

**AFSLUTTENDE NOTAT
OM TEST AF STRÅ
SOM BÆREDYGTIGT
TAG- OG
FACADEMATERIALE**

**– MED FOKUS
PÅ STRÅENES
ISOLERINGSEVNE**

21. DECEMBER 2018





INDLEDENDE KONKLUSION

Knap to års arbejde med at måle og vurdere stråtagets isoleringsevne har nu medført, at isoleringsevnen bevisligt er dobbelt så høj som den hidtil anvendte standard – når stråtaget vel at mærke tækkes direkte på plade eller brædder uden underliggende luftspalte.

Det er første gang i EU, at stråtagets isoleringsevne er målt i praksis, både over tid, i forskellige tagkonstruktioner, i forskelligt vejrlig og samtidig er også gamle tage blevet målt.

Et helt konkret resultat af Realdanias TEST-bevilling til Straatagets Kontor er, at stråtagets varmeisoleringsevne nu medtages i en helt ny SBI-anvisning, nr. 273, "TAGE, materialer, opbygning, egenskaber, detaljer." Det er aldrig sket før.

Der er følgende tekst i SBI-anvisningen om stråtagets isoleringsevne:

"Stråtage er varmeisolerende. Varmeisoleringsevnen svarer typisk til 50-60 mm mineraluld, hvis der er tækket på en brandgodkendt glasfiberdug med ventileret luftrum under, og 90-120 mm, hvis der tækkes på et lukket underlag, fx en krydsfinerplade iht. brandgodkendt løsning."

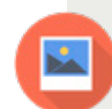
Årsagen til, at tallene svinger (50-60 mm og 90-120 mm) er, at der tækkes i lidt varierende tykkelse, mellem 250 mm og 300 mm for et nytækket stråtag.

Et rimeligt gennemsnit for varmeisoleringsevne for et stråtag tækket på fast underlag vil være 100 mm. Der er med dette projekt skabt dokumentation for, at stråtaget hermed kan medregnes, når klimaskærmen beregnes og dokumenteres.

Dette medfører, at **den samlede tagkonstruktion kan være min. 160 mm tyndere end i dag**, fordi der både spares 10 cm anden isolering samt det ventilerede luftrum. Dette er en stor fordel i en række konstruktioner, såvel konstruktionsmæssigt som arkitektonisk.

At også et ventileret stråtag, brandsikret med glasfibervæv, isolerer 50-60 mm, er hermed ligeledes dokumenteret gennem en række konkrete målinger. Hermed differentieres der imellem forskellige stråtagskonstruktioner i modsætning til hidtil, hvor den beregnede værdi på 60 mm gjaldt for alle typer stråtage, både de brandsikrede med ventileret luftrum, for helt åbne konstruktioner uden bagvedliggende beklædning og for de relativt få konstruktioner, hvor der er tækket direkte ned på fast underlag, krydsfiner eller brædder.

Stråtagets varmeisoleringsevne kommer nu for første gang med i en SBI-anvisning. Her er nytækket hus på Norddjursland.





Dette TEST-projekt har vist, at VINDEN har langt større betydning for varmeisoleringsevnen end stråtagets ALDER.

10 gamle, nedtagne stråtage er målt af Teknologisk Institut – det ældste var 54 år gammelt – og resultatet er, samlet set, at evnen til at isolere ikke nedsættes så voldsomt som antaget.

Derimod viser in situ-målingerne på prøvehuset i Hadsten entydigt, at kraftig vind nedsætter varmeisolerings-evnen markant. Dette gælder såvel på det ventilerede som det ikke-ventilerede tag, idet et veludført stråtag i dag tækkes relativt luftigt af hensyn til holdbarhed og evne til hurtig optørring efter regn. Det blæser igennem taget, fordi der er luft omkring de enkelte, runde strå.

Resultaterne af dette to-årige TEST-projekt giver anledning til, at tækkebranchen overvejer to ting:

1. Er det muligt at dæmpe luftgennemstrømningen i et ventileret tag? Hovedparten af luften kommer nedfra, altså fra tagskæg og ved nederste rem. Kan en form for "ventil" udvikles, som lukker af for luftgennemstrømning nedfra i takt med, at vinden øges...? Eller vil vindpap monteret på de nederste lægter være gavnlig? Eller begge dele?

Teknologisk Institut har i et andet projekt – på Det åndbare Hus i Ringsted – målt fugttransport gennem konstruktion og stråtag. Rapporten er endnu ikke færdig, men ejer af huset, firmaet Egen Vinding og Datter, oplyser til Straatagets Kontor, at

"...isolering med strå og tækkemiscanthus her har vist sig at have en positiv effekt på håndtering af fugt i den samlede konstruktion."

Hvis denne type tagkonstruktion, tækket på 1 tomme brædder, fjer m. not, ikke giver anledning til fugtproblemer i stråtaget, kan det give anledning til, at

2. Skal der laves yderligere forsøg med åndbare, isolerede konstruktioner med stråtag for at klarlægge, om denne type tag kan lufte og tørre uden bagvedliggende, ventilerende hulrum?

Det åndbare Hus er isoleret med papir, hør og hamp – i alt med 410 mm isolering. Desværre er der kun én fugtighedsmåler inde i selve stråtaget. På intet tidspunkt har luftfugtigheden ved denne måler, anbragt midt i det ca. 270 mm tykke stråtag, vist en luftfugtighed over 13 %. De fleste målinger i stråtaget har vist mellem 9 og 12 % fugt, som er helt uproblematisk.

Der er aldrig været mere end højst 13 % luftfugtighed i stråtaget på Det åndbare Hus – og så lav luftfugtighed er helt uproblematisk





Hermed har projektet givet svar på det spørgsmål, advisory boardet stillede i brev af 2. juli 2015:

"Hvilken betydning har luftspalten for isoleringsevnen..?"

Svaret er, at luftspalten under stråtag, brandsikret med glasfibervæv, isolerer halv så meget, som når stråene er tækket direkte på fast underlag.

Det andet spørgsmål fra advisory boardet,

"...Om det er nødvendigt med luftspalten",

må tækkebranchen, repræsenteret ved Tækkelaugets tekniske udvalg, efterfølgende søge svar på.

Der er med dette TEST-projekt tilvejebragt solid dokumentation – den første af sin art i Europa – for konstruktionernes betydning for varmeisoleringsevnen.

Projektets gennemførelse og ændringer, 2016 - 2018

Det viste sig meget hurtigt, at Teknologisk Institut ikke "kunne", syntes at det var for usikkert at måle på de eksisterende tage, der var nævnt i ansøgningen (nyopført hus med facadetækning, Det åndbare Hus og Vadehavscenteret).

Årsagen er, at ønsket var *konkrete målinger* til dokumentation af isoleringsevnen under skiftende forhold og vejrlig. Ikke mindst er påvirkningen fra vind interessant, men også fugtighed og tagtykkelse.

Disse målinger af lambda-værdier kan kun gennemføres ved at måle *hele tagkonstruktionen*, dvs. inklusive øvrige isolering med papiruld, mineraluld m.m. Når resultatet for en sådan måling forelå, skulle den beregnede isoleringsværdi af anden isolering trækkes fra, hvorefter man så ville have stråtagets isoleringsevne.

Denne form for beregnet værdi ville blive for usikker, sagde Teknologisk Institut. Derfor blev denne del af projektet ændret til at måle kontinuerligt om vinteren på et prøvehus, bygget specielt til dette TEST-projekt.

Citat fra notat til Realdania om denne ændring af projektet, fra 15.04.2016:

"En grundig analyse af, hvordan der skal måles, sammenholdt med, hvad der allerede foreligger af målinger fra Tyskland, har vist, at den mest sikre metode til at fastslå et nyt stråtags isoleringsevne (lambda-værdi) er ved at gennemføre en længere tidsserie af målinger i et ikke-varmeisoleret stråtag samt facade med de to typer konstruktion af taget, der vil blive anvendt inden for tækning i Danmark.



**Analysen er foretaget af Teknologisk
Instituts projektleder på sagen,
civilingeniør Bent Lund Nielsen
i samarbejde med chefkonsulent
Niels Strange, Dansk Byggeri
og direktør Jørgen Kaarup,
Straatagets Kontor.”**

Huset til disse målinger blev opført og tækket på Den jyske Haandværkerskole i Hadsten, som er den tekniske skole i Danmark, hvor tækkeelever gennemfører skoleophold og dermed færdiguddannes. Opførslen skete efter nøje instruktioner og tegninger fra Bent Lund Nielsen, Teknologisk Instituts ekspert og udøvende part i TEST-projektet.



Tækkemandslærlinge på Den jyske Haandværkerskole i Hadsten i gang med at tække det prøvehus, som er blevet brugt til de fleste TEST-målinger.

Huset blev således skræddersyet til målinger af stråenes isoleringsevne, både på den tækkede facade og på taget.

Huset kan opvarmes til de 20 grader celsius, som er den ideelle indvendige temperatur til målingerne.

I huset gennemførtes der vintrene 2016/17 og 2017/18 kontinuerlige målinger af isoleringsevnen.

Der blev samtidig gennemført en serie målinger af to forskellige tækkede prøvetage i Teknologisk Instituts HotBox. Målingerne blev brugt til at kalibrere det øvrige måleudstyr og til at dokumentere, hvad vindgennemstrømning betyder for isoleringsevnen.

Desuden er der indhentet informationer fra Institut für Bauen mit nachwachsenden Rohstoffen i Lübeck og et samarbejde om udveksling af data med instituttet er indledt under besøg i Lübeck. (se Bilag 3, Notat. Lübeck)

Gamle stråtage gennemmålt

I alt er 10 stykker gammelt tag, nedtaget af tækkemænd over hele landet, inddraget som et væsentligt element i TEST-projektet. Kravet til disse tage var, at tækkemanden med sikkerhed skulle kunne fastslå tagets alder, som er et vigtigt parameter, både ift. måling af lambda-værdi, men også for at kunne vurdere henfaldet i gamle stråtage. Stråtaget slides nemlig udefra ved, at stråenes rodender brækker af, f.eks. efter snefald med tøsne på taget, der glider ned – og andre klimatiske og vejrmæssige forhold, der medvirker til, at taget slides.

Tækkemand Ruud Conijn og hans lærling har her skåret et stykke ud af et 54 år gammelt stråtag, der blev testet på Teknologisk Institut i Aarhus.





Det har været overraskende at registrere, at varmeisoleringsvnen ikke nedsættes så meget, som man både havde kunnet forvente og frygte. (se Bilag 1, Varmeledningsevne af stråtekning).

Alle prøvestykker blev udtaget, når et gammelt stråtag skulle udskiftes. De blev herefter fragtet til Teknologisk Institut i Aarhus, hvor disse stykker tag (75 x 75 cm) blev testet og målt med varmestrømsmålere i en særlig kasse, modificeret til dette TEST-projekt.

Det ældste tag var, som nævnt indledningsvis, 54 år gammelt! Målingerne af gamle tage blev sammenholdt med to stykker helt nyt tag, tækket specielt til "den særlige kasse" med varmestrømsmålere, som blev anvendt til de 10 gamle tagstykker.

Tækkelaugets registrering af 27 stråtekte tage

Tækkelaugets har gennemført registrering af 27 stråtage i perioden 2001 – 2015, og disse registreringer er inddraget i Test-projektet for at understøtte målingerne af de 10 gamle tage.

Disse 27 tage er blevet udført i 2000- 2001.

1. Opfølgende 1. kontrolmåling er udført i 2007
De var oprindeligt 28 stråtage, men et stråtag er oprindeligt registreret forkert og er derfor udelukket fra undersøgelsen. 27 stråtage er således med i det videre undersøgelsesprogram.

2. Opfølgende 2. kontrolmåling er udført i 2015
Af de 27 stråtage er 5 stråtage ikke længere eksisterende idet de enten er brændt, nedrevet eller ombygget.

Af de 27 stråtage har der imellem 1. og 2. kontrolmåling vist sig meget store måleafvigelser på 5 tage – imellem kontrolmålingen og 2007 og 2015. Disse 7 afvigende stråtage, er fravalgt som grundlag for dette korte notat, men vil i senere undersøgelser kunne medtages med reference til 2. kontrolmåling.

Årsagen til at der er fundet store afvigelser for de 7 stråtage, imellem 1. og 2. kontrolmåling, vurderes at være, at 1. kontrolmåling blev foretaget af lokale tækkemænd, fra nærområdet af det udførte tag efter retningslinjer der ikke blev opfattet ens.

2. kontrolmåling blev udført af 2 tækkemænd, der har fulgt samme opmålingssystematik efter retningslinjerne på alle stråtage.

På baggrund af ovenstående, indgår der i nedenstående resultater efter kontrolmåling i 2015 derfor kun 15 stråtage.

- A. Gennemsnitlig tagtykkelse: 300. mm.
- B. Gennemsnitligt slid (note 1) på stråtag: 8. mm.
- C. Forventet gennemsnitlig levetid: 46 år og > 50 år (note 2)



Note 1. Den biologiske nedbrydning på overfladen starter ved tagets færdiggørelse, men i de første 8 – 10 år forventes der ikke noget slid på stråtagets tykkelse.

Note 2. En levetid over 50 år, kan forventes når forudsætningerne for et sundt stråtag er til stede

Ovenstående levetider bekræftes i Teknologisk Instituts undersøgelse af stråtages varmeisoleringssevne, hvor 10 ældre stråtage er blevet undersøgt for alder og tykkelsesregistreret.



Her gøres klar til at teste et gammelt, nedtaget stråtag for varmeisoleringssevne på Teknologisk Institut i Aarhus.

Det miljøvenlige stråtag

De seneste år har Straatagets Kontor, branchekontor for de danske tækkemænd, gennemført i alt tre projekter med fokus på stråtagets miljø- og klimamæssige egenskaber:

- Miljøvurdering af tag med tagrør og tækkemiscanthus (Teknologisk Institut, 2014)
- Naturens eget stråtag – tækkemiscanthus i Danmark (Miljøstyrelsen, 2017)
- Det økologiske og bæredygtige stråtag (Miljøstyrelsen, 2017), som også knytter an til en EPD-rapporten, Environmental Product Declaration, af stråtaget.

Alle 4 rapporter kan i deres helhed findes her:
<http://straatagetskontor.dk/baeredygtighed/>

EPD'en ligger også på EPD Danmarks hjemmeside:
<http://www.epddanmark.dk/site/images/gallery/md-17001-en/md-17001-en.pdf>

Summarisk kan det slås fast, at stråtaget er det mest klimavenlige af alle. Selv, når tagrørene er importeret fra Kina, afgiver stråtaget mindre CO₂-aftryk end et dansk tegltag med undertag.

Tagrør er en af Danmarks mest produktive planter og producerer mere biomasse end en velgødet hvedemark. Tagrør modvirker via deres fotosyntese det stigende kul-dioxid niveau i luften og dermed også drivhuseffekt og klimaforandringer.

Her høstes tækkemiscanthus på en mark ved Laasby vest for Aarhus. Miscanthus er et dansk kvalitetsprodukt, som er god til grundvandsbeskyttelse. Der er bl.a. anvendt tækkemiscanthus til taget på Det åndbare Hus.



