkede facader og ler som brandhæmmer.

Interessenterne er valgt på baggrund af en repræsentativ udsnit af byggebranchens aktører her i blandt interesseorganisationer, praktiserende arkitekter, håndværkere, leverandører. Forbrugeren/aftageren er ikke repræsenteret i undersøgelsen. Syv udvalgte interessenter blev kontaktet telefonisk og udlagt undersøgelsens kontekst og formål, hvorefter de fik tilsendt en e-mail med et spørgeskema samt posters udviklet til udstillingen af projektet på *International Conference of Structures and Architecture* på Aalborg Universitet fra 6. juli – 8. juli 2022 (Jf. bilag 1-3).

I to tilfælde blev det vurderet, at yderligere oplysninger kunne være gavnende for interessentens forståelse af projektet, hvorfor der også medsendtes en folder om projektet udviklet til særudstillingen "70 % Less CO₂ – omstilling til en levedygtig tidsalder" på Det Kongelige Akademi 7. oktober 2021 - 14. januar 2022.³⁹ Tre af de inviterede deltagere besad en dobbeltrolle i det de også er involveret direkte eller indirekte i projektet. Fem af de inviterede interessenter besvarede undersøgelsen, heraf to med dobbeltrolle, som er synliggjorte ved markering med asterisk:

Jesper Salling, Direktør, DI Træsektionen
Lasse Koefoed*, Formand, LØB – Landsforeningen for Økologisk Byggeri
Henrik Andersen, Associated Partner, KHR Architecture
Mette Nymann, Partner, LOOP. Architects

³⁹ Anne Beim et al., "Tækkede Bygningsfacader Til Den Grønne Omstilling: CO₂-Neutral Brandsikring af Lodret Tækkede Flader – et MUDP-Projekt" (Udstillingsfolder), okt. 2021.

Lars Keller*, Direktør, ECOCOCON Danmark

Analysen af de 5 spørgeskemaer er foretaget som en kodning af besvarelserne under overskrifterne *marked*, *bruger og konkurrence*, *bygbarhed* og *barrierer*. Derefter er besvarelserne under de tre forskellige kodninger blevet sammenskrevet som et anonymiseret ekstrakt, hvor sammenfaldende udtalelser fra mere end to interessenter danner baggrund for en generaliserende fremstilling. Spørgeskemaerne er en del af CINARKs baggrundsmateriale for undersøgelsen og er ikke offentliggjort i nærværende rapport.

Fejl og mangler

Undersøgelsen er foretaget på baggrund af meget få interessenter hvilket gør, at analysens udsagn ikke kan anses som værende alment repræsentativ for branchen. Desuden har interessenterne primært forholdt sig til strå som facademateriale og i mindre grad til ler som brandhæmmer. Dette kan skyldes en fejl i spørgeskemaets spørgsmål, hvor det ikke er specificeret, at spørgsmålet også omhandler ler som brandhæmmer. Derudover kan det pege på, at projektet ikke er forklaret grundigt nok i den indledende dialog, eller at det primært er billedmaterialet og i mindre grad brødteksten i det medsendte materiale, som interessenten har forholdt sig til.

Desuden har der været en lavere andel af svar til skemaets spørgsmål 4:

"Hvad ser du som den største styrke for tækkede facader i forhold til byggeriets processer?"

Det kan betyde, at spørgsmålet har været formuleret for bredt/ukonkret eller at der umiddelbart ikke kan anses for at være nogle styrker i arbejdsgangene i byggeprocesserne i forbindelse med tækkede facader og/eller med tækkede facader og ler som brandhæmmer.

Sammenfatning af analysen

Marked, brugere og konkurrence

Generelt anser interessenterne det for sandsynligt, at der kan skabes et marked for tækkede facader, hvor drivkraft for udviklingen primært tilskrives materialets æstetiske udtryk og muligheder, samt en stigende samfundsmæssig bevidsthed om biogene materials bæredygtighed og signalværdi. Konkret nævnes områder som, den unge klimabevidste generation, nybyggere, økosamfund, sommerhuse og byggeri i åbent land som mulige aftagere. Der henvises også til erfaringer fra Holland, hvor tækkede facader i forbindelse med boligbyggeri er blevet mere udbredt de seneste år.⁴⁰

Desuden indikerer undersøgelsen generelt, at strå som facadebeklædning kunne være i konkurrence med f.eks. træbeklædning, der formodes at blive anset af brugeren som bæredygtigt og mindre vedligeholdelseskrevende end strå. Derudover bliver problematikker fremhævet i forbindelse med forsyningskæden, hvor geopolitiske kriser kan hindre løbende leverancer.⁴¹

Bygbarhed

Interessenterne peger overordnet på, at tækkede facader og ler som brandhæmmer kræver arkitekter og håndværkere, som kender materialerne og arbejdsprocesserne godt og som kan bearbejde disse med henblik på et radikal anderledes udtryk, end den traditionelle og folkelige arkitektur. I samme forbindelse peges der på manglen på håndværkere, herunder tækkere med kendskab til facadetækning, samt bedre viden blandt projekterende vedr. de byggetekniske forudsætninger for tækning. Materialets plastiske egenskaber fremhæves generelt, som en styrke i forhold til formgivning, detaljering, sammenføjninger og uafhængighed af standardmål på elementer og komponenter.

⁴⁰ Jf. Historisk undersøgelse, MUDP-rapport

⁴¹ Pga. den store manuelle arbejdskraft forbundet med rørhøst, er importen af tagrør steget gennem de sidste 40 år, mens den nationale produktion er faldende. Danmarks import sker fra lande som Polen, Estland, Letland, Ungarn, Ukraine, Rumænien, Tyrkiet og Kina (Kaarup et. al, *Af rapportering: Flere danske tagrør på tagene*, 2022). (Eget notat Jørgen Kaarup.?)

En anden generel tendens er, at der efterspørges vidensdeling blandt de udførende og rådgivende parter, samt flere referenceprojekter. Helt projektnært peges der også på, at optimering og adskillelse af arbejdsgange mellem tækkerne og murerne, som påfører ler, må undersøges nærmere. Det nævnes også, at der kan være fordele ved, at tækkeren står for både tag og facade, hvorved færre fagligheder involveres, hvilket smidiggøre arbejdsgangene. I forbindelse med byggepladsen fremstilles der også en opmærksomhed på materialets øget krav til vejrlig i denne forbindelse også på byggepladsen, hvor f.eks. overdækning kan være nødvendigt under opførslen. Overordnet angives oplysning som værende en nøgle til at skabe viden og dialog om materialet, men også lovgivningsmæssige strategier, der på nationalt plan angiver, hvor der kan bygges med strå.

Barrierer

Pris og brandfare nævnes gennemgående som en barriere for, at tækkede facader ville kunne finde indpas i bygningskulturen. Særligt brand er hyppigt nævnt og der peges på nødvendigheden af gennemtestede løsninger, men også generel oplysning om strå og brand. Derudover peges der på manglende viden om vejrligets påvirkning, fugt, vedligehold og mekanisk slid (f.eks. påvirkning af mennesker og genstande) af tækkede facader. I samme forbindelse nævnes manglende viden og oplysning om levetider og der rejses et spørgsmål vedrørende konsekvensen af EPDer generiske 50 års referenceperiode og samfundets tolkning og ageren i henhold hertil.

Et andet opmærksomhedspunkt, som kom til udtryk i svarene, er en bekymring om den samfundsmæssige forudindtaget opfattelse af strå. Der blev bl.a. peget på, at brugeren opfatter tækkede flader som værende mere vedligeholdelsesmæssigt krævende end f.eks. træ, at det er et gammeldags og umoderne udtryk og at patinering af materialet opfattes som uskon. Der blev også peget på en kulturel vanetænkning i både æstetik og materialevalg, kunne være en barriere for det radikale anderledes udtryk tækkede facader medfører. En anden peger på, at tækkede flader og den direkte reference til Danmarks arkitektoniske kulturarv kan være en styrke i forhold til, at materialet og byggeteknikken igen vinder indpas i bygningskulturen.

Konklusion

Undersøgelsen peger overordnet på, at interessenterne efterspørger viden og oplysning om brand, vedligehold, viden om vejrlig og fugt påvirkning i relation til tækkede facader. Dette indikerer, at der er et behov for gennemtestede og veldokumenterede løsninger for brandhæmning af tækkede facader som anvendelige referenceprojekt for de praktiserende og udførende parter. Desuden efterspørges der generelt mere vidensdeling på tværs af byggebranchens fagligheder, samt flere håndværkere med de rette kompetencer.

Desuden tyder undersøgelsen på, at der i samfundet er en kulturel forudindtaget forståelse af strå som byggemateriale, hvilket kan være den måske væsentligste barriere for, at byggeteknikken kan finde anvendelse i praksis. For at ændre et narrativ om, at strå er gammeldags, usikkert og vedligeholdskrævende, vil der skulle udføres målrettet og strategisk oplysning om materialet og byggeteknikken både i uddannelsessystemet, ved byggeriets mange aktører og ikke mindst ved slutbrugeren.

Bilag 4.1 Følgemail – eksempel

Fra: [Henriette Ejstrup](#)
Til: [REDACTED]
Emne: Interessentundersøgelse - tækkede facader
Dato: [REDACTED]
Vedhæftede filer: [Udstillingsfolder_dk.pdf_reduceret.pdf](#)
[image001.png](#)
[Interessentundersøgelse_spørgeskema.docx](#)
[MUDP plakater_A0_engelsk_rettet_040622022.pdf](#)

Kære [REDACTED]

Tak fordi du vil være med i undersøgelsen. Spørgeskemaet er vedhæftet her. Jeg har også vedhæftet en folder om projektet samt den poster, der fulgte med konstruktionen, da den blev udstillet på ICSA i Aalborg i juli. Som sagt vil du som udgangspunkt ikke blive citeret direkte i rapporten, men hvis dette bliver relevant, vil jeg kontakte dig, så du er orienteret om og enig i hvilke citatet og i hvilke sammenhæng i rapporten det anvendes. Skriv eller ring endelig til mig, hvis der er yderligere spørgsmål eller generelle kommentarer.

