

A photograph of an interior room corner. The walls are painted a deep, dark red color. A window with a white frame is set into the wall, featuring a radiator cover below it. The floor is made of light-colored wood. The lighting is soft, coming from the window.

Søren Vadstrup

november 2017

**Bevaringsværdige bygninger –**

Gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold

Søren Vadstrup

November 2017

## **Bevaringsværdige bygninger –** Gode løsninger til energiforbedring og indeklimaforhold

<b>1. Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2. Hvad er en bevaringsværdig bygning</b>	<b>7</b>
2.1 SAVE-Systemet	7
2.2 FBB-Databasen	8
2.3 Hvad betyder det, at et hus er bevaringsværdigt?	8
2.4 Er mit hus bevaringsværdigt?	9
2.5 Sikring af bevaringsværdierne	10
2.6 Støttemuligheder	10
<b>3. Energiforbedring med respekt for bevaringsværdierne</b>	<b>12</b>
3.1 Kan ældre bygninger energiforbedres til samme niveau som nye bygninger?	13
3.2 Ældre huse er ofte mere bæredygtige end nye	14
3.3 Grunde til at energiforbedre bevaringsværdige bygninger	15
3.4 Bevarings- og energisyn på ældre bygninger	16
3.5 Prioriterede energiforbedringer	18
<b>4. Gode løsninger til energiforbedringer</b>	<b>20</b>
4.1 Brugeradfærd	20
4.2 Generelt om energiforbedringer på ældre huse	20
4.3 Praktiske erfaringer med energiforbedringer gennem 20-25 år	22
4.4 Brædder og puds i stedet for plastik-dampspærre	24
4.5 Energimærkning af bygninger	25
4.6 Efterisolering af gulve, vægge, etageadskillelse og tag	26
4.7 Energiforbedring af vinduer og døre	42
<b>5. Eksempler på gennemførte energiforbedringer med respekt for bevaringsværdierne</b>	<b>52</b>
5.1 Murermestervilla fra 1927 i Køge	52
5.2 Yderligere energiforbedringer på samme murermestervilla i Køge	53
5.3 "Jæregården", Enfamiliehus fra 1737 i Fredensborg	55
5.4 "Sognefogedgården", bindingsværksgård fra 1740 i landsbyen Viby ved Kerteminde	57
5.5 Etageejendom fra 1735, Krystalgade 11 i København	59
<b>6. Indeklimaforhold i ældre bygninger</b>	<b>63</b>
6.1 Indeklimaet i gamle huse	64
6.2 Moderne indeklimaproblemer	66
6.3 Rumtemperaturen	66
6.4 Fugtforhold	68
6.5 Mug og skimmel	70
6.6 Sunde materialer	72
6.7 Dagslysforhold	75
6.8 Lydisolering	77
6.9 Indeklimaforhold specielt ved efterisolering af ældre bygninger	79
<b>7. Isoleringsmaterialer og isoleringsmetoder</b>	<b>81</b>
7.1 Generelt om isoleringsmaterialer til bygninger	81
7.2 Gennemgang af 23 forskellige isoleringsmaterialer	83
7.3 Uorganiske isoleringsmåtter og granulat	85
7.4 Organiske isoleringsmåtter og granulat	86
7.5 Lette, faste plader eller kugler	87
7.6 Tungere plader eller kugler	88
7.7 De nye og meget effektive isoleringsmaterialer	94
7.8 Reflekterende tynde måtter	96
7.9 Kommenteret oversigt over eksisterende isoleringsmaterialer til bygninger	97
7.10 Skema over isoleringsmaterialer og anvendelser	98
<b>8. Litteratur og links</b>	<b>99</b>
<b>Bilag A: Bygningsreglementet anvendt på de bevaringsværdige bygninger</b>	<b>101</b>
<b>Bilag B: Bygningsreglementet anvendt på de bevaringsværdige bygninger</b>	<b>106</b>
<b>Ordforklaringer</b>	<b>113</b>

**Ulemper**

PUR/PIR-isolering er ikke brandsikkert, hvilket betyder, at isoleringsmaterialet skal dækkes af andre brandsikre materialer (BD-30, BS-30, BS-60) når det benyttes i etageadskillelser, lodrette vægge samt tage. Ulempen ved PUR/PIR isolering er, at drivmidlet (cyclopentan) kan diffundere ud og erstattes af atmosfærisk luft. Dette vil med tiden kunne forhøje materialets varmeledningsevne.

**Mest anvendelig til**

'Tynd' indvendig ydervægs-efterisolering, dækket af brædder, rørvæv og puds eller gipsplader.