Dyrkning af et andet tagmateriale på danske marker – tækkemiscanthus, som er anvendt til taget på Det åndbare Hus – kan med fordel bruges som et aktivt redskab til beskyttelse af grundvandet, fordi miscanthus kan dyrkes uden brug af sprøjtegifte og uden udvaskning af kvælstof fra marken.



Endelig kan det slås fast, at stråtaget ingen miljøfremmede stoffer indeholder, og at 99 procent af taget ved bortskaffelse enten kan anvendes i kraft-varmeværker eller komposteres.

Når stråtaget samtidig isolerer ganske godt – og formentlig, via reduktion af luftgennemstrømning, kan udvikles til at give en endnu større varmeisoleringssevne, så er der med dette TEST-projekt føjet endnu et argument til at vælge strå som tag- og facademateriale, når det øgede behov for at bygge miljøvenligt og bæredygtigt skal imødekommes.

Aarhus, 27. november 2018,

*Jørgen Kaarup, direktør,
Straatagets Kontor*

BILAG:

1. **Varmeisoleringsevne af stråtekning.**
Teknologisk Institut,
november 2018
2. **Notat – in situ målinger
Hadsten** primo 2017.
Teknologisk Institut, maj 2018
3. **Uddrag om stråtag fra
teknisk rapport,** Egen Vinding
og Datter, juni 2018
4. **Notat – studietur til Lübeck.**
Bent Lund Nielsen,
Teknologisk Institut, november 2016.
5. **Notat – Hotbox målinger
på TI – Aarhus.** April 2017.
6. **Hollandsk notat** om beregnet
varmeisoleringsværdi for stråtag.



Varmeisoleringsevne af strå- tækning

6 in situ målinger i testhus og 12 laboratorie-
målinger på udtagne prøveemner fra gamle tage



Titel:

Varmeisoleringsevne af stråtekning

6 in situ målinger i testhus og 12 laboratoriemålinger på udtagne prøver fra gamle tage

Rekvirent:

Stråtegets Kontor
Att.: Direktør Jørgen Kaarup
Store Torv 9
8000 Aarhus C

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Glas og Vinduer
Bent Lund Nielsen

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Bent Lund Nielsen, tlf. 7220 1147, btl@teknologisk.dk

Godkendt af: Lars Thomsen Nielsen, tlf. 7220 1116, ltn@teknologisk.dk

Opgave nr.: 0108/664103

Version nr.: 01

Dato: 1. juni 2018

Resultater af Instituttets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Instituttets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

DEL 1: In situ målinger

Beskrivelse af prøvehus

De udførte in situ målinger er foretaget i 6 punkter i et til formålet opført testhus, se billede B1, opstillet ved Den Jyske Håndværkerskole i Hadsten.



B1: testhus

I den skrå tagflade som vender mod nord er der etableret 4 prøvefelter TA1, TA,2 og TB1, TB,2:

Prøvefelter TA er udført med 28 cm strå direkte på et pladeunderlag (2 målinger)

Prøvefelter TB er udført med 24 cm strå med Sepatec på lægter (2 målinger). I prøvefeltets afgrænsninger blev der udstoppet med mineraluld mellem strå og lægter.

I væggen under den skrå tagflade er etableret 2 prøvefelter VA og VB:

Prøvefelt VA er udført med 24 cm strå med Sepatec på lægter (1 måling)

Prøvefelt VB er udført med 24 cm strå med Sepatec på lægter (1 måling)

Billede B2-B4 viser prøvefelterne set indefra med monteret måleudstyr.



B2: Prøvefelt TA2 set indefra



B3: Prøvefelt TB2 set indefra



B4: Billede af prøvefelter VA og VB på vægflade (dataloggere på testhusets gulv).

Måleudstyr

Der er anvendt dataloggere (type ALMEMO 2690), termoelementer (type K) og varmestrømsmålere (type FQ) fra fa. Ahlborn se billede B4 og B5. Dataloggerne opsamler måleværdierne fra de tilsluttede sensorer, så de senere kan overføres og behandles på en computer. Termoelementerne er ca. 1mm tykke ledninger med 2 ledere, som er loddet sammen i den ende hvor temperaturen måles. Varmestrømsmålerne er ca. 1,5 mm tykke kunststofplader, og består af et målefelt og et randfelt. I målefeltet er der en stor mængde termoelementer som registrerer temperaturforskellen mellem kunststofpladens indvendige og udvendige overflade, og som udsender en spændingsforskel proportional med varmestrømmen gennem måleren.

Målemetode/målemetodik

Målemetoden er beskrevet i DS/ISO 9869-1 fra 2014. Det anbefales heri, at der for lette konstruktioner kun anvendes måledata fra 1 time efter solnedgang til solopgang. Vi har her valgt i stedet at vende testfladerne mod nord, således at direkte solbestråling undgås.

Der blev monteret termoelementer udvendigt til de yderst liggende strå (fastholdt med strips) i testfelter TA og TB, og ledningerne blev ført gennem åbninger i gavlvæggene til dataloggerne. På de indvendige vægoverflader i testfelterne blev der monteret varmestrømsmålere med kunststoftape i pladens randfelt og umiddelbart ved siden af varmestrømsmåleren et termoelement med alutape samt malertape.

Måleudstyret har været anvendt til flere opgaver i laboratoriets Hotbox, og er i den forbindelse blevet kalibreret til måling på testemner med varierende isolans. Til denne opgave valgtes at kontrollere kalibreringen ved at foretage en kontrolmåling på en referenceplade med kendt isolans i TI's udstyr til U-værdimåling iht. EN 675, se billede B5.



B5: Kontrol af varmestrømsmålere

Erfaringer med laboratoriemålinger med anvendelse af varmestrømsmålere til U-værdibestemmelse viser, at usikkerheden på resultaterne er max. 0-5 % i EN 675 udstyret (hvor kold og varm temperatur er konstant, og hvor der ikke er luftstrømning ved varmestrømsmålerens overflade) og 5-10 % ved anvendelse i Hotboxen, hvor der er en kontrolleret luftstrømning ved overfladerne. Ved in situ målinger generelt, hvor især udetemperaturen varierer, og hvor der er konvektive luftstrømninger ved overfladen af varmestrømsmåleren, anfører ISO 9869-1 en usikkerhed for veludførte målinger på 14-28%.

Behandling af måledata

Iht. middelværdi-metoden i ISO 9869-1 kan varmeledningsevnen af testemnet findes ved at dividere middelværdien af de målte varmestrømme med middelværdien af de målte temperaturdifferencer. Hvis man som valgt i denne opgave anvender overfladetemperaturer findes U-værdien ved at beregne isolansen R, addere en normeret værdi for overgangsisolanser (0,17 m²K/W) og invertere. Isolansen findes af udtrykket

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (T_{sij} - T_{sej})}{\sum_{j=1}^n q_j}$$

Hvor tælleren er temperaturdifferencer og nævneren varmestrømme.

Når man beregner ovenstående estimat efter hver registreret måleværdi, vil man normalt observere en konvergens mod en asymptotisk værdi, som er tæt på den virkelige U-værdi, hvis den interne energi (samme temperatur) og fugtfordeling i testemnet er den samme i begyndelsen og slutningen af måleperioden. Dette anses at være gældende for lette konstruktioner, når der over en 72 timers måleperiode opnås start- og slutværdier som afviger mindre end 5%.

Det aktuelle testemne – stråtekning - vil kunne have variationer i fugtindholdet i en måleperiode. Ved præpareringen af testemner til laboratoriemålinger (se billeder i bilag 1) var det imidlertid tydeligt, at fugten fra regnvand kun påvirkede de yderste 2-3 cm af tagdækningen.

Måleresultater in situ målinger

Målingerne er foretaget over 2 vintersæsoner 2016/17 og 2017/2018. Efter 1. sæson viste det sig, at testhuset ikke var tilstrækkeligt lufttæt til at indetemperaturen kunne holdes nogenlunde konstant, hvorfor der inden 2. sæson blev monteret en indvendig plastfolie med tape og samlinger. Det viste sig endvidere, at testhuset helst skulle være opvarmet i ca. 14 dage inden montage af varmestromsmålernes for at undgå fugtbetingede krumninger af varmestromsmålernes. Til opvarmning af testhuset i sæson 2 blev der endvidere anvendt en bedre olie-radiator med en bedre ventilator indbygget (medførte bedre luftcirkulation og mere konstante temperaturer, men større turbulens på varmestromsregistreringerne). I det følgende er vist figurer med grafer over udvalgte måledata fra de 2 måleperioder. I alle figurer er anvendt flg. farver på graferne:

Rød linje: indetemperatur °C (T_{si})

Blå linje: udetemperatur °C (T_{se})

Sort linje: $(T_{si} - T_{se})$ °C

Mørkegrøn linje: $1/R$ W/m²K (svarer til U-værdien – men uden overgangsisolanser) – Channel 0.12 eller 90.91 . U-værdien angives normalt med tillæg af overgangsisolanser 0,17 m²K/W til R værdien (overgangsisolanser er isolerings-evnen af stillestående luftlag ved den indvendige og den udvendige overflade)

Lysegrøn linje: varmestrom W/m²

Lilla linje: løbende middel -U-værdi W/m²K (formel side 7)

Den betragtede måleperiode er mellem left cursor (rød lodret linje) og Right cursor (blå lodret linje).

$\lambda_{strå}$ bestemmes ud fra den generelle U-værdi formel:

$U = 1 / (0,17 + \sum d/\lambda)$ hvor d er lagtykkelsen og λ varmeledningsevnen for hvert lag i konstruktionen.

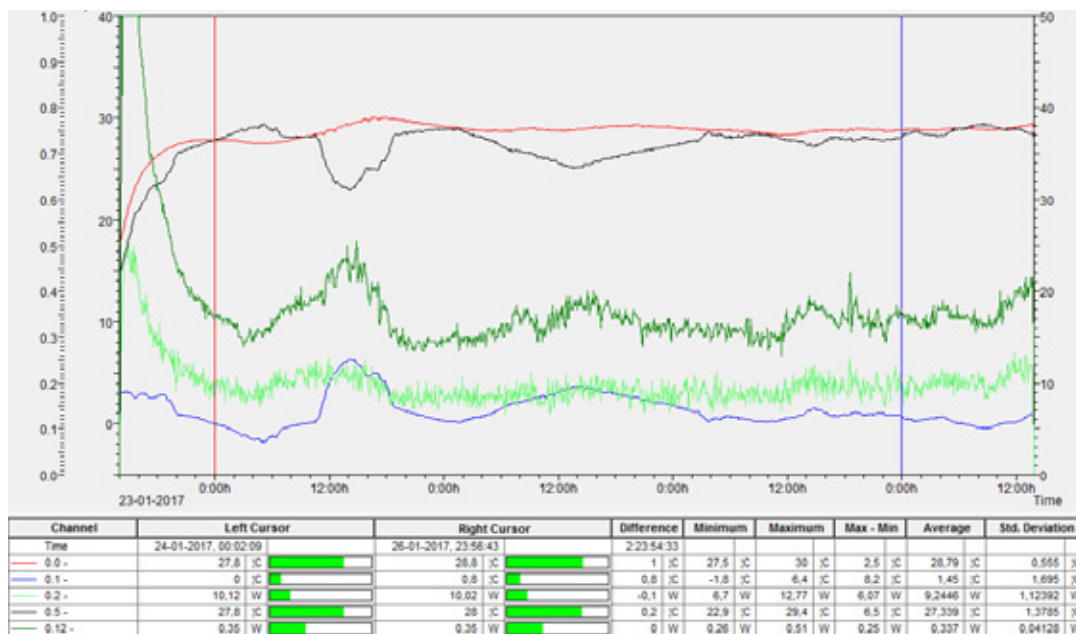


Fig 1 TA1 23-01-17 til 27-01-17 (plade), måling nr. TA1

Ved den allerførste måleperiode var indetemperaturen stillet lidt højt, men udeklimaet havde næsten konstant udetemperatur. Beregning af U-værdi: $U=1/[1/(0,337) + 0,17]=0,32 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Beregning af lambda-værdi for 28 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,28/(1/0,32 - 0,13 - 0,17) = 0,099 \text{ W/mK}$

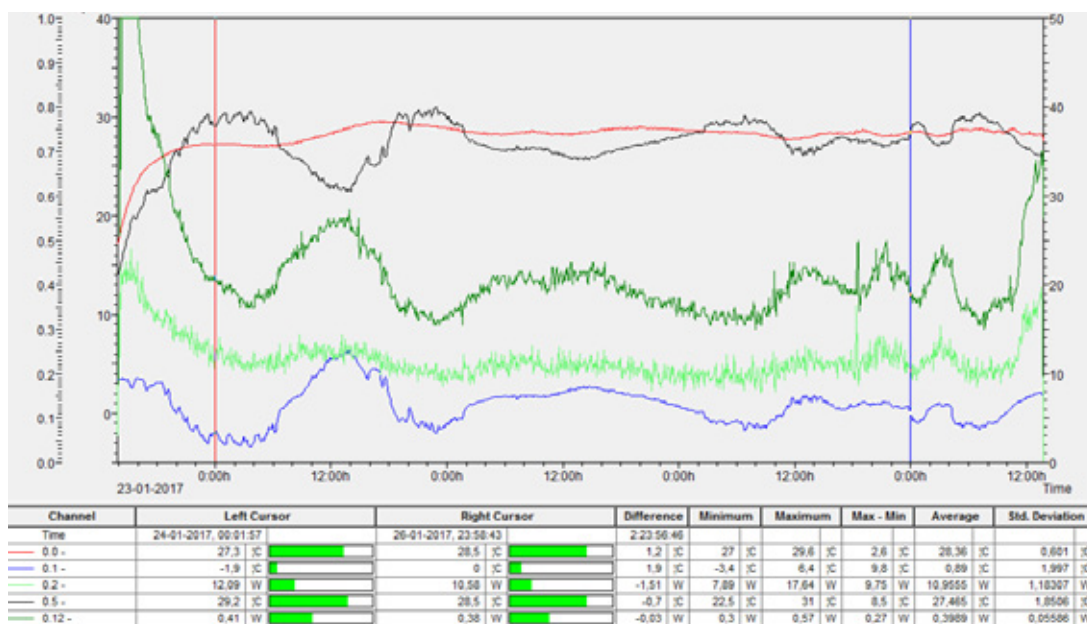


Fig 2 TB1 23-01-17 til 27-01-17 (Sepatec), måling nr. TB1

Ved den allerførste måleperiode var indetemperaturen stillet lidt højt, men udeklimaet havde næsten konstant udetemperatur. Beregning af U-værdi: $U=1/[1/(0,3989) + 0,17]=0,37 \text{ W/m}^2\text{K}$
 Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,28/(1/0,37 - 0,13 - 0,17) = 0,100 \text{ W/mK}$

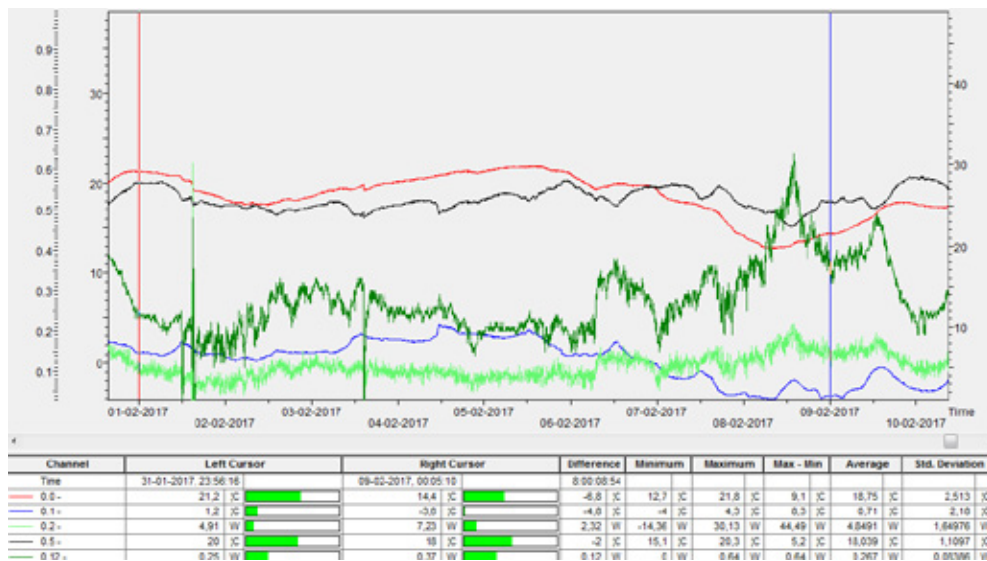


Fig 3 TA 31-01-17 til 09-02-17 (plade)

Kommentarer:

Her er kriterierne for en valid måling ikke overholdt. Der sker noget mærkeligt idet den indvendige overfladetemperatur falder til ca. 13 °C i en periode med blæsevejr. Det besluttes at tætnes testhuset bedre.