Venlig hilsen

Henriette

Henriette Ejstrup
Cand. Arch., Ph.d., Adjunkt
Institut for Bygningskunst og teknologi, CINARK

M: [+45 2943 9516](tel:+4529439516)

E: hejs@kadk.dk

Det Kongelige Akademi -
Arkitektur, Design, Konservering



W: www.kglakademi.dk

[Facebook](#) [Twitter](#)

[LinkedIn](#) [Vimeo](#) [Instagram](#)

Bilag 4.2 Spørgeskema

MUDP. Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling: CO₂-neutral brandsikring af tækkede lodrette flader

Interessentundersøgelse

Baggrundsdata

Navn	
Stilling	
Rolle (i projektet)	<i>Hvis dette ikke er relevant, efterlades feltet blankt</i>

Spørgsmål 1

Med udgangspunkt i, at væsentlige problemstillinger mht. brand, fugt mv. løses, ser du et marked for tækkede bygningsfacader? Hvorfor/hvorfor ikke?

Spørgsmål 2

Hvad forestiller du dig vil være den største styrke for tækkede facader i forhold til forbrugerens efterspørgsel?

Spørgsmål 3

Hvad forestiller du dig vil være den største udfordring for tækkede facader i forhold til forbrugerens efterspørgsel?

Spørgsmål 4

Hvad ser du som den største styrke for tækkede facader i forhold til byggeriets processer?

Spørgsmål 5

Hvad ser du som den største udfordring for tækkede facader i forhold til byggeriet processer?

Spørgsmål 6

Hvilke samfundsmæssige barrierer (f.eks. lovgivning, produktion) eller byggetekniske problemstillinger (f.eks. fugt, slid), som ikke bliver belyst i nærværende projektet, ser du som den vigtigste at få afklaret i videre undersøgelser (nævn gerne flere f.eks. i prioriteret rækkefølge).

THATCHED FACADES & GREEN TRANSITION

CO₂-neutral fire protection of thatched vertical surfaces

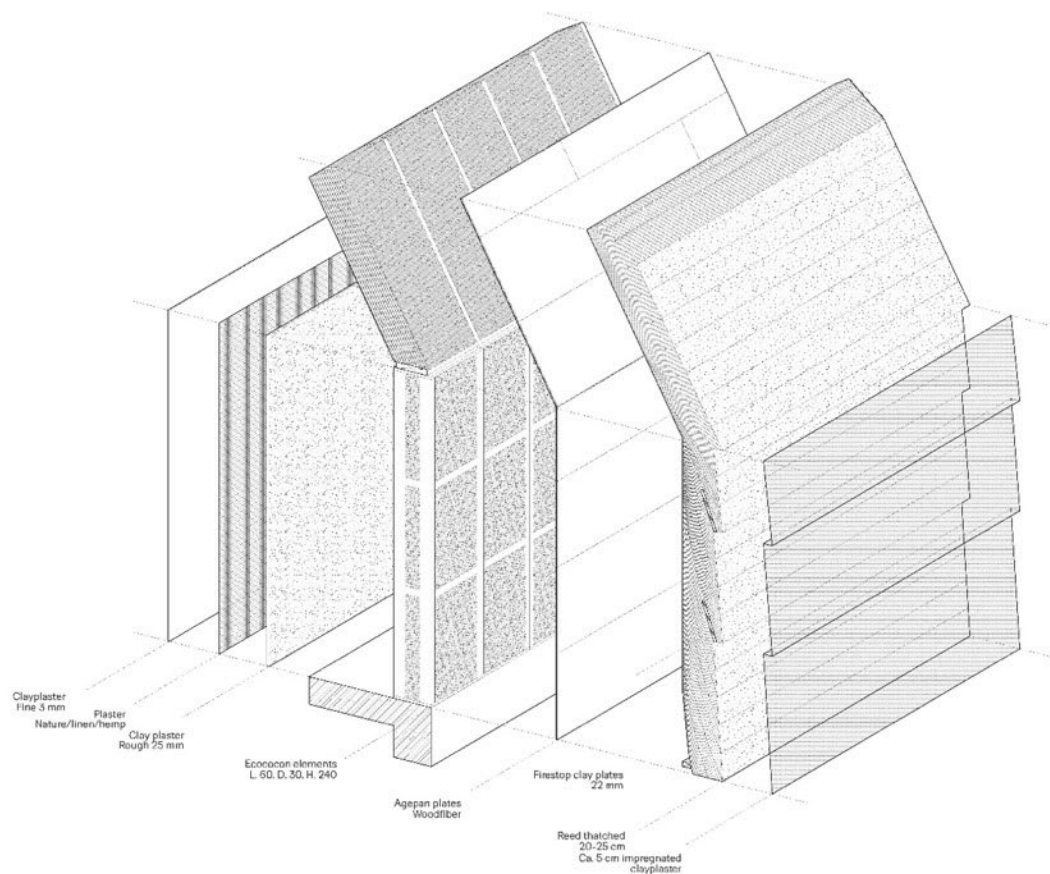
About the MUDP Project

How can we create architecture that really contributes to the green transition?
How can we increase the use of biogenic materials in construction?
How can we build in ways where we combine the best knowledge from traditional building culture with contemporary efficient construction methods?
These overall questions form the background of the project, which is looking at the possibilities for increasing the use of CO₂-neutral building materials, surface treatments and construction solutions.

Purpose

The idea of the project is to develop and test new sustainable construction solutions for roofed building facades, which are environmentally friendly and fireproof - and which in the long run can be scaled to an industrial level.

The focus is on fire safety, which is one of the key challenges when building with bio-genic materials. Specifically, it is tested how different types of clay mixtures can be used as environmentally friendly fire retardants in building facades - either as a surface treatment or built into the construction.



CO2-NEUTRAL FIRE PROTECTION OF THATCHED VERTICAL SURFACES - A MUDP PROJECT

About the exhibition

The exhibition shows 'work-in-progress' as the MUDP project has not yet been completed. This construction - SHOWS A THINKE HOUSE CORNER - and is one of several steps on the way to an overall understanding of how roofed building facades can be developed with focus on a green transformation of construction.

The project contains three basic components: Mapping of clay use in thatched roof building structures in Denmark and internationally (focus: Northern Europe) - both historical building culture and in contemporary construction. Development, design, and construction of covered test structure, with subsequent technical quality assurance.

Comparative fire tests of building facades / construction sections, which show how the clay-based fire-retardant solutions perform on different parameters. Technological news value: A combination of clay and thatched roof is interesting from a sustainable perspective, as both materials are 'produced' locally without major processing and they are at the same time 100% biogenic.

This results in building constructions with a very small CO2 footprint, as neither large resources are used for production nor transport, which is a prerequisite for leading the construction towards a 70% CO2 reduction compared to the 1990 level, (which must also be reduced by 2050 100%).

In this context, clay is considered to have many positive construction/technical properties, including a good fire-retardant effect. Clay has also been used for that purpose in construction throughout history, both at home and abroad. However, no realisable full coverage constructions have been developed solutions with biodegradable fire protection and which have been tested according to required standards, neither in Denmark nor internationally. The project is therefore considered to be the first of its kind. In order to meet the Government's ambition to reduce CO2 emissions by 70% by 2050, it is important that all forms of CO2 savings and measures are utilized optimally.

A spread of not only covered roof surfaces, but also covered facades will have a great effect, and the project's long-term goal is to support the spread of covered vertical surfaces in Denmark. Thatched roof benefit the environment, both in production / cultivation, in use and at disposal.

An additional CO2 saving on the production of synthetic membranes or chemical flame retardants, as well as the disposal of these, can be avoided if also the fire protection becomes biodegradable. The requirement for energy efficiency in buildings has paradoxically led to a very resource-intensive construction technique, both in relation to the production of building materials and in the construction of the building. In some cases, more energy is spent on constructing the now energy-efficient buildings than can be achieved by energy savings in the operation of the buildings.

Therefore, it is important that a sustainable development of construction is not only about more conventionally efficient buildings, but also the development of new construction solutions and materials that have a low CO2 footprint throughout the value chain - from material production, to construction, operation and disposal. There are many environmental benefits to increasing the use of roof reed in construction.

The production of reed has a much lower emission of greenhouse gases compared to the production of most conventional building materials. This is because reed canopy and thatch, like all living organisms, absorb and bind CO2 from the atmosphere during the growing season and therefore reed forest is often referred to as the 'lungs of the earth'.

At the same time, the cultivation of reed forest has a positive effect on the aquatic environment. Reed absorb nutrients such as nitrate and phosphate from wetlands, which counteracts oxygen depletion and algae growth.

Construction culture and fire protection thatched roofs have historically been one of the primarily used roof constructions in Denmark, and are therefore already a large part of Danish building customs and cultural heritage.

A proliferation of covered surfaces will not only strengthen the relationship to our cultural heritage, but bring it into the modern world, where not only roof surfaces are covered, but also facades and other vertical building surfaces. A primary reason for moving away from thatched roofs was the great fire hazard of thatched roofs.

Today, the roof is secured, both with impregnating agents, the use of membranes and a more 'fireproof' installation of the straw.

The next step in developing the construction technology solutions in an even more sustainable direction is to make fire protection equally natural, biodegradable and energy efficient like the roof reed.

Application of project results

The new roofing solutions with clay as fire protection have been developed in close collaboration with central construction companies, a GTS Institute / fire engineering and TekniKlaug's branch office, as it is important that the solutions fit into established workflows and production methods in construction.

The focus is therefore on the new construction technical solutions being easy to perform, can be scaled and possibly used in construction immediately.