Se <https://plast.dk/det-store-plastleksikon/>

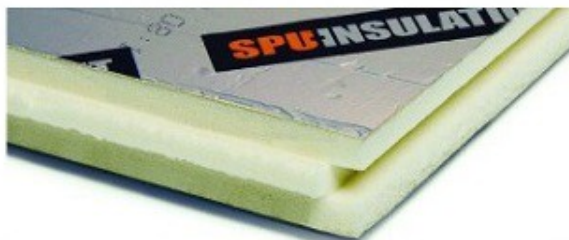
**SPU Isolering****Fremstilling**

SPU-isolering består af PIR, der fremstilles på basis af polyoler og di- og polyisocyanater. Den isolerende luftart i SPU isolering er n-pentan og isopentan, der er naturlige luftarter og bidrager derfor ikke til nedbrydning af ozonlaget og er ikke drivhusgasser.

SPU Isolering produceres af SPU Systems i Finland og forhandles gennem PIRCO i Danmark.

**Isoleringssevne**

Lambda-værdi: 0,023W/mK

**Fordele**

SPU-isolering isolerer cirka dobbelt så effektivt som de isoleringsmaterialer, der bygger deres isoleringssevne på stillestående luft. Derfor kan isoleringstykkelsen minimeres ned til det halve.

Materialet er formstabilt over tid, også under påvirkning af fugt og temperatur.

Det er let at tilfælde med kniv eller håndsav.

Det er modstandsdygtig over for de fleste kemiske stoffer i byggeriet.

Det er vindtæt og diffusionstæt og har stor trykstyrke.

Det er fysiologisk ufarlig.

SPU isolering er testet stabilt i 50 år gennem accelereret ældningsproces og har derfor estimeret levetid på 100 til 150 år.

Det er modstandsdygtig over for bakterier, råd og skimmelsvamp.

SPU isolering kræver ikke særskilt vind- og dampspærre.

Udtjent SPU Isolering kan granuleres og genanvendes til produktion af ny isolering eller afbrændes til produktion af fjernvarme.

**Ulemper**

SPU-isolering er ikke brandsikkert. Det opfylder brandkravet til isolering D-s2,d2 (klasse B materiale), hvilket betyder, at isoleringsmaterialet skal dækkes af andre brandsikre materialer (BD-30, BS-30, BS-60) når det benyttes i etageadskillelser, lodrette vægge samt tage.

**Mest anvendelig til**

'Tynd' indvendig ydervægs-efterisolering, dækket af brædder, rørvæv og puds eller gipsplader.

Se <https://plast.dk/det-store-plastleksikon/>

**7.8 Reflekterende tynde måtter****1. Airflex**

Som et kuriosum medtages et helt nyt produkt, der virker på en helt anden måde end de øvrige isoleringsprodukter på markedet, nemlig en reflektiv isolering, der virker ved at tilbagekaste 97% af den infrarøde varmestråling i huset, indefra og ud.

Produktet Airflex består af to aluminiumsfolier med et mellem-lag af polyethylen. Airflex er kun 10 mm tykt, men kræver imidlertid 1,5 cm fastholdt luftspalte på begge sider af



materialet for at virke. Airflex virker samtidig som dampspærre, da aluminiumsfolien er 100% vandtæt, og hvis den anvendes i tagkonstruktioner, er den ligeledes undertag.

Refleksiv isolering har været brugt i udlandet i mere end 30 år og stammer oprindeligt fra rum- og flyindustrien, hvor kravene til minimal tykkelse og vægt, men med høj isoleringsevne, betyder, at man ikke kan anvende traditionel masseisolering.

Airflex kan ifølge producenten bortskaffes sammen med normalt affald. Aluminium kan genbruges, og polyethylen omsættes til kuldioxid og vand ved forbrænding. Det forbliver, stadig ifgl. producenten, stabilt i hele dets levetid. Det er modstandsdygtigt overfor skadedyr, insekter, mug, opløsningsmidler, olie- og tjæreprodukter. Airflex er UV-beständig og kan derfor anvendes til isolering af drivhuse uden ekstra beskyttelse. Der findes dog ikke årelange erfaringer med produktet her i landet, hvilket er en ulempe.