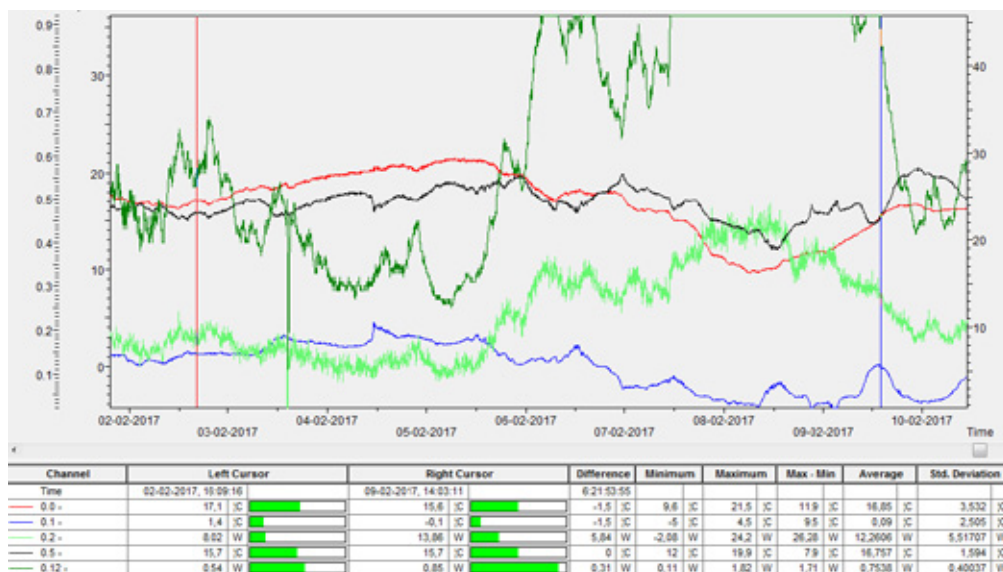


Fig 4 TB 31-01-17 til 09-02-17 (Sepatec)

Kommentarer:

Her er kriterierne for en valid måling ikke overholdt. Der sker noget mærkeligt idet den indvendige overfladetemperatur falder til ca. 10 °C i en periode med blæsevejr. Det besluttes at tætnes testhuset bedre. Der ses større fluktuationer end ved prøvefeltet med pladetækning (fig. 3).

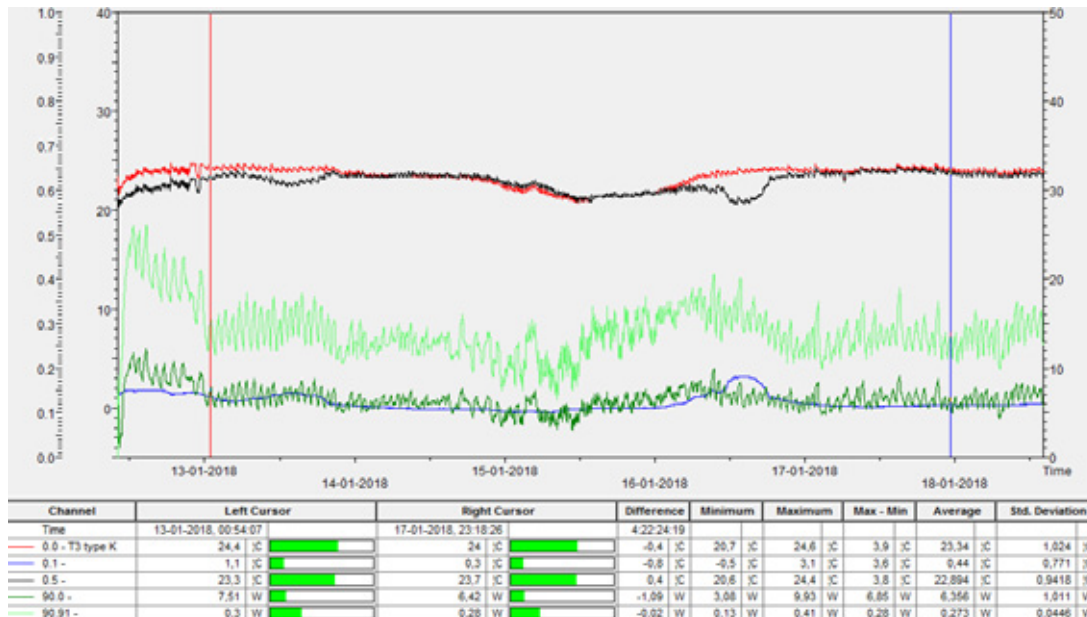


Fig 5 TA2 13-01-18 til 18-01-18 (plade), måling nr. TA2,a

Kommentarer:

Udeklimaet havde næsten konstant udetemperatur, registreringen fra varme-strømsmåleren fluktuerer omkring en middelværdi, formentlig pga. påvirkninger fra luftcirkulationen og termostatstyringen i rummet (vurderes ikke at have betydning for resultatet).

Beregning af U-værdi:

$$U = 1/[1/(0,273) + 0,17] = 0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Beregning af lambda-værdi for 28 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fratrækkes):

$$\lambda_{\text{strå}} = 0,28/(1/0,26 - 0,13 - 0,17) = 0,079 \text{ W/mK}$$

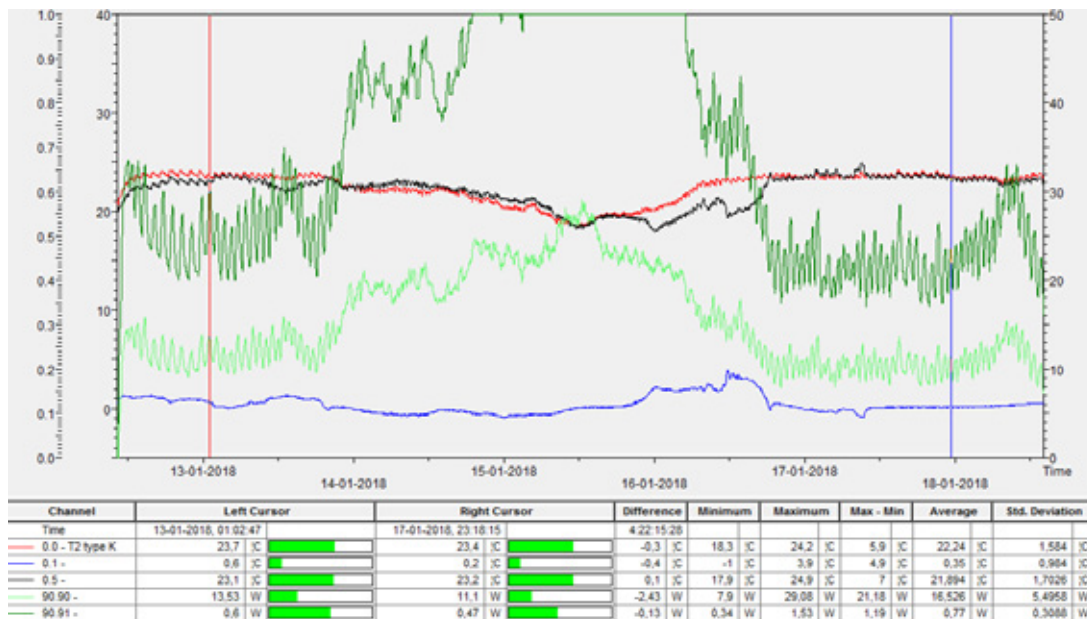
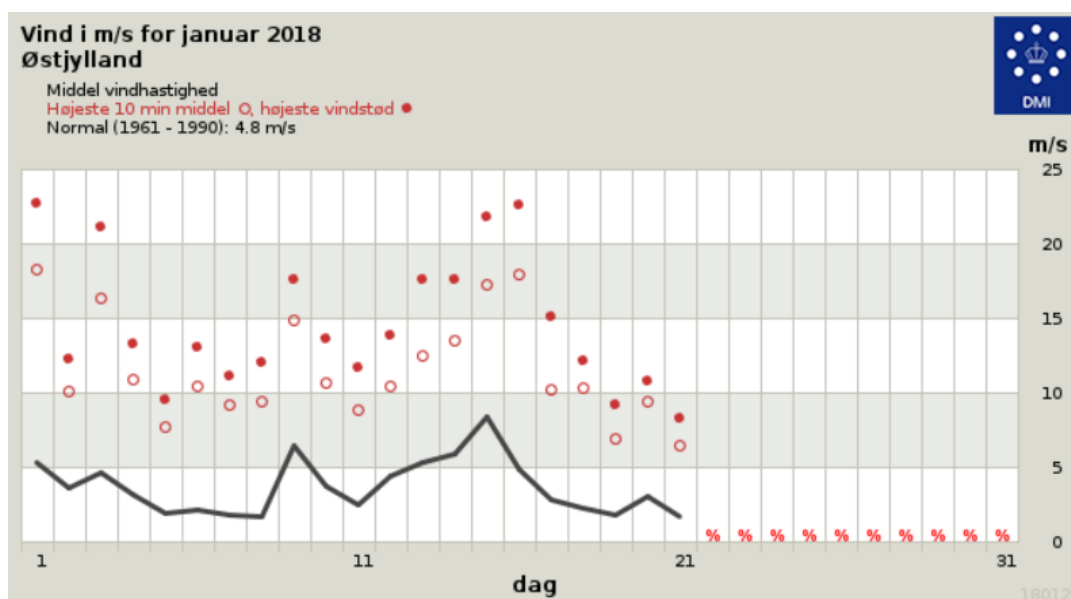


Fig 6 TB2 13-01-18 til 18-01-18 (Sepatec)

Kommentarer:

Udeklimaet artede sig fint med næsten konstant udetemperatur, registreringen fra varmestromsmålere fluktuerer omkring en middelværdi, formentlig pga. påvirkninger fra luftcirkulationen i rummet (vurderes ikke at have betydning). Her ved Sepatec-løsningen ses en tydelig indflydelse fra vindpåvirkningen som på en eller anden måde (fx ventilation mellem stråene / ventilation mellem udeluft og hulrum bag strålag) øger U-værdien. I perioden var der stærk blæst se fig. herunder, og det vælges derfor at dele observationerne op i to.



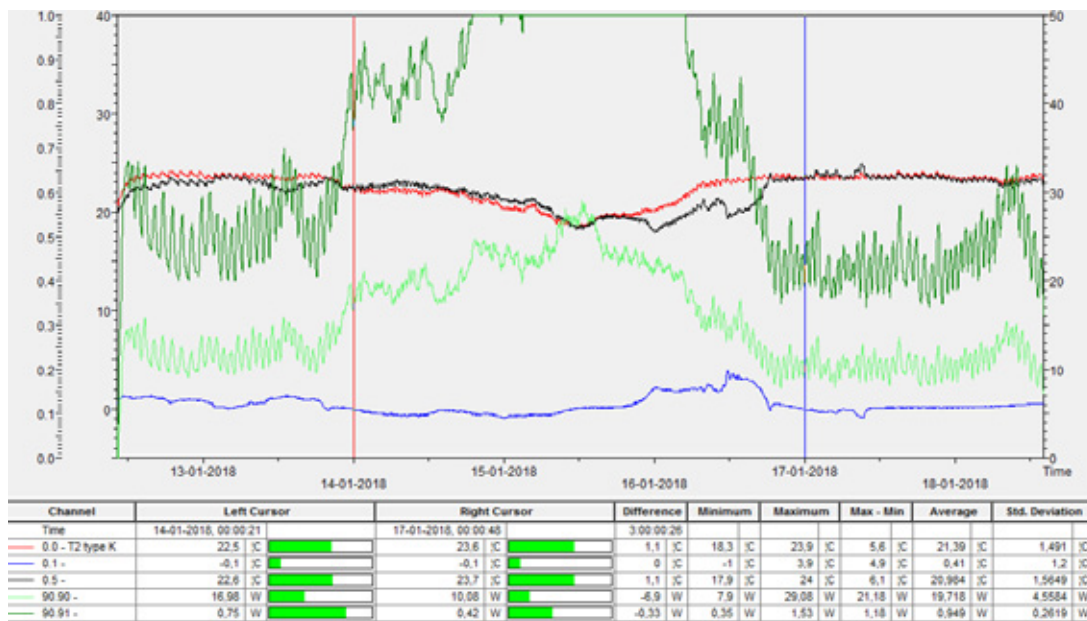


Fig 6a TB2 14-01-18 til 17-01-17 (Sepatec-vind), måling nr. TB2,a

Beregning af U-værdi: (orienterende værdi for perioden med stærk blæst)

$$U = 1/[1/(0,949) + 0,17] = 0,82 \text{ W/m}^2\text{K (middelværdi i perioden)}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,82 - 0,13 - 0,17) = 0,26 \text{ W/mK}$