The biggest challenges on the way to the market in both Denmark and the country will be to develop standardized construction technical solutions that meets building legislation and fire requirements in the various EU countries. In the long run, there will therefore be a focus on getting construction solutions tested on the Danish market, and then on e.g. the Dutch market, where there is already a strong tradition of roofing solutions in construction.

The results of the project are intended to inspire Danish architects, consultants, builders, contractors and construction manufacturers in the development of biogenic solutions and construction products with biogenic fire protection (clay). In addition, it is aimed at Danish fire advisers.

An architectural plant in straw

Vadehavscenteret made headlines in 2017, also outside architectural circles, when Doris Mandrup Arkitekt completed the expansion of a small museum which was to be located on the edge of the Wadden Sea's sensitive coastal landscape. The large house had COVERED SURFACES FROM HEAD TO FOOT! Roofs and walls slid into each other in one cohesive material, with openings for windows and doors, as if they were cut out of a large mass of thatched reed. Vadehavscenteret simply shifted the understanding of how to use roof reed in new ways as exterior cladding also in larger buildings.

The thatched roof was lifted out of the farmhouse loyil and moved into the prestigious architecture via a strong and modern design language. Now it went just as well... But the Vadehavscenteret and other similar construction solutions are unfortunately just - for the new fire requirements that were launched in January 2020, make it no longer possible to build that way. Vertically covered surfaces are not included in the pre-accepted solutions and will therefore require special tests and demonstrations.

At a time when we have to convert construction to green solutions and have to use more biogenic materials because we NOT ONLY have to reduce our CO2 footprint, but also think in terms of resource features and biodiversity - IS THIS SITUATION NOT PROMOTING NEW DEVELOPMENT AND RADICAL CHANGES?

The house corner

The covered house corner is A PROTOTYPE, where thatched reed are clay impregnated with MORAINELS ON THE VERTICAL SURFACES and where Clay slabs are INTEGRATED AS A FIRE STOP to prevent flame spread from the facade. The house corner responds primarily to problems around fire protection of biogenic materials, but also addresses other IMPORTANT ASPECTS IN BUILDING CONSTRUCTIONS WITH BIOGENIC MATERIALS. WE HAVE CHOSEN TO SHOW THE FIRE-SAFE SOLUTION ON A REAL CONSTRUCTION, which can be built according to current rules.

It is listed as a 'WARM' and 'BREATHABLE' CONSTRUCTION, where all layers are DIFFUSION OPEN AND IN DIRECT CONTACT with each other (ie without venting). Here is the covered part of the construction also included in the total insulation value.

The roof has got a slope of 60 degrees to optimize the life of the roof / reed. The basic load-bearing structure is in ECOWOOD elements (b. 600, d. 300 x 2400 mm) which are wooden cassettes insulated with compressed straw. Inside, they are treated with clay plaster, respectively a coarse (dark) for approx. 25 mm and a fine (white) approx. 3-4 mm, which contributes to a good indoor climate by automatically regulating fluctuations in humidity and temperature.

Exterior elements clad with fiberboards 22 mm of the brand AGEPLAN, which acts as a wind stop and solid base for mounting roof reed and clay boards. The cover plates for the exhibition only have been applied approx. 20 mm moraine clay from the outside, but in the fire tests the moraine clay has been applied in between the cover layers.

Fire test

As FIRE TEST IS INCLUDED AS A CENTRAL ELEMENT IN THE PROJECT and it has initially been important to clarify in which way the newly developed constructions were to be tested and which standards it made sense to measure against. It also had to be clarified whether it was fire protection on the surface or whole construction and / or the spread of fire to be investigated that the test methods have been developed in parallel with the actual construction types that were to be tested. Previously, various types of impregnation such as MORAINELS, CLAYER ADHESIVE, HORSE DOLL AND LIME and two different ways to apply these, on the covered surfaces have been tested in initial clarifying fire test.

Test is based on BR18 and uses a function-based approach. ** as the 'pre-accepted solutions' were not suitable. Finally, it was decided to ONLY FOCUS ON THE PART OF THE CONSTRUCTION THAT IS THE 'RAIN SCREEN' (THE COVERED LAYER AND THE IMPREGNATION), ie not the entire structure of the wall construction.

The project falls into different parts, where two rounds of fire tests have been carried out. The first in the form of Mini-S21 (Single Burning Item test (EN13823)) to determine which impregnation method has the best fire technical properties. Here, a total of 14 types have been tested. Type: Fully impregnated with moraine clays were selected for the following scaled up fire tests.

The second was three full scale tests in 1200 x 2400 mm (ISO 15783-3:2002 (E)), an unimpregnated, a fully impregnated smooth and a fully impregnated profiled with clay plates as a fire stop. THE TEST RESULTS HAVE BEEN SURPRISINGLY POSITIVE in favor of using clay as a fire retardant. THE RESULTS WILL BE PRESENTED IN THE FINAL REPORT OF THE MUDP PROJECT.

Project parties

The project is financed by the Danish Ministry of Culture (Kulturministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet).

Project parties of the exhibition

The exhibition is financed by the Danish Ministry of Culture (Kulturministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet).

Prior study projects

The project is financed by the Danish Ministry of Culture (Kulturministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet). The project is also financed by the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet) and the Danish Ministry of the Environment (Miljøministeriet).

Bilag 5. Brandtest Mini-SBI & SBI-metoder

Dette bilag indeholder DBI RAPPORT, Arbejdspakke 2.4, som beskriver de to testfaser med forskellige typer imprægneringsmaterialer og konstruktionsopbygninger ved brug af henholdsvis Mini-SBI-test (14 stk. testemner) og SBI-test (3 stk. testemner)

Mini-SBI er en geometrisk nedskaleret version af SBI-testen (EN13823), som er den dominerende brandtestmetode til klassifikation for reaktion på brand for byggevarer i Europa.

Testopstillingen Mini-SBI måler Heat Release Rate (HRR) via ”oxygen forbrugs-kalorimetri”, hvilket svarer til den rigtige SBI-metode. På baggrund af målingerne i testen kan følgende værdier beregnes:

- S-FIGRA-skaleret FIGRA (Fire Growth Rate)
- S-THR-skaleret THR (Total Heat Release)

Disse værdier bliver anvendt i SBI til at klassificere materialer i brandklasser.

Tækkede byggningsfacader til den grønne omstilling WP 2.4



Udarbejdet af: Mads Hohlmann

Kontrolleret af: Robert Firkic & Anders Dragsted

Sags nr.: SIEFU21002

Dato: 04-01-2023

Version: Version 3

Indhold		
1.	Indledning	80
1.1	Generelt om metoden	80
1.2	Formål	80
2.	Testsbeskrivelse & Emner	81
2.1	Testsbeskrivelse	81
2.2	Produktion af emner	81
3.	Resultater af brandtests	82
3.1	Heat Release Rate (HRR)	82
3.2	Total Heat Release Rate THR	84
3.3	FIGRA	84
3.4	Yderligere faktorer	85
4.	Konklusion	88
	Introduktion til fase 2 brandtest	88
	Baggrund	88
	Formål.	88
	Test beskrivelse	89
	Test metode	89
	Testemner	89
	Test 1 – Sprøjtet ler (Mini-SBI model Nr.4)	89
	Test 2 – Sprøjtet ler og lerplader (Mini-SBI model Nr. 4)	91
	Test 3 – Basismodel (Mini-SBI model Nr. 1)	92
	Resultater	92
	Test Nr.1	92
	Brandgas målinger	93
	Total Heat Release Test nr.1	93
	Fire Growth Rate (FIGRA) test nr.1	94
	Delkonklusion	94
	Test nr.2	95
	Brandgas malinger nr.2	97
	Total Heat Release (THR) test nr.2	97
	Fire Growth Rate (FIGRA) Test nr.2	98
	Delkonklusion	98
	Test nr.3	99
	Visuelle observationer	99
	Brandgas malinger test nr.3	99
	Total Heat Release (THR) test nr.3	99
	Fire Growth Rate (FIGRA) nr.3	100
	Delkonklusion	100
	Konklusion	101

1. Indledning

1.1 Generelt om metoden

I det danske bygningsreglement findes der ingen standarder eller testmetoder specifikt til vurdering af brandtekniske egenskaber af tækkede facader, hvorfor de testmetoder vi anvender, er skræddersyet til dette projekt.

Vi har indledningsvis valgt at bruge DBI's udviklet Mini-SBI-apparat til at fortage de første indikative test af de forskellige imprægneringstyper der undersøges i projektet. Ved at anvende "Mini-SBI" kan vi hurtigt og billigt sammenligne adskillige variationer af imprægneringstyper og derved i sidste ende reducere "time-to-market" og de omkostninger, der er forbundet med udviklingsprocesser af nye materialer og konstruktioner.

Mini-SBI er en geometrisk nedskaleret version af SBI-testen (EN13823) som er den dominerende brandtestmetode til klassifikation for reaktion på brand for byggevarer i Europa.

Apparatet måler Heat Release Rate (HRR) via "oxygen forbrugs kalorimetri", hvilket svarer til den rigtige SBI-metode.

På baggrund af målingerne i testen kan følgende værdier beregnes:

- S-FIGRA-skaleret FIGRA (Fire Growth Rate)
- S-THR-skaleret THR (Total Heat Release)

Disse værdier bliver anvendt i SBI til at klassificere materialer i brandklasser.

1.2 Formål

For at opnå viden om de brandtekniske egenskaber for de imprægnerede prøveemner med tækkestrå, har vi i dette projekt valgt ikke at fokusere på den formelle materialeklassifikation som primær målsætning, men mere på en komparativ analyse af de forskellige imprægneringsmaterialer med referencematerialer som brandimprægnerede MDF-Plader (FIRAX) og standardspånplader.

Disse materialer er klassiske eksempler på hhv. B- og D klassifikations produkter. Ved at analysere data, kan Mini-SBI derved give et estimat på, hvor det testede materiale befinder sig i forhold til de førnævnte produkter, og dermed forudsige hvilken brandklasse det testede produkt befinder sig i/omkring.