Isoleringssevnen kan ikke beskrives med de normale betegnelser som Lambda-værdi eller U-værdi, da produktet ingen egentlig isoleringsevne har i sig selv, men virker ved at tilbagekaste den infrarøde varmestråling. Da den 'normale' varmetransport af opvarmet luft, som diverse isoleringsmaterialer er indrettet på at bremse, kun udgør 25% af varmetabet fra bygninger, mens den infrarøde udstråling udgør 75%, vil en effektiv tilbagekastning af disse have stor effekt for varmeøkonomien i huset. Men der skal til gengæld lukkes effektivt af for den luftbårne varmetransport ved effektiv tætning. Den infrarøde udstråling vil normalt medføre almindelig opvarmning af vægge og isoleringsmaterialer.

Se [www.gegreenenergi.dk/produkter/airflex/](http://www.gegreenenergi.dk/produkter/airflex/)

## 7.9 Kommenteret oversigt over eksisterende isoleringsmaterialer til bygninger

Både i forbindelse med fredede og bevaringsværdige bygninger – og i relation til efterisolering af bygninger generelt – kan man stille en række særlige krav til isoleringsmaterialernes tekniske egenskaber:

### Brandforhold

Ved en række konstruktioner, f.eks. tagkonstruktioner, ydervægge, skillevægge og etageadskillelser, stilles der i Bygningsreglementet krav om Brandsikre (BS) eller Branddæmpende (BD) konstruktioner.

Rockwool og glasuld samt Leca, Foamglas og Hempcrete opfylder bedst disse, idet disse er brandsikre, mens papiruld, træfiber og hørfibre er branddæmpende gennem deres imprægnering med Borax.

Polystyren er decideret brandfarligt og udvikler dertil giftige dampe, hvis det brænder.

### Kuldebroer

Der er også forskel på, hvor føjelige eller hvor stive isoleringsmaterialerne er. I det sidste tilfælde kan det være svært at 'skære' disse til, så man undgår hulrum og kuldebroer mellem isoleringen og andre konstruktioner eller de enkelte isoleringsplader.

Her vil de 'løse' materialer som løs Leca, flamingo-kugler eller løs papiruld, rockwool eller hampefibre være mest hensigtsmæssige, mens Foamglas- og flamingo-plader samt rockwool og glasuld-Batts er sværere at tilpasse helt tæt.

### Sammensynkning

Isoleringsmaterialernes isoleringsevne reduceres betragteligt, hvis de 'synker sammen' med tiden, f.eks. på lofter, hvor der trædes udenfor eventuelle gangbroer, ved lodret isolering i ydermure, fordi isoleringsmåtterne krummer eller krøller, eller fordi granulat eller kugler synker mere sammen end ved monteringen.

Både rockwool og glasuld samt Foamglas og flamingo har helt stive plader, der ikke kan deformeres ved trin eller tyngdekraften, men her er der så kuldebroproblemer ved tilpasningerne. Papiruld og hørfibre fås kun i 'bløde' måtter eller ruller, der ikke er særligt stive og derfor skal holdes på plads i lodrette eller skrå placeringer ved hjælp af udspændte metaltråde. Træfiberplader fås som navnet siger i plader, der er helt stive og trykfaste.

### Fugdynamik

Først og fremmest må isoleringsmaterialerne ikke på nogen måde holde på den fugt, der uundgåeligt kommer ind i og gennem disse. Her er de 'hårde' og 'lukkede' materialer bedst, Leca, Polystyren og Foamglas, mens de 'bløde' materialer som rockwool, glasuld, papiruld, træfiber og hørfibre er mere tilbøjelige til at suge fugt til sig og holde på denne, så tilstødende træ eksempelvis rådner.

Af disse holder rockwool og glasuld mest på fugten, mens papiruld, træfiber og hørfibre er mindre hygroskopiske. Derfor kræver/anbefaler rockwool og glasuld anvendelsen af (plastik)dampspærre for at mindske denne fugt, mens papiruld, træfiber og hørfibre ikke gør dette.

Hempcrete og de kapilaraktive indeklimaplader Ytong Multipor, Calcitherm m.fl. virker på en helt anden måde, nemlig ved at absorbere fugtes og afgive denne igen, når den relative luftfugtighed i rummet falder. Dette er en stor fordel for reguleringen af fugten i rummene.

### Dampspærre

Et meget relevant problem i forbindelse med efterisolering er dampspærre-problematikken, hvorved forstås, om der skal indbygges damptætte (plastik)-membraner i de efterisolerede konstruktioner for at hindre, at vanddamp kondenserer på de kolde flader og kuldebroer i konstruktionen. For bindingsværkshuse er denne problematik gennemforsket i 1984-86 med den konklusion, at dampspærre kun forværre fugtproblemerne i konstruktionen. Der anbefales derfor ikke, at der opsættes dampspærre i efterisolerede bindingsværkshuse, hvilket dels