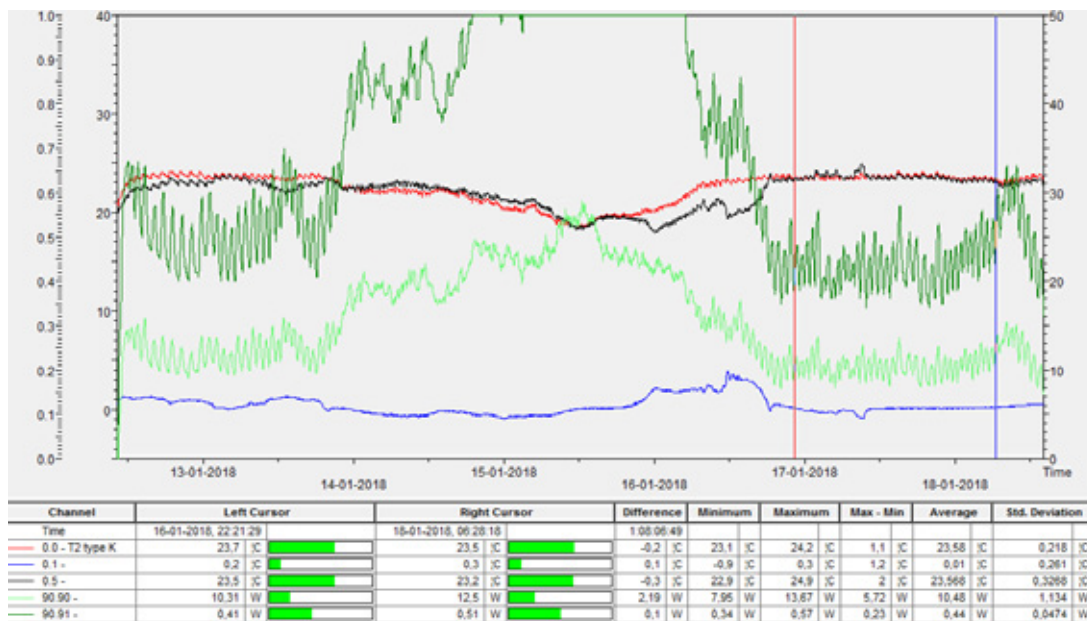


Fig 6b TB2 17-01-18 til 18-01-17 (Sepatec ingen vind), måling nr. TB2,b

Beregning af U-værdi: (normal periode)

$$U = 1/[1/(0,44) + 0,17] = 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,41 - 0,13 - 0,17) = 0,11 \text{ W/mK}$

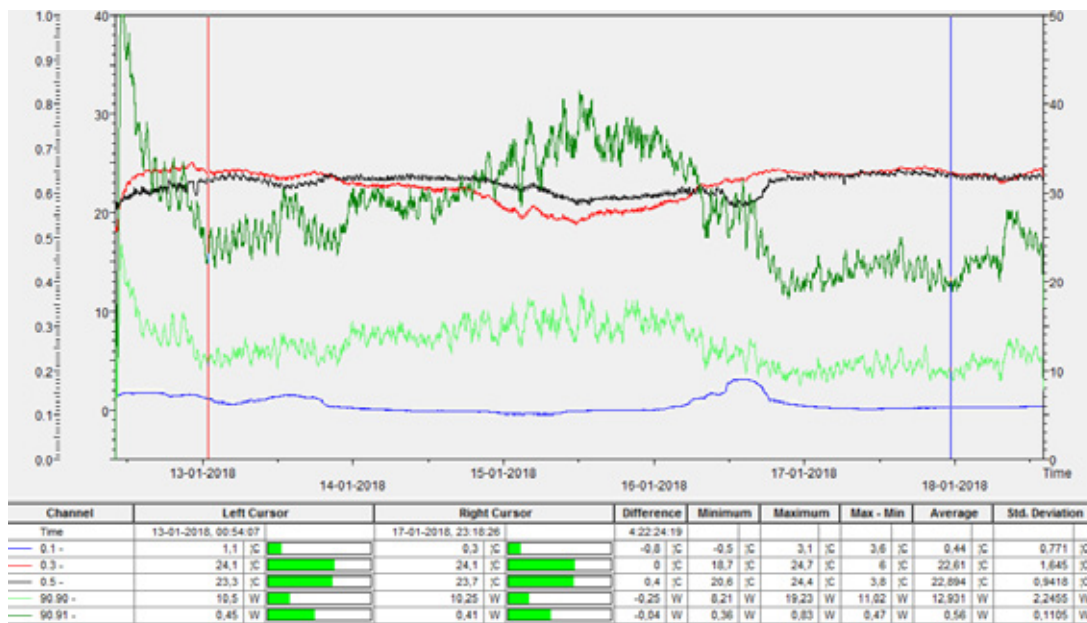
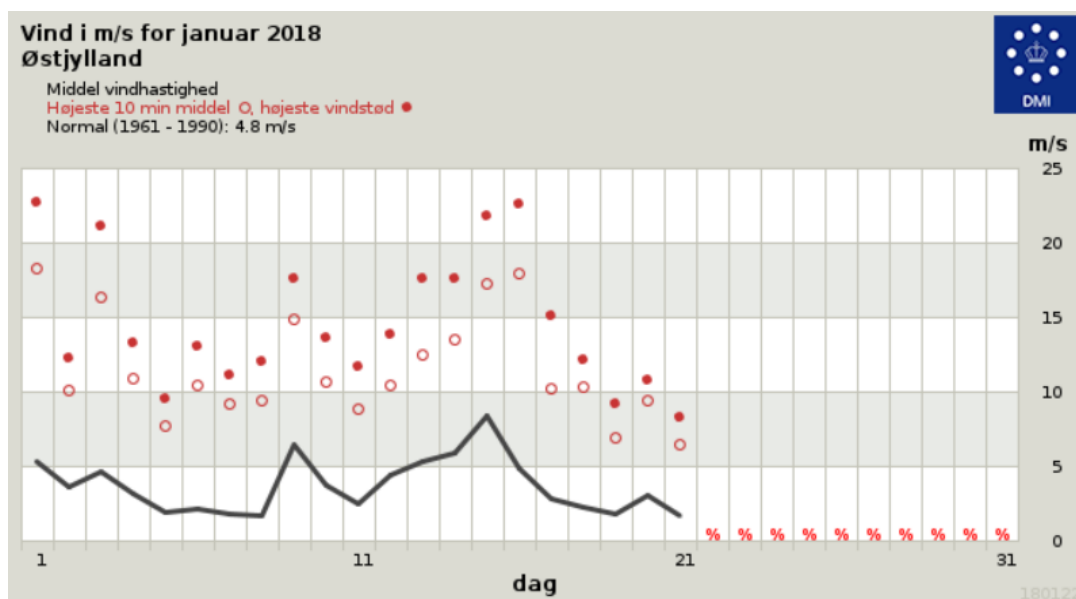


Fig 7 VA 13-01-18 til 18-01-18

Kommentarer:

Udeklimaet artede sig fint med næsten konstant udetemperatur, registreringen fra varmestromsmålere fluktuerer omkring en middelværdi, formentlig pga. påvirkninger fra luftcirkulationen i rummet (vurderes ikke at have betydning). Her ved Sepatec-løsningen ses en tydelig indflydelse fra vindpåvirkningen som på en eller anden måde (fx ventilation mellem stråene / ventilation mellem udeluft og hulrum bag strålag) øger U-værdien. I perioden var der stærk blæst se fig. herunder, og det vælges derfor at dele observationerne op i to.



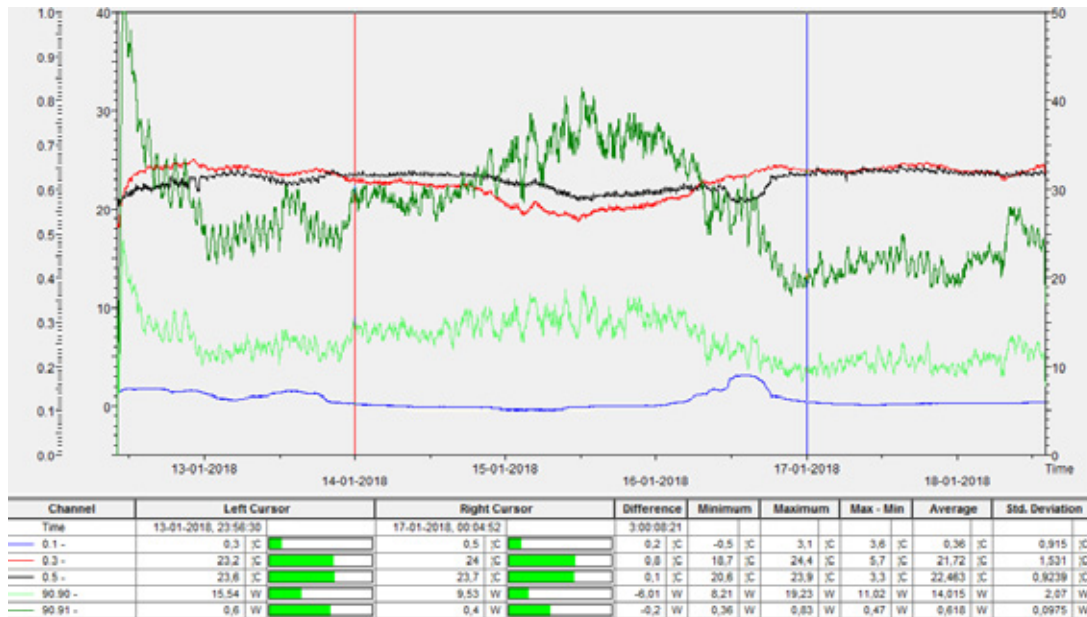


Fig 7a VA 14-01-18 til 17-01-18 (Sepatec -vind), måling nr. VA,a

Beregning af U-værdi: (orienterende værdi for perioden med stærk blæst)

$$U = 1/[1/(0,618) + 0,17] = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (middelværdi i perioden)}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,56 - 0,13 - 0,17) = 0,16 \text{ W/mK}$

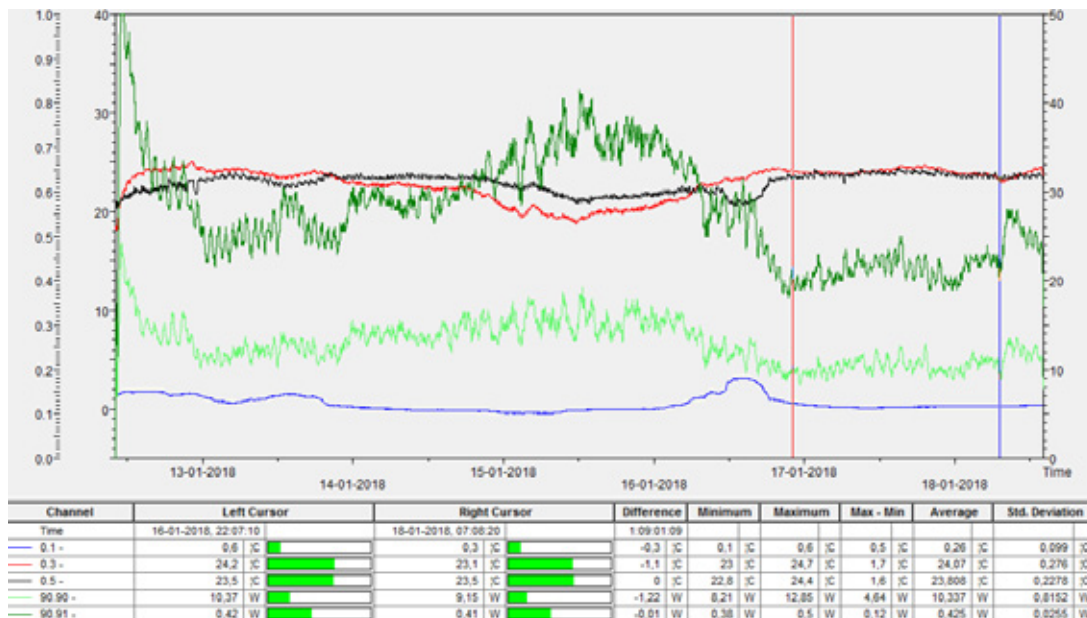


Fig 7b VA 14-01-18 til 17-01-17 (Sepatec ingen vind), måling nr. VA,b

Beregning af U-værdi: (normal periode)

$$U = 1/[1/(0,425) + 0,17] = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,40 - 0,13 - 0,17) = 0,11 \text{ W/mK}$

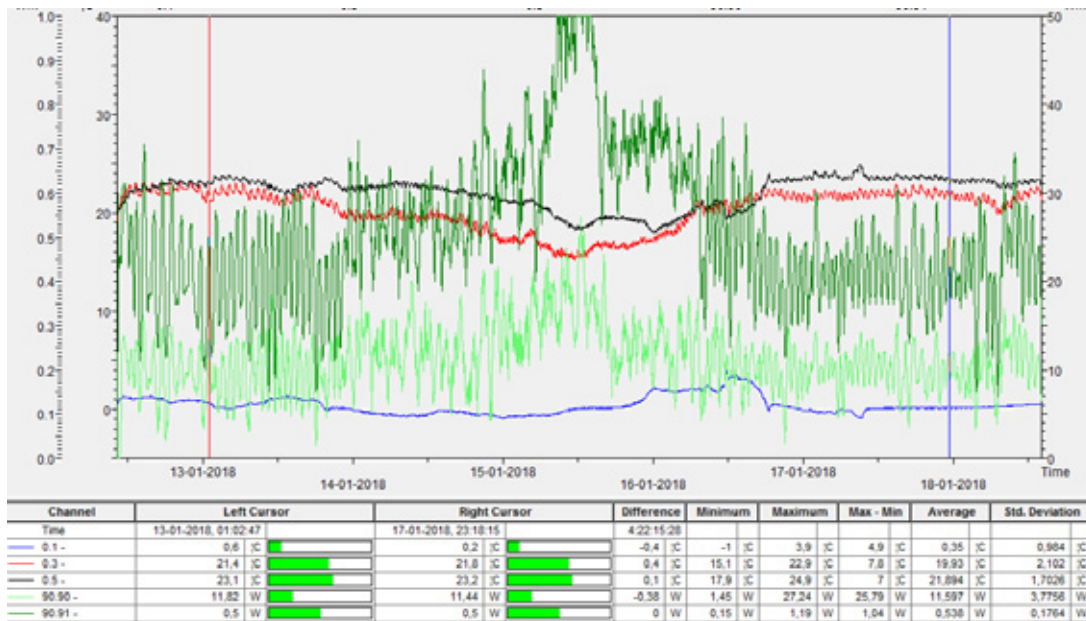
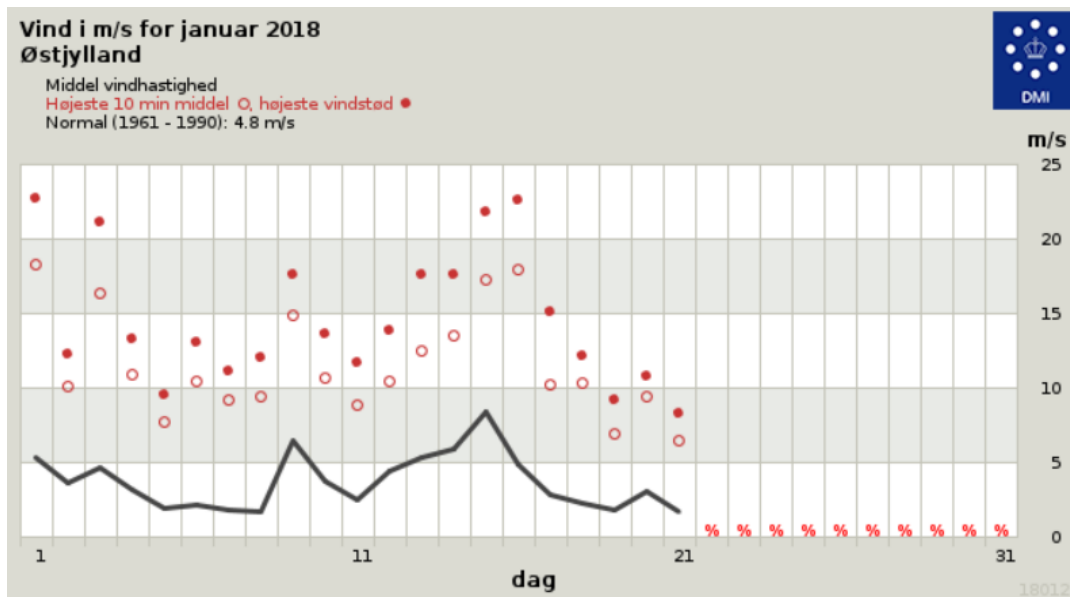


Fig 8 VB 13-01-18 til 18-01-18

Kommentarer:

Udeklimaet artede sig fint med næsten konstant udetemperatur, registreringen fra varmestrømsmåleren fluktuerer omkring en middelværdi, formentlig pga. påvirkninger fra luftcirkulationen i rummet (vurderes ikke at have betydning). Her ved Sepatec-løsningen ses en tydelig indflydelse fra vindpåvirkningen som på en eller anden måde (fx ventilation mellem stråene / ventilation mellem udeluft og hulrum bag strålag) øger U-værdien. I perioden var der stærk blæst se fig. herunder, og det vælges derfor at dele observationerne op i to.