2. Testbeskrivelse Mini-SBI

2.1 Testbeskrivelse

Projektgruppen har udvalgt 13 imprægnerings typer (Figur 1) til komparativ brandtest.

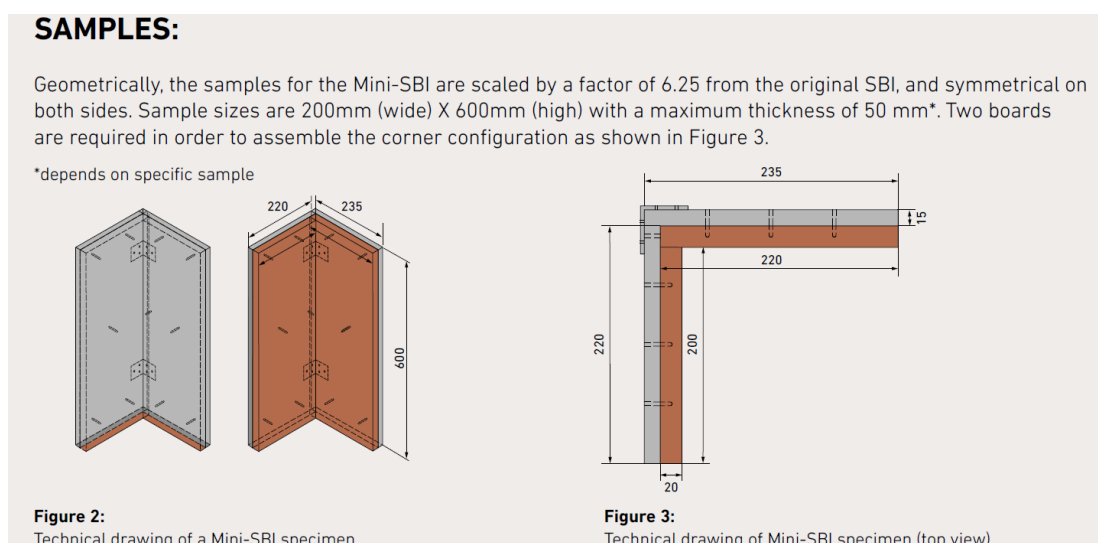
Nr.	Model	Test	Imprægnerings materiale	Behandlings- metode	Grad af imprægnering	Blandings forhold
1	A1	175	Basismodel	Intet	Uimprægneret	
2*	L1	176	Moræneler / ren	Dyppet	Fuld imprægneret	
3	L2	177	Moræneler / ren	Penslet	½ imprægneret	
4	L3	178	Moræneler / ren	Sprøjtet	Påført overflade	
5	K1	179	Kalk	Dyppet	Fuld imprægneret	Kalk:vand 1:5
6	K2	180	Kalk	Penslet	½ imprægneret	Kalk:vand 1:5
7	K3	181	Kalk	Penslet	Påført overflader	Kalk:vand 1:5
8	H1	182	Hestemøg / kaolin	Dyppet	Fuld imprægneret	Hestemøg:kaolin 1:3
9	H2	183	Hestemøg / kaolin	Penslet	½ imprægneret	Hestemøg:kaolin 1:3
10	KV1	184	Kalkvand	Dyppet	Fuld imprægneret	
11	KV2	185	Kalkvand	Penslet	½ imprægneret	
12	LK1	186	Lerklæber	Dyppet	Fuld imprægneret	
13	LK2	187	Lerklæber	Penslet	1/3 Imprægneret	
14	LA1	188	Moræneler / Ammoniak	Dyppet	Fuld imprægneret	ler 78% amoniak 22 %
15	FIRAX		Reference			
16	Spånplade		Reference			

2* Test 176 mislykkedes grundet tekniske problemer med gastilførslen.

Figur 11. Imprægneringstyper

2.2 Produktion af emner

Emnerne blev produceret efter anvisninger i Figur 2



Figur 2. Geometri for testemne til Mini-SBI

Prøveemnerne blev opbygget af kalciumsilikatplader, som var fastholdt med stålvinkler. Behandling med forskellige imprægnerings typer blev udført under tækkeprocessen. Følgende er udvalgte billeder af prøveemnerne.



Figur 3. Samling af emnet



Figur 4. Færdigbygget emne

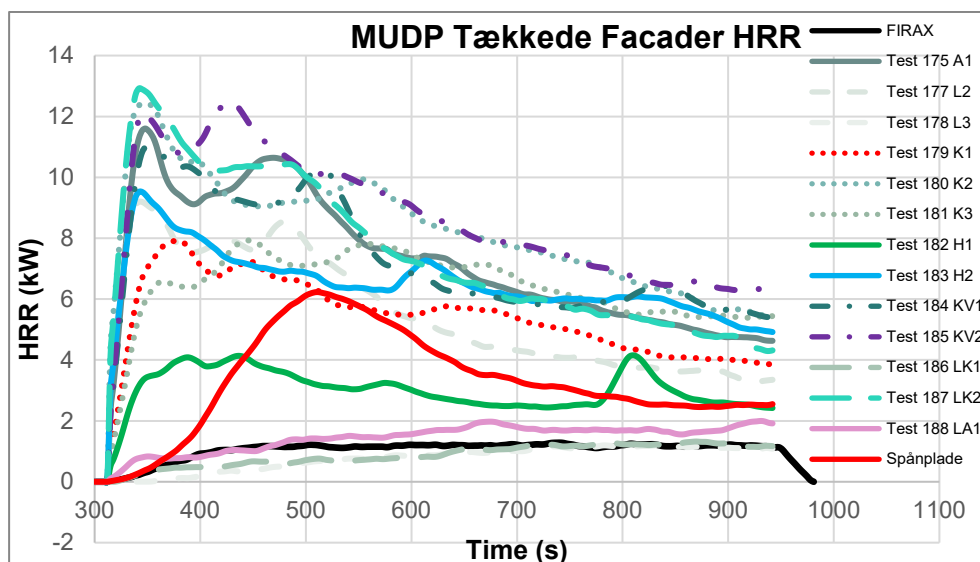
Efter fremstillingsprocessen blev emnerne lagt i konditioneringsrummet for at opnå fugtlige-vægt for alle emnerne inden test. Dette bliver også gjort i forbindelse med SBI-tests. Selve testen foregår ved, at emnerne bliver placeret i Mini-SBI-apparatet (figur 5) og bliver eksponeret for en diffusionsflamme fra en gasbrænder med effekt på 7,5 kW. Efter 11 minutter slukkes gasbrænderen og emnet tages ud.



Figur 5. Mini-SBI-apparat

3. Resultater af brandtests

3.1 Heat Release Rate (HRR)



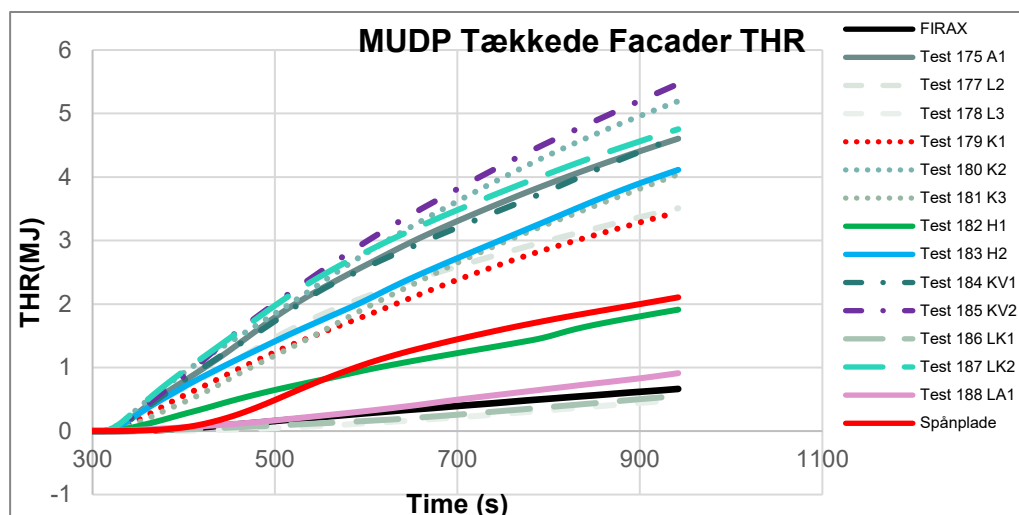
Figur 6. Heat Release Rate Kurve

Heat Release Rate er den mængde energi et brændende objekt udleder som funktion af tid, givet ved kW. Dette bliver som tidligere nævnt målt ved oxygen forbrugs kalorimetri via apparatets gasmålingsudstyr. Emnets præstation bliver målt ud fra *hvor meget* energi der udledes og *hvor hurtigt* energien bliver udledt. En god præstation vil derfor være et emne der udleder en lav energi med så megen forsinkelse som muligt.

Flere kandidater ligner den ubehandlede A1-test både hvad angår samlet energiudledning og hastigheden hvormed energien frigives. I HRR-figuren er der vist grafer for referencematerialerne FIRAX, som er en brandhæmmet MDF-plade, der altid ligger komfortabelt til en B-klassifikation, og spånplader som er en komfortabel D-klassifikation.

Ved at se på hvordan referencematerialerne, FIRAX og spånplader, udvikler sig ift. samlet energifrigivelse og hastigheden for denne, kan alle produkter der præsterer dårligere end spånpladen, antages ikke at ville kunne opnå en D-klassifikation. Derimod kan emnerne, der præsterer sammenligneligt eller lidt ringere end FIRAX-pladen, antages for at være interessante ift. projektet. Således kan KV1, KV2, K1, K2, K3, LK2, H2, L2 sættes lig med en dårlig præstation. LK1, L3 og LA1 har præstationer der er sammenlignelige med FIRAX. H1 er lidt mere usikker da den antænder relativt hurtigt, men udleder ikke lige så stor energi som spånpladen.