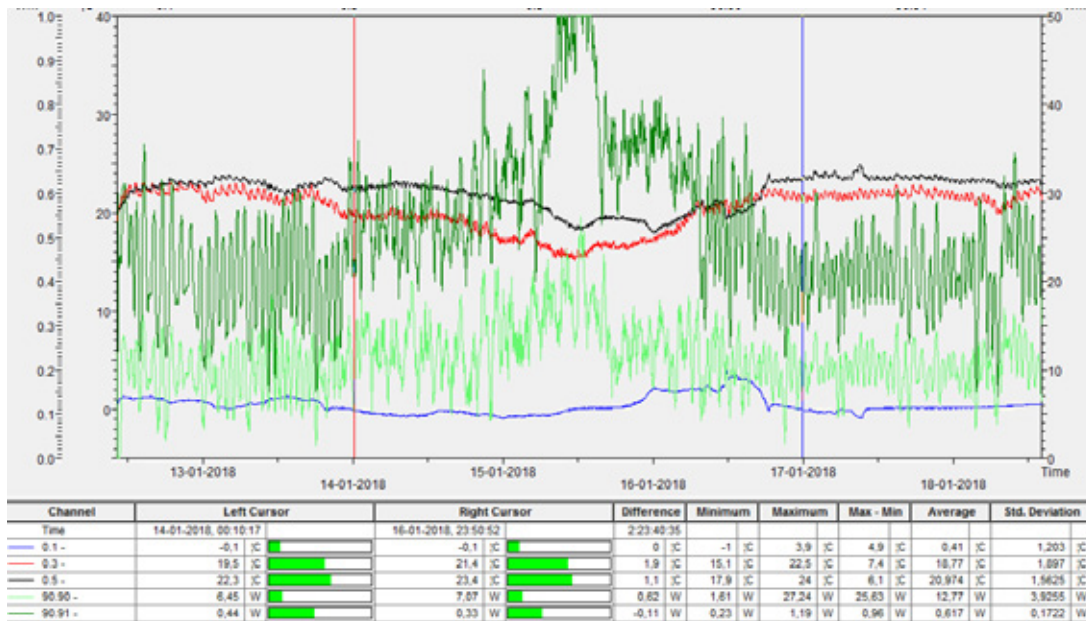


Fig 8a VB 14-01-18 til 17-01-18 (Sepatec -vind), måling nr. VB,a

Beregning af U-værdi: (orienterende værdi for perioden med stærk blæst)

$$U = 1/[1/(0,617) + 0,17] = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K} \text{ (middelværdi i perioden)}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,56 - 0,13 - 0,17) = 0,16 \text{ W/mK}$

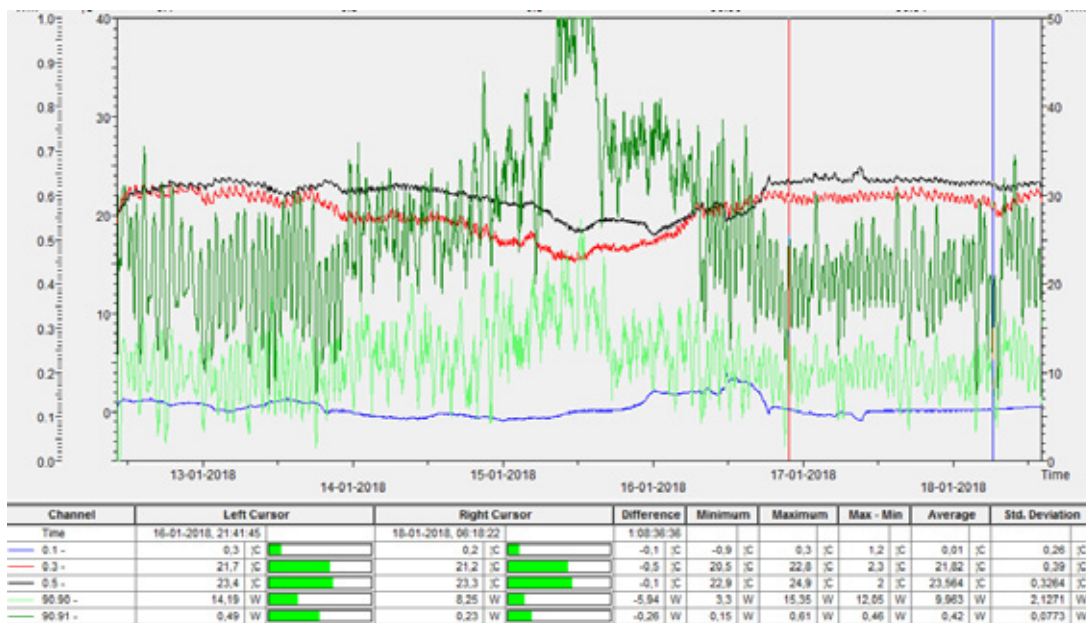


Fig 8b VB 14-01-18 til 17-01-18 (Sepatec - ingen vind), måling nr. VB,b

Beregning af U-værdi: (normal periode)

$$U = 1/[1/(0,42) + 0,17] = 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Beregning af lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til 0,13 m²K/W og fra-trækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24/(1/0,40 - 0,13 - 0,17) = 0,11 \text{ W/mK}$

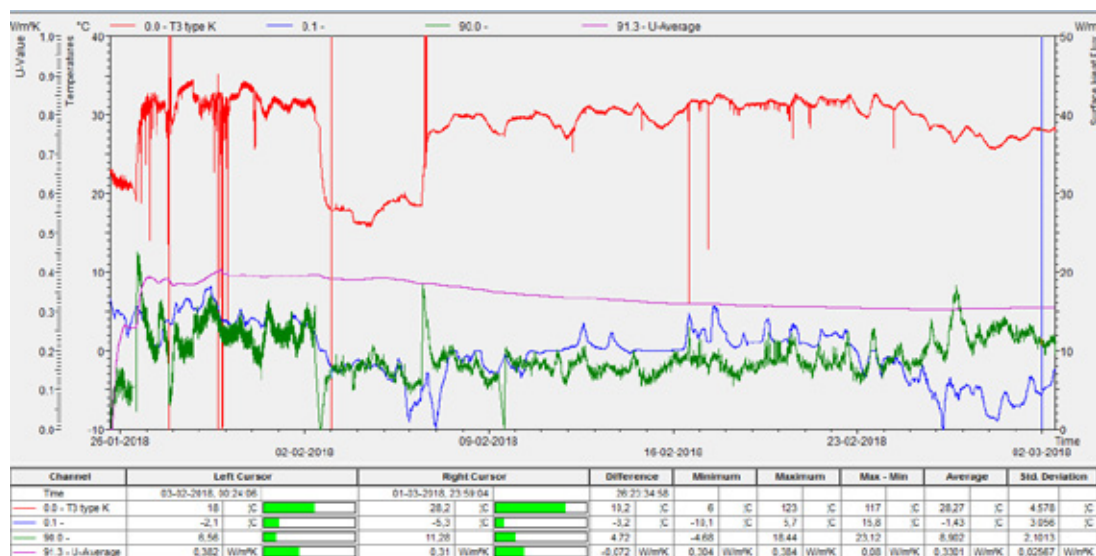


Fig 9 TA2 02-02-18 til 02-03-18 (Plade), måling nr. TA2,b

Målingen er fra hele februar måned. Kurven med den mørkegrønne farve er U-værdien og den lille lilla kurve er den løbende middelværdi af U-værdien (jvf formelen side 7). Det ses at U-værdien med god tilnærmelse nærmer sig asymptotisk til værdien $U = 0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ (højre cursor)

Beregning af lambda-værdi for 28 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,28 / (1/0,31 - 0,13 - 0,17) = 0,096 \text{ W/mK}$

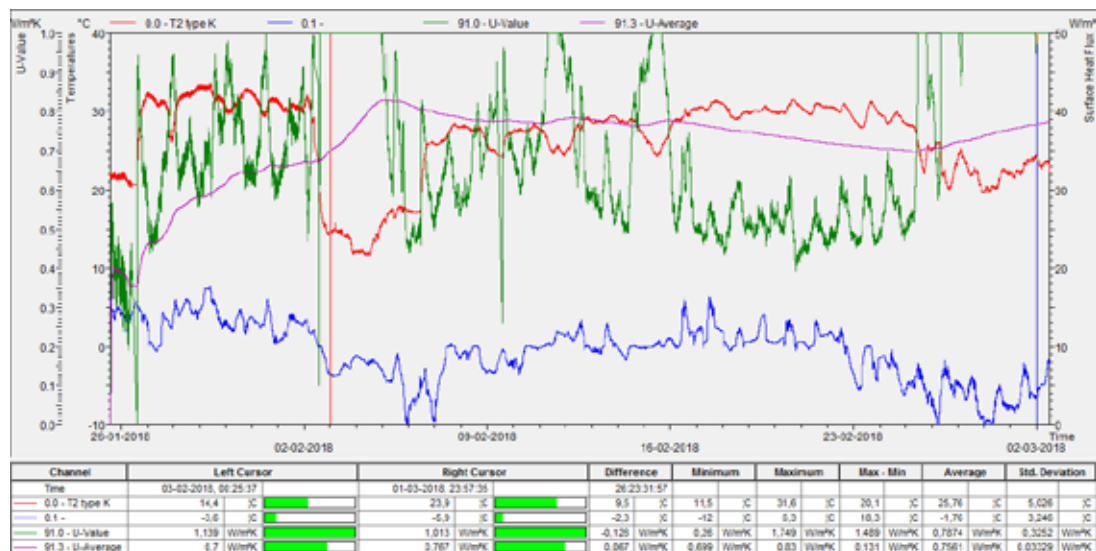


Fig 10 TB2 02-02-18 til 02-03-18 (Sepatec), måling TB2,b

Målingen er fra hele februar måned. Kurven med den mørkegrønne farve er U-værdien og den lille lilla kurve er den løbende middelværdi af U-værdien (jvf formelen side 7). Det ses at den lille lilla kurve slutter i værdien $U = 0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$ (højre cursor), men kurven nærmer sig ikke asymptotisk til denne værdi pga vindpåvirkningen.

Beregning af skøn for lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24 / (1/0,77 - 0,13 - 0,17) = 0,24 \text{ W/mK}$

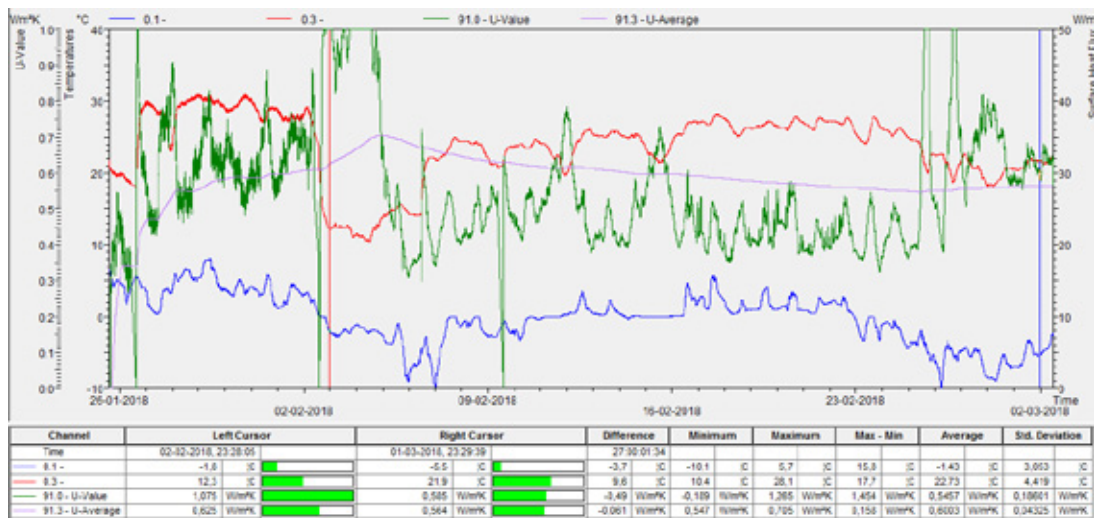


Fig 11 VA 02-02-18 til 02-03-18 (Sepatec), måling nr. VA,c

Målingen er fra hele februar måned. Kurven med den mørkegrønne farve er U-værdien og den lille lilla kurve er den løbende middelværdi af U-værdien (jvf formelen side 7). Det ses at den lille lilla kurve slutter i værdien $U = 0,56 \text{ W/m}^2\text{K}$ (højre cursor) , men kurven nærmer sig ikke asymptotisk til denne værdi pga vindpåvirkningen.