3.2 Total Heat Release Rate THR

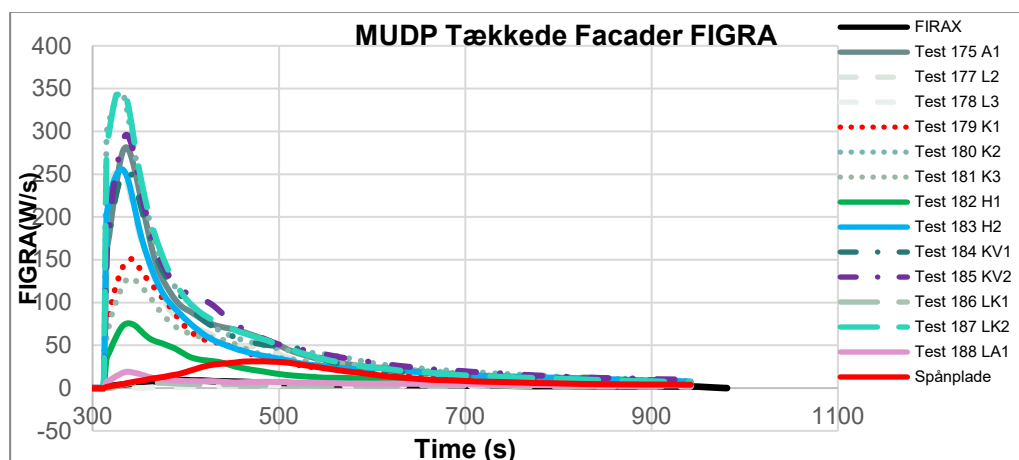


Figur 7. Total Heat Release Rate kurve

Total Heat Release (THR) beskriver den akkumulerede energi som emnet afgiver under brandtesten. Vi ser stort set det samme billede som ved Heat Release Rate.

Vi ser fortsat at L3, LK1, LA1 præsterer på niveau eller bedre end referencematerialet FIRAX (reaktion på brand klasse B).

3.3 FIGRA



Figur 8. FIGRA kurve

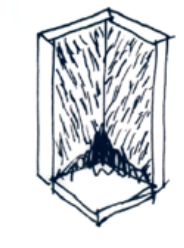
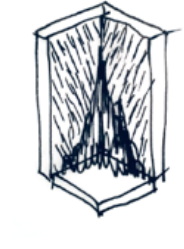
FIGRA er et udtryk for hvor hurtigt HRR udvikler sig i løbet af en test. Man kalder det accelerationen af branden givet ved W/s. FIGRA bliver brugt som en klassifikationsparameter i SBI-testen (EN13823). Ud fra graferne i Mini-SBI kan der laves kvalificerede gæt på et evt. resultat i SBI (EN13823). Her ses gæt på de fire bedst præsterende imprægneringstyper.

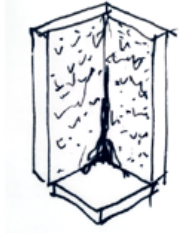
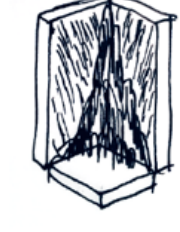
Test	FIGRA Mini-SBI	Gæt på SBI FIGRA
H1	75	900
LA1	20	250
LK1	7	85-90
L3	4	50

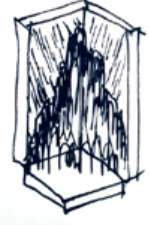
3.4 Yderligere faktorer

Yderligere, skal man være opmærksom på to faktorer. Brændende partikler som er en visuel inspektion under testen hvor man ser på brændende nedfald samt hvor længe det fortsætter med at brænde efter nedfald. Den anden faktor er totalt væggtab under testen. Disse beskrives i følgende tabel.

KVALITATIV BESKRIVELSE AF BRANDTEST – MINI_SBI / DBI 28. JUNI 2021 / AB

Type	Observation	Beskrivelse	Tegning
A1 / 175 Baseline Uimprægneret	antænding	Antænder hurtigt inden for de første par sek. Brænder ikke jævnt i bunden i en '3-kant'	
	overflade	Ilden får fat på det meste af overfladen	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	Aske nedfald Taget ud kl. 10.39 ulmer stadig kl. 12.30	
L1 / 176 Moræneler, dyppet Fuldimprægneret <i>1. afbrænding - NB Gassen slipper op – forsøget stoppes 2. afbrænding for at se udvikling af flammer mv.</i>	antænding	Antænder forsinket efter ca. 1-2 min.	
	overflade	Ilden slikker op af rørene, men får ikke rigtig fat. Brænder på tværs af hele bunden i '3-kanten'	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	Aske og materiale nedfald Taget ud kl. 12.27 ulmer stadig kl. 12.45	
L2 / 177 Moræneler, penslet ½ -imprægneret	antænding	Antænder hurtigt inden for de første par sek.	
	overflade	Ilden får fat på det meste af overfladen Brænder på tværs af hele bunden i '3-kanten' 'Aske-uld' på overfladen	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	Aske nedfald Taget ud kl. 12.27 – bliver slukket med vand	

Type	Observation	Beskrivelse	Tegning
L3 / 178 Moræneler, Sprøjtet Påført overflade	antænding	Antænder IKKE! – kun sparsomt ved rør der stikker ud fra overfladen "næsten lige så død som kaliumsilikat" (Mads)	
	overflade	Ilden slikker op ad overfladen, soder kun	
	røgudvikling	ingen	
	aske / slagger	Ingen aske / nedfald Ulmer kun 'bagved', i inderste underlag	
K1 / 179 Kalk, dyppet Fuldimprægneret	antænding	Antænder forholdsvis hurtigt indenfor det første minut, men ikke så hurtigt som A1	
	overflade	Ilden får fat i det meste af overfladen. Overfladen rørender 'ulder'. Brænder på tværs af hele bunden i '3-kanten'	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	En del aske + 'hvide rør' Svær at slukke – ulmer bag overfladen	
K2 / 180 Kalk, penslet ½ -imprægneret	antænding	Antænder hurtigt ca. inden for de første par sek.	
	overflade	Ilden har fat i det meste af overfladen Høje stikflammer Overflade/rørender forkuller	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	En del aske, ikke noget nedfald	

Type	Observation	Beskrivelse	Tegning
K3 / 181 Kalk, penslet Påført overflade	antænding	Antænder forsinket efter ca. 1-2 min.	
	overflade	Ilden slikker op af overfladen Overflade/rørender forkuller Voldsom brandudvikling	
	røgudvikling	Producerer meget røg	
	aske / slagger	Meget aske og en del materialenedfald	
H1 / 182 Hestemøg/kaolin dyppet Fuldimprægneret	antænding	Antænder forsinket og ikke rørene i overfladen	
	overflade	Høje flammer slikker op af overfladen, men får ikke fat Soder mest Ilden breder sig ikke, bunden er brændt væk	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	Ikke så meget aske / nedfald (ikke så meget som kalk)	
H2 / 183 Hestemøg/kaolin penslet ½ -imprægneret	antænding	Antænder hurtigt ca. inden for de første par sek.	
	overflade	'3. værste' med store, høje flammer over det meste af overfladen	
	røgudvikling	Ikke observeret	
	aske / slagger	Ikke meget aske og materiale nedfald	

4. Konklusion: Mini-SBI test

Formålet med disse indikative brandtests er, at udvælge de bedst præsterende imprægneringstyper på tækkede facader uden hensyntagen til applikationsmetoder.

Vores konklusion er baseret på FIGRA, da denne er klassifikationsgivende i SBI-testen, hvor vi direkte sammenligner de 13 imprægnerings typer med referencemateriale FIRAX, hvilket har en B-klassifikation med en middel FIGRA værdi på ca. 110 W/s.

Det er tydeligt at læse fra graferne at de tre imprægneringstyper L3 (sprøjtet ler), LK1 (dyppet lerkløber) og LA1 (dyppet moræneler/ammoniak) klart adskiller sig fra resten af feltet, da de har sammenlignelige brandtekniske egenskaber med det udvalgte klasse B referencemateriale.

Mini-SBI blev valgt til dette projekt, da den muliggjorde en række hurtige og billige tests, der gav overblik over de bedst præsterende imprægneringstyper, uden hensyntagen til klassifikation. For at få et helhedsbillede af de imprægnerede, tækkede konstruktioners brandtekniske egenskaber, fortsættes med at foretage brandtests i større skala.

10. Introduktion til fase 2 brandtest

10.1 Baggrund

Nærværende rapport beskriver metode og resultater for brandtests af tækkede facadeelementer ifm. MUDP-projektet "Tækkede facader til den grønne omstilling". De udførte brandtests bygger videre på 14 stk. "Mini-SBI" brandtests der er udført tidligere i projektet.

På baggrund af resultaterne i "Mini-SBI", er der udvalgt to imprægneringsmetoder med anvendelse af ler. Disse er således vurderet interessante at undersøge yderligere i en nedskaleret facadetest. Ud over de to testemner er der produceret et kontrolelemne, der er udført uden nogen form for brandbeskyttelse.'