Beregning af skøn for lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24 / (1/0,56 - 0,13 - 0,17) = 0,16 \text{ W/mK}$

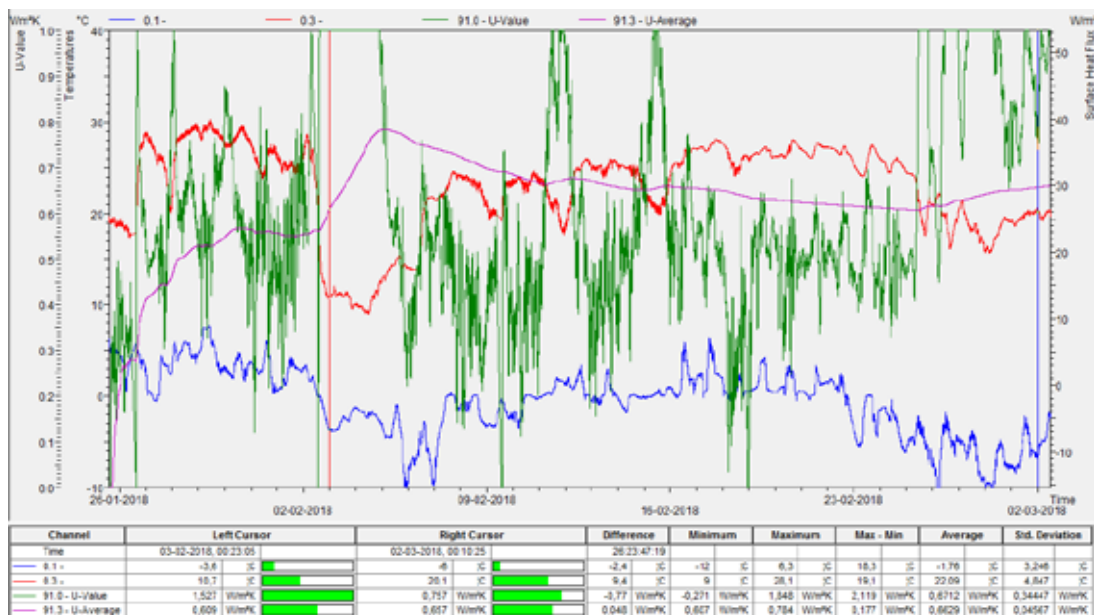


Fig 12 VB 02-02-18 til 02-03-18 (Sepatec), måling nr. VB,c

Målingen er fra hele februar måned. Kurven med den mørkegrønne farve er U-værdien og den lille lilla kurve er den løbende middelværdi af U-værdien (jvf formelen side 7). Det ses at den lille lilla kurve slutter i værdien $U = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ (højre cursor) , men kurven nærmer sig ikke asymptotisk til denne værdi pga vindpåvirkningen.

Beregning af skøn for lambda-værdi for 24 cm strå (krydsfinerpladens isolans sættes til $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ og fratrækkes): $\lambda_{\text{strå}} = 0,24 / (1/0,66 - 0,13 - 0,17) = 0,20 \text{ W/mK}$

DEL 2: Laboratoriemålinger

Prøvningens formål og gennemførelse

Prøvningens formål var at måle en lambdaværdi for udtagne prøver af stråmateriale fra eksisterende stråtage. Dimensioner på prøveemner ca. 750mm x 750mm x tykkelsen. Måleudstyret er opbygget iht. EN 765 og anvendes normalt til bestemmelse af U-værdien for termoruder. De anvendte varmestrømsmålere (1 stk. på den kolde side og 1 stk. på den varme side) har størrelsen 310 mm x 310 mm. På den varme side blev anvendt en 10 mm glasfiberplade som afslutning, på den kolde side et 4 mm floatglas. I bilag 1 er medtaget billeder af testudstyr.

Det skal bemærkes at alle prøveemner er uden bindetråd (gennemgående binde-tråd er en kuldebro, men tråden er meget tynd) og selve prøvningsmetoden bevirker at luften mellem stråene er stillestående, idet der er lufttætte lag (glas, metal, celloskumsfolier) på begge sider af prøveemnet.

Prøvningsresultater

Resultaterne fra prøvningerne er medtaget på de følgende sider.

Prøveemne nr. 1, beskrivelse

Prøveemne: Ca. 750 mm x 750 mm x 250 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 1 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-02-24.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-03-02 til 2017-03-03.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Tækket 1985, beliggende midt på Djursland, mellem Kolind og Rønde. Syet med ståltråd, altså før skruemaskine-metoden. Tagstykke udtaget 22.03.2017 i forbindelse med omtækning, idet hele det gamle tag på denne bygning blev taget ned. Tagets tilstand var særdeles god, alderen taget i betragtning. Forventet restlevetid: Minimum 10 år."

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billeder i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 1, måleresultat

Målt U-værdi 0,274 W/m² K, (Middeltemperatur 10,5 gr C, delta T = 24,7 gr C).

Prøveemnets vægt (incl. tape) blev bestemt umiddelbart før prøvningen og igen efter oplagring i opvarmet tør kælder i 160 dage, og og 5erud fra anslås fugtindholdet ved målingen at have været mindst ca 18 vgt -% (det meste af fugten har været i de yderste cm, se billede side 1 i bilag1)

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 250 mm tykke plade af strå således:

$$(0,274)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,250 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,072 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 2, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 240 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 2 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-06-22.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-06-22 til 2017-07-03.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Keld 1 fra 1991"

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billeder i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 2, måleresultat

Målt U-værdi 0,240 W/m² K, (Middeltemperatur 10,5 gr C, delta T = 24,9 gr C).

Prøveemne konditioneret 1 uge i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 240 mm tykke plade af strå således:

$$(0,240)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,240 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,060 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 3, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 230 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 3 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-06-22.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-06-22 til 2017-07-03.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Henrik 28 år sydvendt"

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billeder i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 3, måleresultat

Målt U-værdi 0,258 W/m² K, (Middel temperatur 10,56 gr C, delta T = 24,98 gr C).

Prøveemne konditioneret 1 uge i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 230 mm tykke plade af strå således:

$$(0,258)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,230 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\underline{\lambda_{\text{strå}} = 0,063 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 4, beskrivelse

- Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 220 mm prøve af stråmateriale.
- Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 4 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-06-22.
- Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).
- Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-06-22 til 2017-07-03.

Der er modtaget fig. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Keld 2 1991"

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billeder i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 4, måleresultat

Målt U-værdi 0,250 W/m² K, (Middel temperatur 10,51 gr C, delta T = 24,95 gr C).

Prøveemne konditioneret 1 uge i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 220 mm tykke plade af strå således:

$$(0,250)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,220 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\underline{\lambda_{\text{strå}} = 0,058 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 5, beskrivelse

- Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 160 mm prøve af stråmateriale.
- Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 5 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-06-22.
- Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).
- Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-06-22 til 2017-07-03.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"36 år"

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billede nr. 3 og 4. i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 5, måleresultat

Målt U-værdi 0,307 W/m² K, (Middel temperatur 10,48 gr C, delta T = 24,81 gr C).

Prøveemne konditioneret 1 uge i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 160 mm tykke plade af strå således:

$$(0,307)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,160 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = 0,052 \text{ W/mK}$$

Prøveemne nr. 6, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 180 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr 6 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2017-12-08.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-12-12 til 2017-12-14.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"tækket 1976 fra valm mod sydøst"

Stråmateriale blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billede nr. 3 og 4. i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 6, måleresultat

Målt U-værdi 0,31 W/m² K, (Middel temperatur 10,69 gr C, delta T = 23,19 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 180 mm tykke plade af strå således:

$$(0,31)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,180 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = 0,059 \text{ W/mK}$$

Prøveemne nr. 7, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 200 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr. 7 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-01-15.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2017-01-16 til 2017-01-17.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Taget er fra Slots Allen 10 5631 Ebberup. Taget har vendt mod vest, og er 39 år."

Stråmaterialet blev separeret fra lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape, se billeder i bilag 1. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 7, måleresultat

Målt U-værdi 0,354 W/m² K, (Middel temperatur 10,71 gr C, delta T = 23,22 gr C).

Prøveemnets vægt (incl. tape) blev bestemt umiddelbart før prøvningen og igen efter oplagring i opvarmet tør kælder i 160 dage, og og herud fra anslås fugtindholdet ved målingen at have været ca 20 vgt -% (det meste af fugten har været i de yderste cm, se billede side 1 i bilag1)

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 200 mm tykke plade af strå således:

$$(0,354)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,200 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,076 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 8, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 225 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr 8 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-03-13.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2018-04-03 til 2018-04-05.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det prøveemnet:

Prøven er lavet af nye strå placeret i en krydsfinerkrasse.

Stråmateriale blev separeret fra kasse materialet og stråene blev holdt i facon vha tape. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 8, måleresultat

Målt U-værdi 0,235 W/m² K, (Middel temperatur 10,70 gr C, delta T = 23,5 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 225 mm tykke plade af strå således:

$$(0,235)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,225 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\underline{\lambda_{\text{strå}} = 0,055 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 9, beskrivelse

Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 225 mm prøve af stråmateriale.

Udtagning: Prøveemnet mærket nr 9 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-03-13.

Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).

Periode: Prøvningen blev gennemført 2018-04-05 til 2018-04-06.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det prøveemnet:

Prøven er lavet af nye strå placeret i en krydsfinerkasse.

Stråmaterialet blev separeret fra kassematerialet og stråene blev holdt i facon vha tape. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 9, måleresultat

Målt U-værdi 0,235 W/m² K, (Middel temperatur 10,70 gr C, delta T = 23,5 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 225 mm tykke plade af strå således:

$$(0,244)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,225 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\underline{\lambda_{\text{strå}} = 0,058 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 10, beskrivelse

- Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 180 mm prøve af stråmateriale.
- Udtagning: Prøveemnet mærket nr 10 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-03-19.
- Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).
- Periode: Prøvningen blev gennemført 2018-04-09 til 2018-04-11.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Taget er 43 år gammelt, det har vendt mod syd"

Stråmaterialet blev separeret fra krydsfiner og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 10, måleresultat

Målt U-værdi 0,36 W/m² K, (Middel temperatur 10,68 gr C, delta T = 23,15 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 180 mm tykke plade af strå således:

$$(0,36)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,180 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,070 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 11, beskrivelse

- Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 140 mm prøve af stråmateriale.
- Udtagning: Prøveemnet mærket nr 11 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-03-19.
- Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).
- Periode: Prøvningen blev gennemført 2018-04-11 til 2018-04-13.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Taget er 54 år gammelt, det har vendt mod syd/sydpøst, taget er brandisoleret med træbeton der sidder 50 mm under lægter"

Stråmaterialet blev separeret fra krydsfiner, lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 11, måleresultat

Målt U-værdi 0,361 W/m² K, (Middel temperatur 10,78 gr C, delta T = 23,15 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 140 mm tykke plade af strå således:

$$(0,361)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,140 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,054 \text{ W/mK}}$$

Prøveemne nr. 12, beskrivelse

- Prøve-
emne: Ca. 750 mm x 750 mm x 180 mm prøve af stråmateriale.
- Udtagning: Prøveemnet mærket nr 12 blev indleveret af kunden og modtaget på Teknologisk Institut 2018-04-10.
- Metode: Prøveemnet er testet ved brug af varmestrømsmålere (EN 675 metode).
- Periode: Prøvningen blev gennemført 2018-04-16 til 2018-04-18.

Der er modtaget flg. beskrivelse af det udtagne prøveemne:

"Taget er mindst 41 år gammelt, det har vendt mod syd"

Stråmaterialet blev separeret fra krydsfiner, lægter og metaltråde (der kunne ikke konstateres nogen volumenændring), og stråene blev holdt i facon ved hjælp af tape. Der blev bestemt en middelværdi af tykkelsen midt i prøven.

Prøveemne nr. 12, måleresultat

Målt U-værdi 0,281 W/m² K, (Middel temperatur 10,73 gr C, delta T = 23,26 gr C).

Prøveemne konditioneret i 23 gr C og 50% RH inden test.

Ud fra den målte U-værdi findes lambdaværdien for den 180 mm tykke plade af strå således:

$$(0,281)^{-1} = 0,17 + 0,004 + 0,01/0,43 + 0,180 / \lambda_{\text{strå}}$$

$$\lambda_{\text{strå}} = \mathbf{0,054 \text{ W/mK}}$$

Vurdering af prøvningsresultater

In situ målinger

Sammenfatning af måleresultater:

Måling TA1	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,10 \text{ W/mK}$ (tag, pladetækning)	ingen vind
Måling TA2,a	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,08 \text{ W/mK}$ (tag, pladetækning)	vind
Måling TA2,b	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,10 \text{ W/mK}$ (tag, pladetækning)	vind
Måling TB1	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,10 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	ingen vind
Måling TB2,a	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,26 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind
Måling TB2,b	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,24 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind
Måling VA,a	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,16 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind
Måling VA,b	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,11 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	ingen vind
Måling VA,c	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,16 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind
Måling VB,a	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,16 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind
Måling VB,b	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,11 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	ingen vind
Måling VB,c	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,20 \text{ W/mK}$ (tag, Sepatec)	vind

For tækning på plade blev der ikke observeret nogen væsentlig følsomhed overfor vindpåvirkninger - $\lambda_{\text{strå}} = 0,08\text{-}0,10 \text{ W/mK}$, for tækning med Sepatec på lægter (udført med mineraluldstætning langs feltafgrænsninger) nedsættes isolansen ved kraftig vind - $\lambda_{\text{strå}} = 0,10\text{-}0,26 \text{ W/mK}$.

Laboratoriemålinger

De målte prøver fra eksisterende tagkonstruktioner har varieret i alder, tykkelse, stråtykkelse, nedbrydningsgrad i 2-3 cm overfladelag, fugtindhold m.m. Det har vist sig, at den målte varmeisoleringssevne ved laboratorieprøvningen på alle 10 prøver ikke er væsentlig forskellig fra den varmeisoleringssevne, der blev målt på nye emner. Alle emner er målt uden bindetråd.

Oversigt:

Labmåling 1	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,072 \text{ W/mK}$ (tag, 1985, ikke fugtkonditioneret)
Labmåling 2	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,060 \text{ W/mK}$ (tag, 1991, fugtkonditioneret)
Labmåling 3	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,063 \text{ W/mK}$ (tag, 1990, fugtkonditioneret)
Labmåling 4	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,058 \text{ W/mK}$ (tag, 1991, fugtkonditioneret)
Labmåling 5	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,052 \text{ W/mK}$ (tag, 1982, fugtkonditioneret)
Labmåling 6	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,059 \text{ W/mK}$ (tag, 1976, fugtkonditioneret)
Labmåling 7	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,076 \text{ W/mK}$ (tag, 1979, ikke fugtkonditioneret)
Labmåling 8	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,055 \text{ W/mK}$ (nyt, 2018, fugtkonditioneret)
Labmåling 9	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,058 \text{ W/mK}$ (nyt, 2018, fugtkonditioneret)
Labmåling 10	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,070 \text{ W/mK}$ (tag, 1975, fugtkonditioneret)
Labmåling 11	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,054 \text{ W/mK}$ (tag, 1964, fugtkonditioneret)
Labmåling 12	: $\lambda_{\text{strå}} = 0,054 \text{ W/mK}$ (tag, 1977, fugtkonditioneret)

Nye emner:

Antal prøver: 2

$$\begin{aligned} \text{Middelværdi } \lambda_{\text{strå}} &= (0,055 \text{ W/mK} + 0,058 \text{ W/mK}) \\ &= \underline{0,056 \text{ W/mK}} \quad (s = 0,002 \text{ W/mK}) \end{aligned}$$

27-54 år gamle prøveemner målt i tør tilstand:

Antal prøver: 8

$$\begin{aligned} \text{Middelværdi } \lambda_{\text{strå}} &= (0,060 \text{ W/mK} + 0,063 \text{ W/mK} + 0,058 \text{ W/mK} + 0,052 \text{ W/mK} + \\ &\quad 0,059 \text{ W/mK} + 0,070 \text{ W/mK} + 0,054 \text{ W/mK} + 0,054 \text{ W/mK}) \\ &= \underline{0,059 \text{ W/mK}} \quad (s = 0,006 \text{ W/mK}) \end{aligned}$$

33-39 år gamle prøveemner målt med indleveret fugtindhold:

Antal prøver: 2

$$\begin{aligned} \text{Middelværdi } \lambda_{\text{strå}} &= (0,072 \text{ W/mK} + 0,076 \text{ W/mK}) \\ &= \underline{0,074 \text{ W/mK}} \quad (s = 0,003 \text{ W/mK}) \end{aligned}$$

Samlet vurdering

I Tyskland har man gennemført meget store forskningsprojekter vedr. stråtekning, men man har ikke undersøgt varmeisoleringssevnen af stråtekning, og det er i Tyskland ikke tilladt at medregne stråtekningen ved beregning af klimaskærmens samlede isolans (isoleringssevne).