10.2 Formål

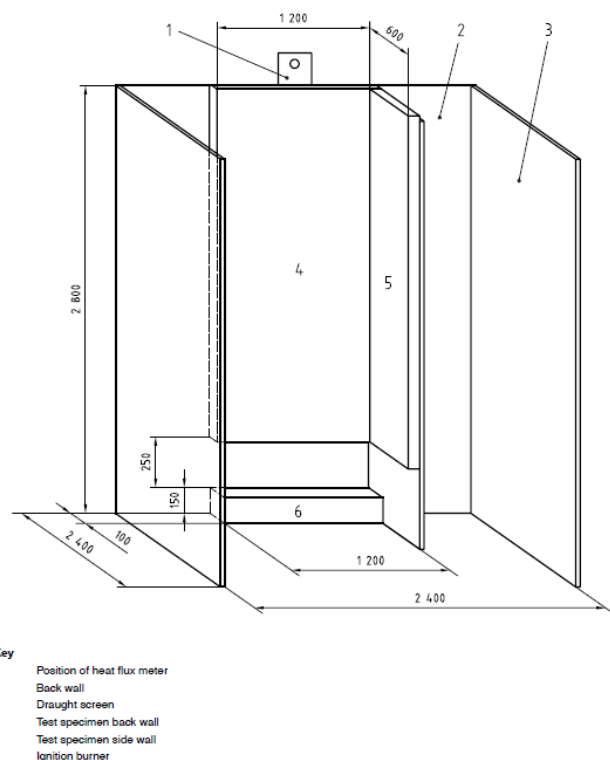
Formålet med testen er at få en indikation af brandspredningen i tækkede facader med lerimprægnering og dermed af hvorvidt ler kan anvendes som en brandhæmmer.

De nedskalerede facadetest kan ikke bruges til brandklassificering de testede systemer, men mere som indikation om imprægneringens brandhæmmende egenskaber.

11. Testbeskrivelse

11.1 Testmetode

Vi anvender en tilpasset version af ISO 13785-1 brandtest opstilling (nedskaleret facade test). Bagvæggen bag testemnet markeres hver halve meter i højden, samt ved 2,4 meter, jævnfør standarden ISO 13785-1 (2002) (*Reaction to fire test for facades – Part 1: Intermediate scale test*)



Figur 9. Skaleret facaderig iht. ISO 13785-1

12. Testemner

Testemnerne er en tækket flade der måler 1200 X 2400 mm. Tykkelsen af de tækkede lag blev målt til 22-25 cm. Der blev tækket på en sandwichkonstruktion af kalciumsilikat og brand-imprægneret MDF. Emnerne monteres i 400 mm højde på bagvæggen af DBI's ned-skale-rede facaderig. Der monteres thermo elementer hver halve meter i emnets højde samt place-res et stråletermometer i en meters højde, en meter fra emnet, ud fra emnets centrum. Testene udføres som 3 separate opstillinger og har til hensigt at undersøge potentialet i at an-vende ler som en passiv, naturlig og bæredygtig brandhæmmer i lodrette tækkede facader. Alle emnerne er tækket direkte på bagvedliggende krydsfinerplader uden bagvedliggende hul-rum.

12.1 Test 1 – Sprøjtet ler (Mini-SBI model Nr.4)

Emnet udføres som en konventionel tækket flade på en bagvæg, der er sprøjtet med rent moræneler. Efterfølgende sprøjtes den færdigt tækkede væg med yderligere ler, og indkapsler dermed det yderste stråmateriale.



Figur 10. Testemnet med sprøjtet moræneler

12.2 Test 2 – Sprøjtet ler og lerplader (Mini-SBI model Nr. 4)

Figur 11. Testemnet sprøjtet med moræneler og med indbyggede lerplader

Emnet udføres som en konventionel tækket flade på en bagvæg, der er sprøjtet med rent moræneler og tækkes i 3 'klinklagte' lag, der danner fremspring i facaden. Indersiden af hvert ud-spring beskyttes af en stråarmeret lerplade og det færdige emne sprøjtes til sidst i rent ler for, som i *test 1*, for at indkapsle det brandbare strå.



12.3 Test 3 – Basismodel (Mini-SBI model Nr. 1)

Emnet udføres som en almindeligt tækket flade uden nogen brandhæmmende tilsætninger, og har udelukkende til formål at agere referencetest for test 1 og 2.

13. Resultater

Testresultaterne blev vurderet på baggrund af BR18 §87 og §117⁴² med fokus på følgende faktorer:

- Brandspredning
- Nedfald
- Røgudvikling

Ydermere blev der i de 3 test foretaget observationer af synlige gløder i stå materialet, lodret flammespredning og indadgående forkulning.

Alle visuelle observationer er udtryk for hændelser og ændringer, når de er observeret. Nogle observationer er foretaget også efter emnet er slukket og under video gennemgang.

14. Test Nr.1

Omkring 3 minutter efter påbegyndt test, antænder opstillingens bærende konstruktion. Der opstår flammer på bagsiden af emnet og der skabes en skorstenseffekt mellem bagvæg og testopstilling.

Skorstenseffekten suger ilden bag om emnet og udvikler kraftig varme, der brænder konstruktionens bagplade væk. Emnet varmepåvirkes nu fra 2 sider, og Thermo elementerne, der er monteret på opstillingens bagside, viser meget høje temperaturer. Testen må derfor antages at være mangelfuld og al data der udledes fra denne, er indikativ og vejledende. Dette skyldes at testemnet ikke var brandsikret med isolering mellem testemnet og brandkammerets bagvæg.

Visuelle observationer

TID:

3:00	Konstruktionen der bærer emnet antændes og en kraftig sodning begynder.
5:00	Bunden af emnet er sodet over alt.
11:26	Synlige strå begynder at vise sig i bunden af emnet.
13:20	Synlige flammer bag emnet.
15:00	Synlige gløder i bunden af emnet
16:00	Røg kommer ud af overfladen omkring midten af emnet.
17:20	Synlige gløder ca. 20 cm oppe af emnet
19:00	Gløder flyver omkring emnet. Kan skyldes skorstenseffekt bag emnet.
21:00	Synlige flammer i overfladen
22:00	Leret revner og viser blotlagte gløder, der observeres nedfald af stykker ler

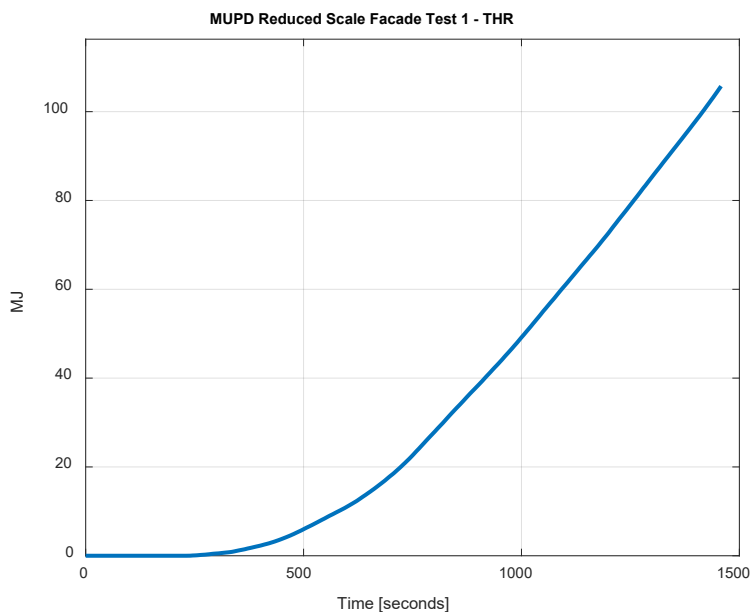
⁴² <https://bygningsreglementet.dk/Tekniske-bestemmelser/05/Krav>

15. Brandgasmålinger test nr. 1

I den nedskalerede facadetest måles der på adskillige brandgasser, hvorfra Heat Release Rate kan bestemmes. Heat Release Rate er den mængde energi branden udleder som funktion af tid, givet ved kW. Dette bliver målt ved "oxygen-forbrugs kalorimetri" vha. målingsudstyr i udsugningen over prøveemnet. Testemnet vurderes ud fra *hvor meget* energi der frigives og *hvor hurtigt* energien udledes. Ud fra et brandsikkerhedsmæssigt synspunkt foretrækkes en lille mængde energi der frigives over en lang periode.

Fire Growth Rate (FIGRA) er beskrevet ved hvor hurtigt HRR udvikler sig i løbet af en test. Dette kan også udtrykkes som accelerationen af branden givet ved W/s. Normalt bliver FIGRA brugt som en klassifikationsparameter i SBI-testen (EN13823), og denne blev også brugt til at gætte på en klassifikation i de foregående Mini-SBI test. FIGRA skal tages varsomt i denne testmetode. FIGRA er specifikt knyttet til SBI-metoden. SBI-metoden er udviklet til at undersøge produktets bidrag til brandudvikling i "et lukket rum" (specifikt Room Corner), hvor der er tilsigtet en sammenhæng mellem FIGRA og tiden til overtænding i rummet. Brand i en facade og brand i "et lukket rum" er vidt forskellige af natur.

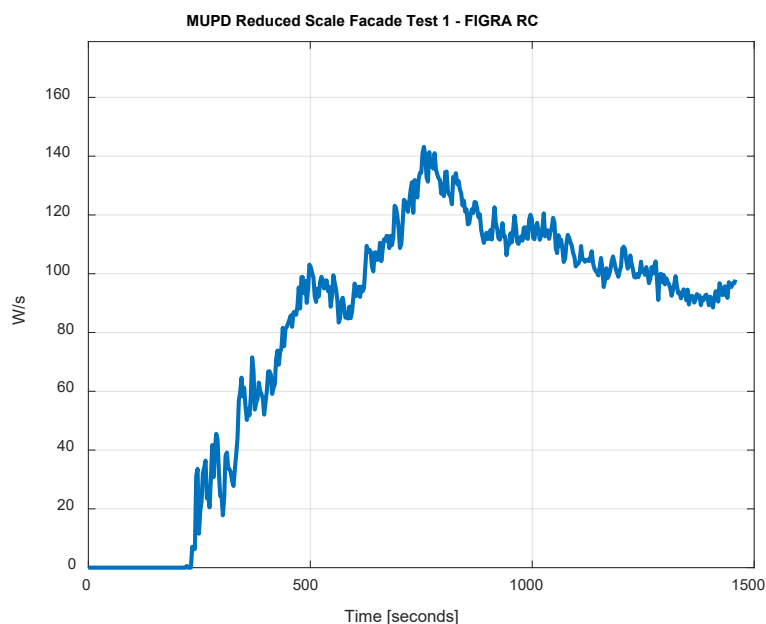
15.1 Total Heat Release Test nr.1



Figur 12. Total Heat Release (THR)

Total Heat Release (THR) beskriver den akkumulerede energi som emnet afgiver under brandtesten. Hældningen på grafen kan ses som et udtryk for hvor hurtigt energien frigives og denne stiger kraftigt fra 500 s til 800 s, hvorefter den fortsætter lineært til slutningen af testen. Dette passer godt overens med at der observeres flammer bag testemnet omkring 780 sekunder (13:20) inde i testen. Det er denne periode, hvor branden har taget fat i bagbeklædningen, der har accelereret energiudviklingen signifikant. Ved testens afslutning er der totalt blevet frigivet ca. 105 MJ.