I Holland har man stor erfaring med stråtekning og er det for pladetækning tilladt at medregne en regningsmæssig isolans beregnet ud fra $\lambda_{D, \text{strå}} = 0,20 \text{ W/mK}$ dvs at 30 cm stråtekning regnes at varmeisolere svarende til ca 5 cm mineraluld med $\lambda_{\text{minuld}} = 0,037 \text{ W/mK}$. (Isolansen af lagene er $0,3/0,2 = 1,5 \text{ m}^2\text{K/W}$)

I Danmark har det ikke været tilladt at medregne stråtekningen ved beregning af klimaskærmens samlede isolans.

Vore målinger viser, at varmeledningsevnen for stråtekningen under normale forhold i Danmark kan regnes at være et godt stykke under $\lambda_{\text{strå}} = 0,20 \text{ W/mK}$, kun ved Sepatec løsningen og kraftig vind kan varmeledningsevnen stige over denne værdi.

Som en middelværdi i fyringssæsonen foreslås derfor at anvende en værdi på $\lambda_{D, \text{strå}} = 0,15 - \mathbf{0,175} - 0,20 \text{ W/mK}$ for Sepatec-tækning med mineralulds-stopning langs feltafgrænsninger ("uventilerede konstruktioner"). For tækning på plade er isoleringssevnen væsentlig bedre og som en middelværdi i fyringssæsonen foreslås anvendt $\lambda_{D, \text{strå}} = 0,10 - \mathbf{0,125} - 0,15 \text{ W/mK}$. For 30 cm stråtekning svarer de foreslåede værdier til henholdsvis ca 7,5 - **6,5** - 5,5 cm og ca. 11,0 - **9,0** - 5,5cm mineraluld med $\lambda_{\text{minuld}} = 0,037 \text{ W/mK}$.

For tage og facader med bibeholdt ventilation via luftspalte under lægter ("ventilerede konstruktioner") kan der jvf DS 418 kun regnes med en isolansforøgelse på $0,09 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Bilag 1: Laboratoriemålinger, billeder



Foto 1. Prøveemne nr.1, som indleveret



Foto 2. Prøveemne nr. 1, strå alene



Foto

3. Prøveemne nr. 1, placeret i målekasse

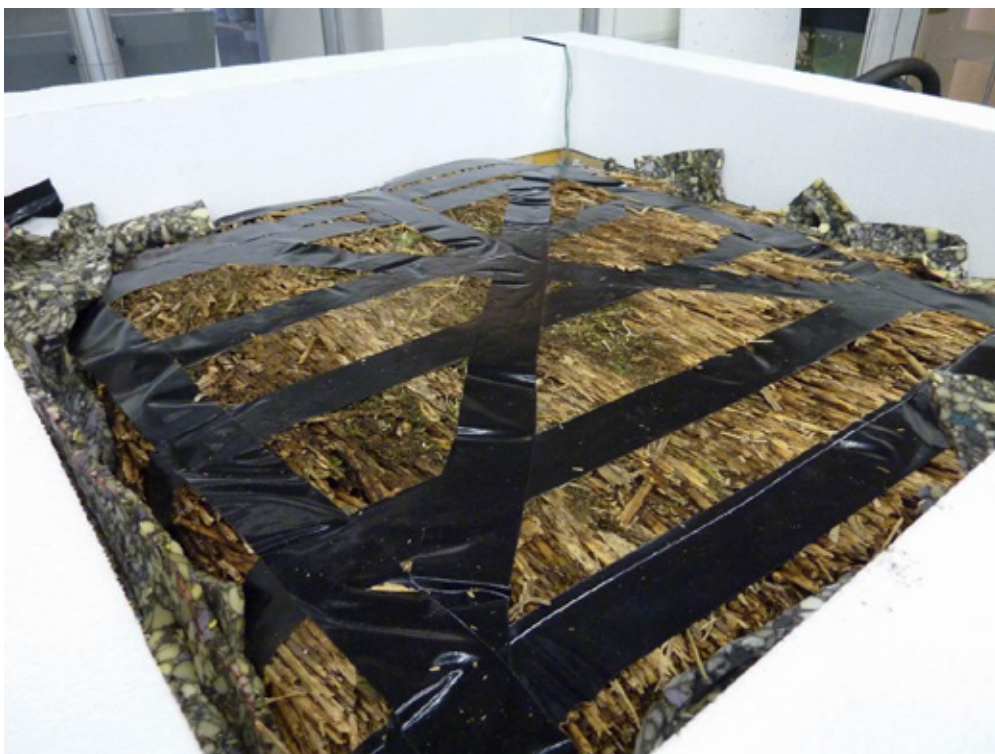


Foto 4. Prøveemne nr. 1, placeret i målekasse

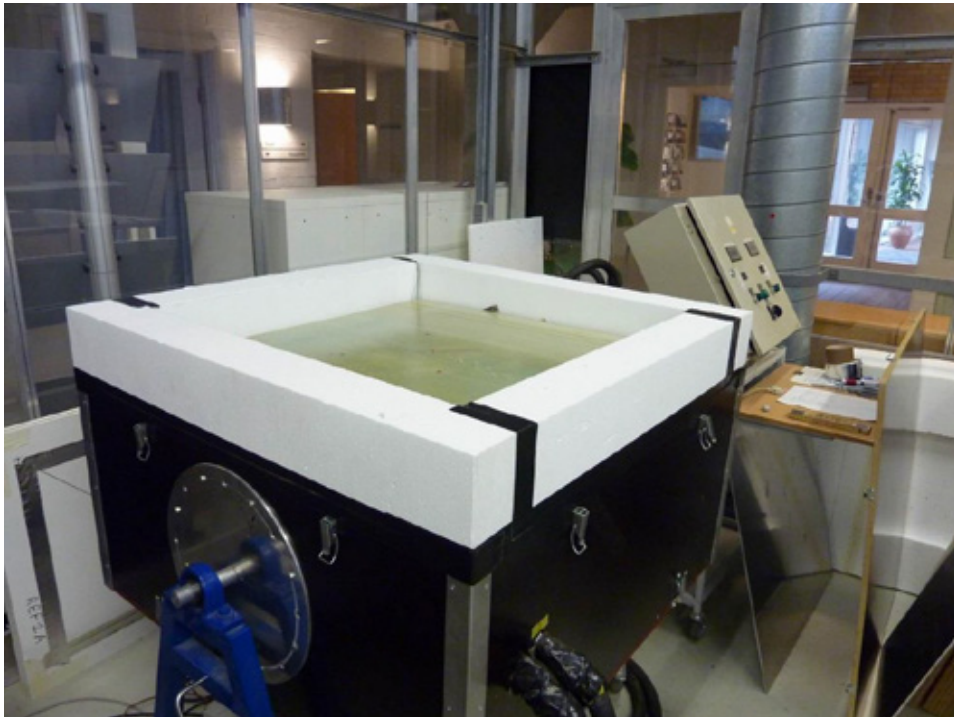


Foto 5. Prøveemne nr. 1 i målekasse (glasfiberplade som afslutning)



Foto 6. Prøveemne nr. 1 i målekasse, klar til måling

Notat – in situ målinger Hadsten primo 2017, 2017-05-05 BTL.

Efter et større forarbejde blev testhuset i Hadsten færdigt således at målingerne kunne påbegyndes i januar måned 2017, se billede 1 og 2 herunder. I den skrå tagflade er etableret 2 prøvefelter: A med 28 cm strå direkte på pladeunderlag, B 24 cm strå med Sepatec på lægter. Der er planlagt i alt 6 in situ målinger i prøvehuset- 4 i tagfladen og 2 i den stråtækte væg.

2 af de 4 målinger i taget blev gennemført primo 2017. Der var ved begyndelsen af målingerne ideelle udeklimaforhold (svag vind, udetemp. ret konstant omkring 0 gr C)



Foto 1



Foto 2

Eksempler på måleresultaterne er vist på fig 3 og 4. Rød kurve er indetemperaturen, blå udetemperaturen og den grønne kurve er den målte inverterede isolans. Ved langtidsmålinger ser man på hvilken værdi denne går mod.

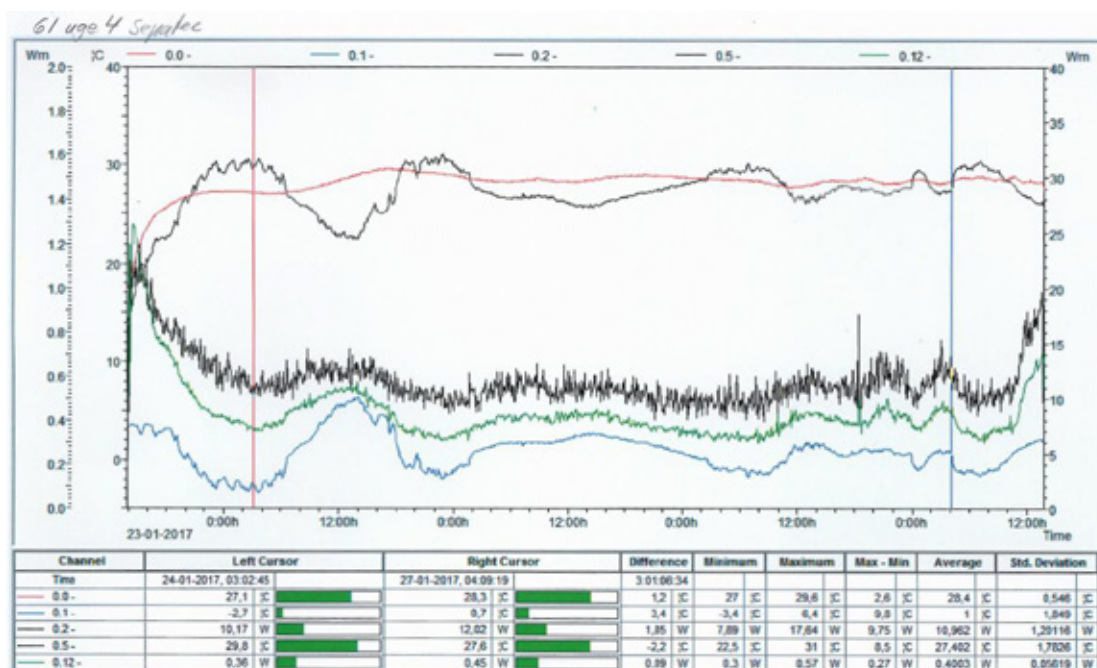


Fig 3

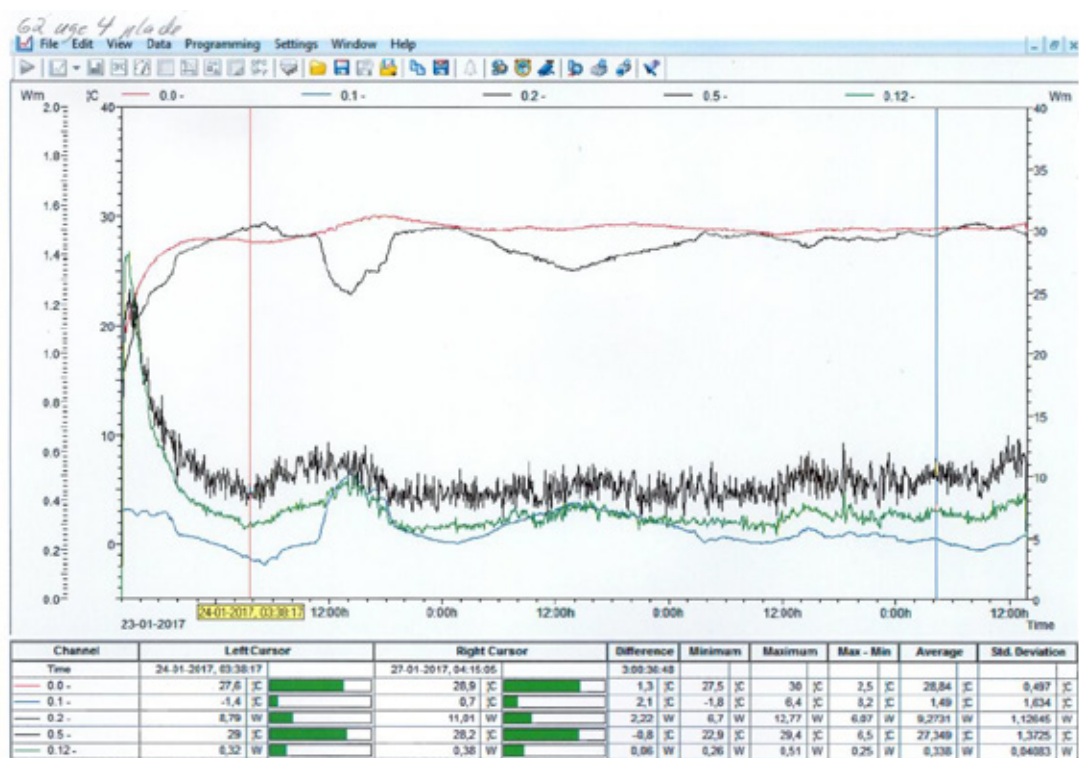


Fig 4

Resultaterne fra de 2 første målinger i tagfladen (uge 4-5-6) viser for denne periode

61 Sepatec $1/R = 0,41 \text{ m}^2\text{K/W}$, $\lambda_{\text{strå}} = 0,10 \text{ W/mK}$

62 Plade $1/R = 0,34 \text{ m}^2\text{K/W}$, $\lambda_{\text{strå}} = 0,10 \text{ W/mK}$

Målingerne i de efterfølgende uger viste at der ligger en udfordring i at gøre testhuset vindtæt.

Det var ikke muligt at opretholde en konstant indetemperatur i blæsevej og disse måleresultater

Kan derfor ikke bruges. Målingerne indikerer dog at der ved vindpåvirkninger et større varmetab især gennem målefeltet med Sepatec på lægter. Inden vinteren 2017 skal testhuset gøres mere vindtæt (plastfolie tapet i samlinger monteres på indvendige overflader).

Fra "Udkast til teknisk rapport, juni 2018 - Det Åndbare Hus", skrevet af Egen Vinding og Datter. (side 11-12)

10. Stråtag og stråvægge

Strå er godt til at håndtere fugt

Efter en miljøscreening af bl.a. stålpladetag, tegl, diverse tagmembraner som f.eks. tagpap, samt strå var det vores konklusion, at stråtag er et godt og oplagt valg af tag. Strå har gode egenskaber i en åndbar konstruktion, fordi det tillader, at udeluften strømmer igennem taget og ventilerer til det fri. Det er samtidig hydrofilt forstået på den måde, at det fordeler det vand, der måtte være, jævnt i materialet og afgiver det til tilgrænsende materialer/luft med lavere relativ fugtighed.

En LCA har vist at stråtag er det mest klimavenlige tag

En LCA har desuden vist, at stråtaget er det mest klimavenlige tag af alle. Hvis man vælger at tække med Miscanthus, der er en art elefantgræs, som har vist sig meget lovende til stråtag, opnår man en række ekstra fordele set i perspektiv af at sikre bæredygtighed hele vejen rundt. Miscanthus er nemlig egnet til grundvandsbeskyttelse, er velegnet til økologisk drift, og kan dyrkes lokalt i Danmark. Tagrør har også nogle fine egenskaber, de er gode til at rense vandet på vejen mod vådområder, fordi det bruger kvælstof og tilbageholder tungmetaller. Vi har valgt at bruge tagrør, der har en mere fin struktur, til stråvæggene og Miscanthus til taget. Stråtag og stråvægge har som et særligt plus bidraget til en flot arkitektur, der giver huset karakter.

Vi har desuden bidraget til at teste en ny konstruktionsmåde, der kan løse de problemer, der tidligere har været med stråtage i form af brandrisici og risiko for fugt og heraf følgende råd og svamp.

Metoden handler om at strået skal sømmes fast på et undertag af rupløjede brædder og skal slutte helt tæt til undertaget for at undgå tilstedeværelse af ilt. Brædderne bliver monteret på en trækonstruktion, der rummer

510 mm isolering (papir, hør eller hamp) og som indvendig afslutning sættes to lag gips. Vi er blevet gjort opmærksom på, at der er eksempler på nedsat levetid på stråtage monteret direkte på undertag. I disse tilfælde er der brugt mineralsk isolering og uorganisk undertag, som ikke kan håndtere fugt. I vores tagopbygning anvender vi hydrofile materialer i hele konstruktionshøjden. Derfor forventer vi ikke nedsat levetid, men da det er første gang det bliver udført på denne måde, vil vi selvfølgelig følge det meget nøje.

Dansk Brandteknisk Institut har netop gennemført nye brandtest, med forskellige løsninger monteret direkte på undertaget uden lægter, bl.a. med mineraluld og masonit, eller branddug. I Det Åndbare Hus er vi gået skridtet videre og bruger rupløjede brædder, der ligeledes har en brandreducerende funktion, der dog p.t. ikke er testet.

Brædderne er valgt, fordi de i modsætning til de løsninger, der er testet, kan transportere fugten ud gennem konstruktionen.

Såvel tegl, tagpap og stålpladetag kan også anvendes i en åndbar konstruktion. Her skal der etableres en afstand mellem bræddelag og tag, hvorfra fugten kan ventileres bort.

Notat – studietur til Lübeck 3/11 – 2016.

Betydningen af de globale klimaændringer på stråtage i Nordtyskland er blevet undersøgt i et større projekt i perioden 2009- 2014. Faghøjskolen i Lübeck ved prof. Georg Conradi og Diplomingeniør Steffen Slama arbejdede med delprojektet ” Klimawandel auf norddeutschen Dächern” som havde til formål at fastlægge hvordan et stråtag skal opbygges for at være klimatilpasset.

Den 3/11 havde Jørgen Kaarup og Bent Lund Nielsen et møde med Steffen Slama, som fremviste de testhuse (se billeder herunder) som har været anvendt i projektet og som fortalte om projektets resultater.





Steffen Slama fortalte at de ikke havde haft fokus på stråtagets isoleringsevne , men at der var blevet Udført en laboratorietest af U-værdien for en prøve bestående af 35 cm tørt strå , 20 mm træfiberplade , 25 cm massivtræ og med og uden en plastfolie udvendigt på strålaget. Der blev målt $U = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ for stråtaget med plastfolie og $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ uden plastfolie. Iflg. Steffen Slama har det anvendte massivtræ en lambdaværdi på $0,079 \text{ W/mK}$, og herudfra kan beregnes en lambdaværdi på $0,12 \text{ W/mK}$ for strålaget alene med plastfolie og $0,24 \text{ W/mK}$ for strålaget uden plastfolie. (der var ikke oplysninger om densitet , lufthastigheder på kold og varm side mm, men testresultaterne giver i hvert fald udtryk for at isoleringsevnen nedsættes hvis der forekommer luftstrømninger i strålaget.)

Steffen Slamas umiddelbare holdning var at det ville være vanskeligt at fastsætte en normeret værdi for isoleringsevnen af et stråtag, men hvis det måtte ønskes ville han gerne stille det grønne testhus til rådighed, hvis vi måtte ønske det i forbindelse med vores projekt.

I en af projektrapporterne fandt vi følgende tekst:

Innovative Holzbautechnik

Das Testhaus der FH Lübeck sowie auch das DLRG Heim in Scharbeutz bestehen in der Rohbaukonstruktion aus einer Massivholzkonstruktion und ist mit heimischen Reet gedeckt, das direkt auf die 210mm dicke Massivholzplatte geschraubt wurde. Dazwischen liegt nur eine Holzweichfaserplatte als Winddichtung. Auf eine zusätzliche Wärmedämmung kann dabei verzichtet werden, da die Kombination aus 210mm Massivholz und ca. 350mm Reet hervorragend vor Kälte (und Wärme) schützt - der gemessene als auch errechnete U-Wert liegt bei 0,17 - 0,19 W/m²k, je nach Windstärke.

Auch die Wände kommen ohne extra Wärmedämmung aus - sie bestehen aus 320mm starken Holzelementen und erreichen zusammen mit der 22mm Holzweichfaserplatte einen U-Wert von 0,21 W/m²k.

Omregnes de anførte værdier (på samme måde som det refererede laboratorieforsøg) findes lamдавærdien for stråtaget alene til at være 0,13 – 0,18 W/mK afhængigt af vindhastigheden.

Konklusion/ vurdering

Projektet i nordtyskland har kun beskæftiget sig perifert med måling af isoleringsevnen for stråtage. Resultaterne fra projektet indikerer at lamдавærdien for strålaget alene er 0,13 - 0,19 W/mK , men det bemærkes at isoleringsevnen er afhængig af fugtindholdet i stråene og af den aktuelle vindhastighed.

Notat – Hotbox målinger på TI –Aarhus. (Projekt under Miljøstyrelsen)

Der er på TI-Aarhus udført 2 Hotbox målinger m(se side 5 vedr. Hotbox) på 1,8m x 1,8m store test-emner med stråtekning. (TI-rapport nr 0308/2004289). På billedet herunder ankommer de 2 test-emner til TI.



Ankomst test-emner til Hotbox forsøg



Detaljer ved kanter af test-emner

Testemne 1



Testemne set fra den varme side



Testemne set fra den kolde side

Dette test-emne var udført med ca 30 cm strå tækket direkte på en krydsfinerbagplade.

Hvis vi omsætter den målte U-værdi til en lambda-værdi for stråmaterialet findes

$\Lambda(\text{strå}) = 0,2 \text{ W/mK}$ (der er set bort fra krydsfinerplader).

Testemne 2



Testemne set fra den varme side



Testemne set fra den kolde side

Dette test-emne var udført med ca 30 cm strå tækket med et Sepatec underlag på lægter pr 0,3 m.

Mellem lægter og krydsfinerbagplade var monteret 30mm x 30 mm afstandslister.

Hvis vi omsætter den målte U-værdi til en lambda-værdi for stråmaterialet findes

$\Lambda(\text{strå}) = 0,4 \text{ W/mK}$ (der er set bort fra krydsfinerplader, Sepatec, luftlag og lægter).

Diskussion af måleresultater

De udførte målinger viser at stråmaterialet i test-emnerne har en isoleringsevne som øges jo mindre luftgennemstrømning der er ved kanter og gennem selve strålaget. De målte lambda –værdier vurderes at være relativt høje, formentlig fordi der har været mulighed for utilsigtet luftgennemstrømning langs kanterne ved overgangen mellem strå og krydsfiner og muligvis har tækningen været i en "løs" udførelse (bemærkning fra tækkemand!) . Til sammenligning kan nævnes at en måling på en prøve fra et ca 30 år gammelt stråtag, som blev foretaget med lufttætte plastfolier indvendigt og udvendigt i en " lambda-målekasse" viste at $\Lambda(\text{strå}) = 0,07 \text{ W/mK}$. Der er således meget at hente hvis luftgennemstrømningen kan begrænses. I evt. supplerende forsøg kunne det derfor være interessant at se betydningen af dels en omhyggelig lufttætning af prøveemnernes kanter (fx med porskum , skal modregnes i resultat!) , dels betydningen af lufttæt plastfolie monteret udv. og indv.



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Hotbox - generel information

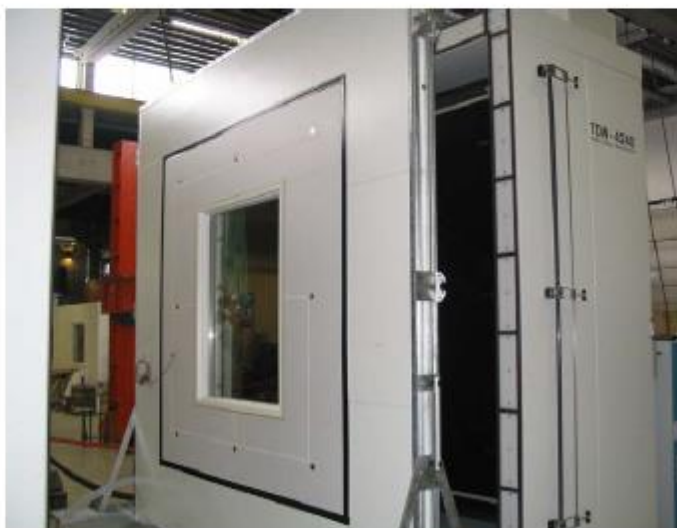
Med en hotbox kan man lave en fysisk afprøvning af en konstruktion og herved bestemme isoleringsevnen, U-værdien.

Teknologisk Institut har investeret i en af Europas største hotboxe, hvor man kan teste meget store elementer som garageporte, murstensvægge, døre og vinduer.

Hotboxen lever op til de nyeste standarder, der gives i EN 8990, EN 12567-1 og EN 12412-2.

Testemnet placeres mellem hotboxens to kamre, og der fastholdes en temperaturforskul. Da der kun kan ske varmetab fra den varme sides inderste kammer, kan U-værdien gennem testelementet beregnes ud fra temperaturforskul, areal og tilført effekt.

Testelementet er placeret lodret i Hotboxen, som er særdeles velegnet til at måle på vinduer, døre og porte, men kan også bruges til at bestemme U-værdier for



Teknologisk Institut udfører prøverne i hotboxen akkrediteret. Her er et vindue monteret i hotboxens ene kammer.

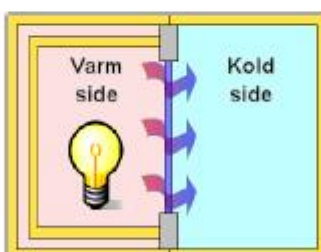
skillevægge, ydermure, facadeelementer mm.

Desuden kan hotboxen bestemme U-værdien for eksempelvis vinduesrammer, såfremt disse opbygges i en speciel tilegnet konstruktion.

Under testen er der mulighed for at bestemme overfladetemperaturer på emnet. Efter endt test kan man med et termovisionskamera tage billeder af emnet og derved få illustreret kuldebroerne i konstruktionen.



Hotboxen i drift



Principiell opbygning af Hotbox

Yderligere oplysninger:

Teknologisk Institut

Byggeri

Kongsvang Allé 29

8000 Århus C

Tlf: 7220 3800

Email: klimaskaerm@teknologisk.dk

KPI 15-2008



De R-waarde van een rieten dak

In 2001 is een nieuwe versie Nederlandse Norm NEN 1068 (thermische isolatie van gebouwen) in werking getreden. De R-waarde berekening wordt hier uitgelegd.

Warmte weerstand van een materiaallaag, basis formule: $R = \frac{d}{\lambda}$

Waarin: R = warmte weerstand (in m²K/W)

λ = warmtegeleidingcoëfficiënt (in W/mK) d = dikte (in m).

Sinds de nieuwste versie van de NEN 1068 is het wat ingewikkelder geworden en zijn de echte formules:

$$R_{\text{reken}} = R_D / (F_A \cdot F_T \cdot F_M) \text{ en } \lambda_{\text{reken}} = \lambda_D \cdot F_A \cdot F_T \cdot F_M$$

Waarin correctie factoren voor: F_A = veroudering, F_T = temperatuur, F_M = vochtinwerking. En dat alles in drie decimalen nauwkeurig.

Dit is uiteraard een betere afspiegeling van de werkelijkheid dan de tot dusverre gehanteerde theoretische λ -waarde van 0,11. Want het riet heeft te leiden onder veroudering, slijtage en vocht inwerking. Als alles wordt doorgerekend komt hier uiteindelijk een $\lambda_{\text{reken}} = 0,20$ uit. (zie ook tabel D5 pagina 66 NEN 1068)

Met λ_{reken} kan dan de R-waarde bijdrage van het riet in de totale dakconstructie worden berekend.

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{0,25}{0,20} = 1,25$$

25 cm riet heeft dan een R = 1,25

30 cm riet heeft dan een R = 1,5

35 cm riet heeft dan een R = 1,75

D.2.5.5 Tabelwaarden voor overige materialen

Tabel D.5 – Tabelwaarden voor overige materialen

Materiaal	λ W/(m·K)
Geëxpandeerd periet-cementgebonden	0,15
Cementgebonden geëxpandeerd polystyreen	0,15
Schelpen	0,20
Kleikorrels	0,30
Riet	0,20
Hennep	0,10
Turf	0,10

NEN 1068:2001

De rekenwaarde van de warmtegeleidingcoëfficiënt voor andere materialen dan isolatiematerialen en metselstenen en -blokken mag ook worden ontleend aan 4.2 van NEN-EN 12524 of aan tabel D.5.

Rapport om TEST-projekt PRJ-2010-00594,
støttet af Realdania



Indhold produceret af
Bent Lund Nielsen, Teknologisk Institut og
Jørgen Kaarup, Straatagets Kontor
www.straatagetskontor.dk