15.2 Fire Growth Rate (FIGRA) test nr.1



Figur 13. FIGRA Fire Growth Rate

Accelerationen af branden toppede ved ca. 750-780 sekunder med en maksimal værdi på ca. 140 W/s, hvilket også var synligt på THR-kurven.

15.3 Delkonklusion

På grund af den mangelfulde opstilling, er det svært at konkludere på resultaterne. Skorstens-effekten bag emnet gjorde at flammerne blev trukket om på bagsiden af testemnet, hvilket reducerede brandpåvirkningen op ad testemnets forside. Efter slukning er det tydeligt at stråene er antændt i bunden fra bagsiden, hvor der har været varmest, og forkullet hele vejen igennem emnet.

På nedenstående billede ses hvorledes flammerne søger bag om emnet, og varmepåvirker bagsiden. Her vurderes det, at den høje temperatur forårsaget af skorstenseffekten, har antændt emnet igennem bagklædningen (pga. varmeledning gennem bagbeklædningen) af kalci-umsilikat og MDF. Stråmaterialet er formentlig begyndt at gløde mens det har været indkapslet af den beskyttende ler, indtil huller i leret har tilføjet ilt med flammer til følge.

På trods af den uhensigtsmæssige opstilling, virker det som om leret har været i stand til at forsinke brandspredningen i testemnet, da forkulningen kun virker overfladisk fra omkring midten af emnet og opefter.

Testemnet viste lommer af ikke-afbrændt ler, såvel som totalt forkullede områder. Dette antyder, at de områder der har været dyppet i ler, har været i stand til at forhindre ilden i umiddelbart at sprede sig inde i testemnet.



Figur 14. Flammerne antænder bagvedliggende konstruktion



Figur 15. Undersøgelse efter testen, der vises bagsiden af emnet, hvor vi ser at bagbeklædning har været eksponeret.

16. Test nr.2

For at forhindre brand på bagsiden af testemnet blev mellemrummet mellem bagvæg og testemne lukket med stenuld for at forhindre skorstenseffekt. Yderligere blev der monteret flanger af kalciumsilikat for at beskytte rammen hvorpå testemnet var monteret.

Ydermere fores alle synlige konstruktive dele af opstillingen med stenuld for at beskytte den mod flammerne. Testen forløb uden problemer, og indsamlet data er brugbart.

Visuelle observationer

TID:

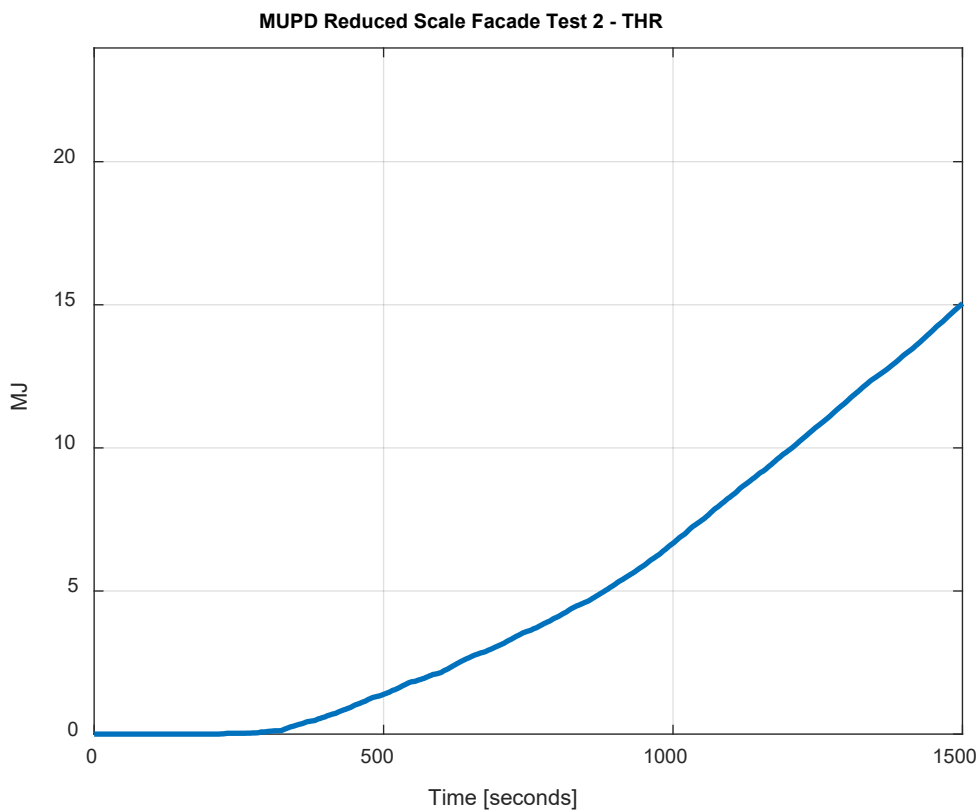
2:40	Vertikal brand spredning når 1 meters højde
3:25	Underkant af nederste fremspring fremstår flosset
4:34	Sodning på overfladen på nederste halve meter
5:00	2. fremspring begynder at gløde i bunden
6:00	Store revner i overfladelaget midt på emnet
6:30	Blotlagte strå i bunden af emnet
7:30	Røgudvikling fra midten af testemnet

TID:

9:40	2. udhæng er blottet for ler
10:00	Stykker af ler falder af emnet der er tættest på branderen
10:46	Sodning fremstår omkring 1,5 meter oppe af emnet
11:22	Store stykker af ler falder af emnet.
12:22	Underkanten af emnet viser tegn på erosion fra midten
12:50	Emnet laver 'knirkelyde' – som fra et bål
15:00	2. udhæng gløder tydeligt langs højre halvdel
17:00	Øverste udspring viser store revner
19:00	Nederste kant viser kraftig erosion
20:00	Ler drysser fra emnets højre side
21:00	Mere nedfald
22:00	Midterste udhæng er komplet sodet til
24:00	Nedfald i golfboldstørrelse
28:00	Synlige strå i højre side af emnet
30:00	Synlige flammer springer frem midt på emnet

17. Brandgasmålinger test nr. 2

17.1 Total Heat Release (THR) test nr.2

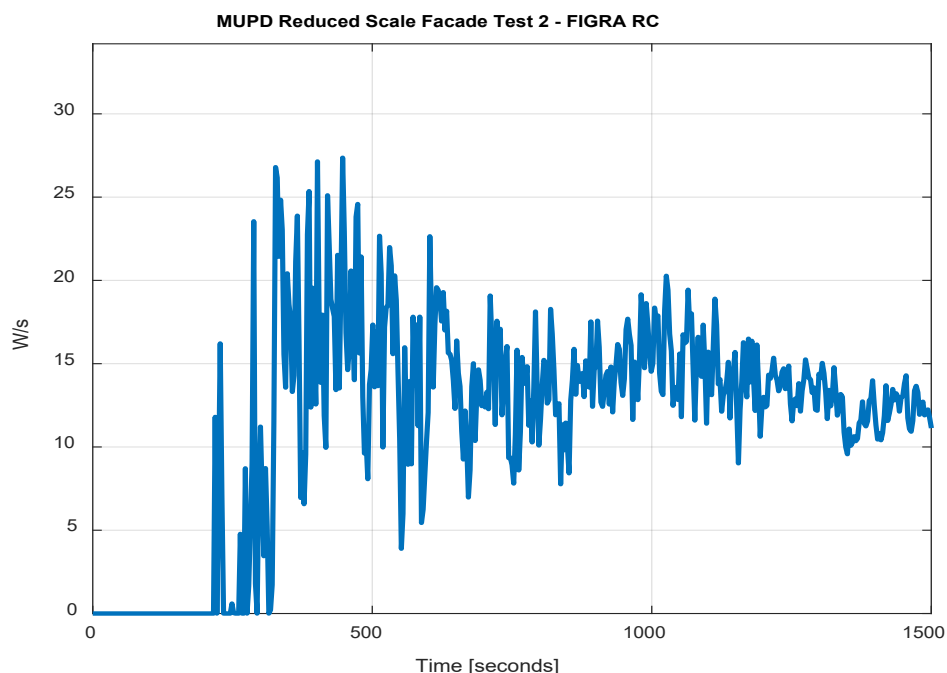


Figur 16 Total Heat release Rate

Ved denne test ses en signifikant mindre stigning af den akkumulerede frigivne energi sammenlignet med test 1. Grafen viser ikke den samme acceleration af branden som fra test 1, hvilket stemmer godt overens med de visuelle observationer fra testen. Sammenlignes denne med Test 1, er der kun frigivet ca. 15 MJ kontra 100 MJ fra den foregående test.

Da der ikke blev observeret væsentlige forskelle i brandspredning fra testemnernes forside, vurderes det at den store forskel i frigivet energi at være relateret til brandspredningen på bagsiden i test 1. Ændringerne af testopstillingen vurderes derfor at have haft stor indvirkning på brandforløbet.

17.2 Fire Growth Rate (FIGRA) Test nr.2



Figur 17. FIGRA

FIGRA for test 2 viser at den største acceleration af branden sker i starten af testen, og toppe ved ca. 25 W/s. Dvs. en væsentlig mindre acceleration, der ikke ændrer sig drastisk igennem hele testforløbet som det kunne ses i test 1.

17.3 Delkonklusion

De nederste 40 cm af emnet er forkullet helt igennem. Fra 40 cm og omkring 20 cm op er stråene forkullet fra bagsiden af emnet. Dette antyder at stråene er antændt fra bunden og lodret op igennem emnet indtil gløderne har nået 2. udsprings lerplade.

Undersiden af midterste fag og opefter på emnet fremstår forholdsvis upåvirket af flammerne. Det er tydeligt, at de indskudte lerplader på bagsiden af fremspringene, har forsinket flammerne i at sprede sig på overfladen.



Figur 18. Undersøgelse af lerpladens beskyttende virkning. En af lerpladerne er blotlagt og intakt

18. Test nr.3

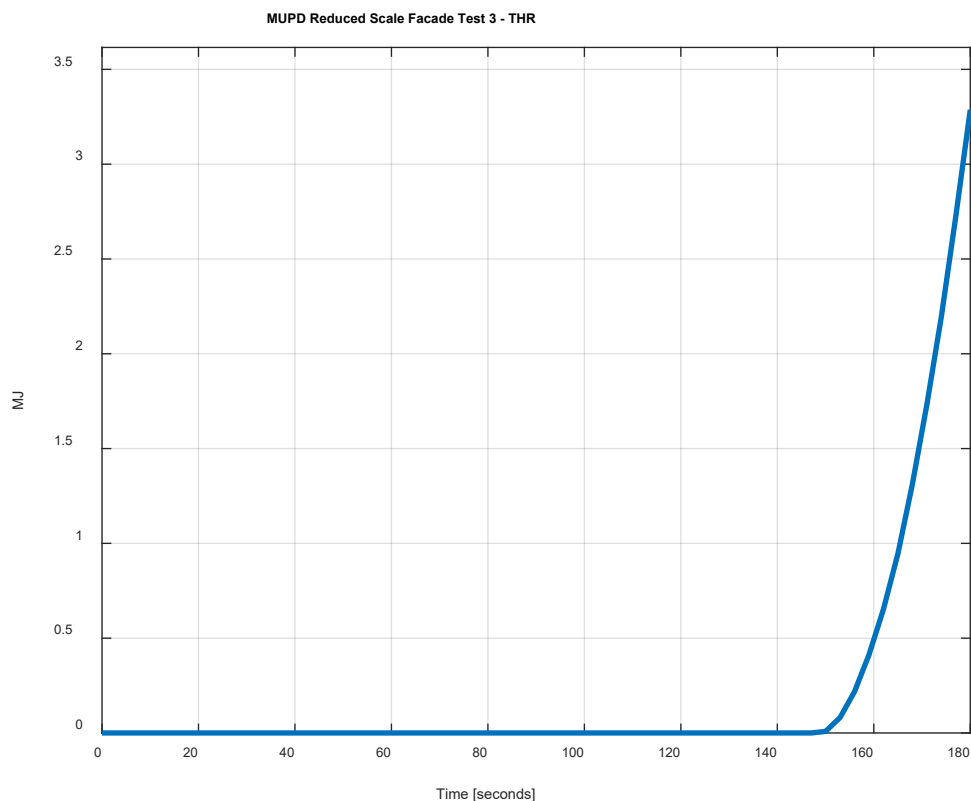
Ligesom ved test nr. 2, blev testemnets konstruktion sikret med kalciumsilikatsflanger og stenuld. Emnet blev sikret således, at det udelukkende var 'facadens' strå, der blev direkte påvirket af flammerne.

18.1 Visuelle observationer

Testemnets overflade blev antændt umiddelbart samtidigt med gasbrænderen, og flammerne steg hurtigt og voldsomt til over testemnets fulde højde. Testen blev afbrudt efter omkring 1,5 minut for at undgå en for voldsom brand og følgende beskadigelse af testudstyret.

19. Brandgasmålinger test nr.3

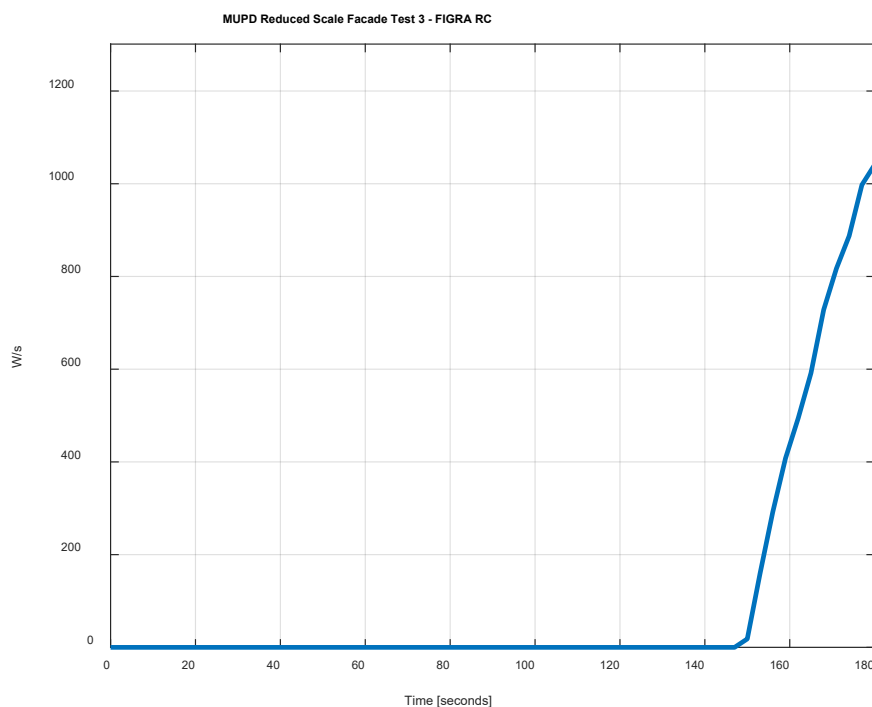
19.1 Total Heat Release (THR) test nr.3



Figur 19. Total Heat Release Rate

Den samlede frigivne energi i test 3 stiger voldsomt sammenlignet med de to foregående tests. Emnet har allerede frigivet den samme mængde energi ved 180 sekunder, som de andre to først nåede ved 500 sekunder. Dette stemmer godt overens med de visuelle observationer, da et stort areal antændte samtidigt, hvilket ligger til grund for den kraftige energiudvikling.

19.2 Fire Growth Rate (FIGRA) nr.3



Figur 20. FIGRA

FIGRA udtrykker klart hvordan emnet i test 3 accelererede branden meget kraftigere end i de foregående prøvninger. Først ses det at udviklingen sker meget tidligt i brandforløbet. Brænderen tændes ved 150 sekunder, og der er ikke noget der stopper energifrigivelsens acceleration før testen blev stoppet. Størrelsen af FIGRA er også meget større end de foregående tests, med en værdi på over 1000 W/s sammenlignet med 140 W/s i test 1 og 25 W/s i test 2.

19.3 Delkonklusion

Grundet manglende beskyttelse eller behandling, indtraf flammespredningen meget hurtigt, og hele overfladen nåede at blive brændt på overfladen. Testen blev hurtigt stoppet da det var åbenlyst at det ville blive en kraftig brand der ville tage lang tid at slukke.

20. Konklusion SBI-test

Da de to ler-imprægnerede emner ikke har haft de samme vilkår under udført test, kan der ikke dannes en endelig konklusion om hvilken metode der er bedst egnet til brandimprægnering. Der kan dog konkluderes at imprægnering med ler har vist sig effektivt som middel til at reducere brandspredning i lodrette tækkede konstruktioner.



Figur 21. Test 2 – Sprøjtet med ler og indbyggede lerplader efter 3 min



Figur 22. Test 3 - Kontrollemne efter 3 min.

Ovenstående billeder illustrerer lerimprægneringens evne til at forhindre flammespredningen på testemnets overflade.

Det skal dog bemærkes, at der ved brandpåvirkning af testemne 1, sker en væsentlig grad af nedfald fra emnet. Den tykke skal af ler blev under varmepåvirkningen hård og faldt til sidst ned i stykker af varierende størrelse.

Man må antage, at etagebyggeri med denne opbygning af testemne 1 ikke udføres, og at nedfald af mindre lerstykker ikke udgør en nævneværdig fare.

Brandpåvirkning af testemne 2 viste minimalt nedfald af ler og forkullet tækkerør. Der var ikke nedfald af hårde lerstykker af varierende størrelser som ved testemne 1.

På baggrund af observationer fra udførte test, vurderes der at imprægnering med ler er en reel gangbar metode, der bør undersøges og testes i fuld skala. Her er det især væsentligt af undersøge lerimprægneringens holdbarhed når/hvis det udsættes for nedbør, varierende luftfugtighed og direkte sollys.

Tækkede bygningsfacader til den grønne omstilling

Projektets formål har været at udvikle og teste miljøvenlige, brandsikrede løsninger til lodret tækkede bygningsfacader, som på sigt kan skaleres til et industrialiseret byggeri. Ler er blevet afprøvet som miljøvenlig brandhæmmer påført udenpå og indbygget som plader i tækkede facadestrukturer. Brandsikkerhed har været i fokus, da det er en central udfordring i byggeri med biogene materialer.

Projektets indledende undersøgelser har vist at ler historisk er blevet brugt som brandhæmmer i danske stråtage og at der i nutidig Hollandsk arkitektur tækkes direkte på ikke-brændbare underlag ved lodret tækkede løsninger.

Brandtest af lodret tækkede facadeløsninger viser at ved at imprægnere tækkerør med lerholdige materialer opnås en signifikant brandhæmmende effekt. Ler viser sig som et effektivt middel til at reducere brandspredning inde i de lodret tækkede facadestrukturer og på overfladen. Desuden opnås en øget brandstoppende effekt ved at indbygge lerplader som vandret materialeskift (brandstop) i den tækkede facadestruktur.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk