

# Udvikling af materiale og monteringsproces for alternativ til blyinddækninger på bygninger



Udviklingsbetegnelsen pem-komposit er anvendt indtil oktober 2002, hvorefter produktnavnet er: Perform

Rapporten er, bortset fra denne forside, enslydende med udgivelsen fra Miljøstyrelsen september 2002.

Poul-E Meier ApS

# Indhold

<b>RESUMÉ</b>	<b>3</b>
<b>1 MILJØSTYRELSEN FORBYDER BRUGEN AF BLY</b>	<b>4</b>
<b>2 INNOVATION STARTER MED AT SE .....</b>	<b>5</b>
<b>3 FORBINDELSEN MELLEM BEHOV OG INNOVATION</b>	<b>6</b>
<b>4 STØTTE TIL FINANSIERING</b>	<b>7</b>
<b>5 ORGANISERING AF UDVIKLINGSARBEJDET</b>	<b>8</b>
<b>6 BEHOV FOR PERSONLIG RÅDGIVNING</b>	<b>9</b>
<b>7 UDVIKLINGSARBEJDET</b>	<b>10</b>
<b>8 DET TOG TID AT FINDE EN PRODUCENT</b>	<b>11</b>
<b>9 STOR INTERESSE I VVS-BRANCHEN</b>	<b>12</b>
<b>10 TEST AF EGENSKABER</b>	<b>13</b>
<b>11 FORMÅL MED PROJEKTET SAMMENHOLDT MED PROJEKTRESULTATER</b>	<b>14</b>
<b>12 BETYDNING FOR MILJØET</b>	<b>19</b>
<b>13 FORMIDLING AF RESULTATER</b>	<b>20</b>

# Resumé

I Danmark må blyinddækninger ikke benyttes til nye tage efter 1. december 2002. Det er en stor udfordring at skifte et inddækningsmateriale, der hidtil har været næsten enerådende.

Bly har i århundreder været benyttet til inddækninger på tage. Sandsynligvis fordi blyet rent teknisk og håndværksmæssigt har været det bedste materiale.

Alternativer har eksisteret, men de har ikke fået større udbredelse, ligesom VVS-branchen ikke har fundet dem kvalitetsmæssigt på højde med blyet. Derfor har vi arbejdet på at udvikle et materiale med de egenskaber, som branchen skønnede eftertragtet. Det viste sig at være blyets egenskaber, som man ønskede. Teknisk set syntes jeg, at det var en udfordring, men målet var, at det måtte kunne gøres endnu bedre.

De store aktører i VVS-branchen udtaler samstemmende, at den nyudviklede PEM Komposit ser ud til at være lige så godt eller bedre end bly til inddækninger på tage.

Der er under udviklingen taget væsentlige miljøhensyn hvad angår arbejdsmiljøet og det ydre miljø.

# 1 Miljøstyrelsen forbyder brugen af bly

Bly er giftigt og medfører bl.a. nedsat intelligens hos børn.

I Danmark bliver der årligt brugt ca. 17.000 tons bly, heraf ca. 3.000 tons til inddækning.

En del heraf vil efterfølgende blive en miljøbelastning. For taginddækninger er det ved udvaskning på taget, og når taginddækningen er udtjent.

Miljøministeriet har på ovenstående baggrund besluttet at forbyde mange produkter indeholdende bly.

I 1999, hvor udvikling af PEM komposit tog sin begyndelse, forelå der et udkast til en bly-bekendtgørelse, men der var dengang ikke sat dato på dens ikrafttrædelse.

Arbejdet med håndtering og lodning af bly er alt efter produktionsforhold ligeledes et betydeligt arbejdsmiljøbelastende job. Dette kan ses ved at læse Arbejdstilsynets omfattende anvisninger for arbejde med bly og blylodning.

Blybekendtgørelsen er baggrunden for en intensivering af udviklingen af alternativer til bly-inddækning.

Flere firmaer i VVS-branchen tog i 1999 kontakt til Teknologisk Partnerskab på Teknologisk Institut. De ønskede at finde et egnet alternativ til bly, da et tilfredsstillende produkt ikke umiddelbart var tilgængeligt.

Jeg fik selv en tilsvarende idé i mit sommerhus.

## 2 Innovation starter med at se .....



Efter montering af skorsten og inddækning er det godt med et brusebad med udsigt over havet.

I foråret 1999 havde jeg monteret brændeovn og skorsten i min kærestes sommerhus i Vendsyssel.

Her var jeg forundret over blyets tekniske og miljømæssige egenskaber.

Blyets vægt var et plus på vestkysten med kraftig vind. Men som alsidig håndværker sætter jeg jo også krav til montage, konstruktion og materiale.

Her var jeg ikke tilfreds med at skulle være særligt forsigtig med lodningen, som er befæstigelse til gennemføringen. Som rådgiver om lim og klæbestoffer benytter jeg gerne en flyvinges opbygning som eksempel på, hvordan der med lette materialer kan konstrueres til stor styrke.

Ved denne sammenligning får blymonteringen bundkarakter.

Så kom jeg til pladearbejdet, som jeg kalder det. At udbanke blyet, så det følger bølger i tagbelægningen.

Selv den største umage var ikke nok for at få et pænt resultat. Det kan sikkert læres, men for mig bulede blyet på steder, hvor der forekom en sammentrækning. Det var ikke pænt.

Det måtte kunne gøres bedre, tænkte jeg.

### 3 Forbindelsen mellem behov og innovation

Senere på året kom der oplæg fra Teknologisk Partnerskab, hvor der blev efterspurgt alternativer til bly til taginddækninger. Her var der en udfordring, og jeg meldte ind på opgaven med de indledende idéer til udvikling af et nyt kompositmateriale.



Måling af deformationstryk samt tilbagefjedring

De første firmaer var kun interesseret i at købe et eksisterende produkt, og mine idéer og indledende konstruktionseksempler var ikke interessante for dem. Exhausto A/S, der producerer komplette ventilationsanlæg med tilhørende taggennemføringer, ville derimod gerne deltage i et udviklingsprojekt, specielt med fastsættelse af ønsker til produktet samt efterfølgende praktisk test af forsøgsmateriale.

Efter indledende møder, hvor produktkrav blev formuleret, gik jeg i gang med at udvikle et formbart produkt.



Bly og PEM-K udgave september 1999 med sand som øverste lag

## 4 Støtte til finansiering

Parallelt med samarbejdet med Exhausto forestillede jeg mig, at der måtte være en bred interesse for blyalternativer, og derfor tog jeg kontakt til Miljøstyrelsen. Her oplevede jeg stor imødekommenhed, men også krav om planlægning og budget.

En grundig planlægning, detailplan, samt efterfølgende budget, viste sig senere som et godt redskab for oversigt og styring.

Fra Renere Produkt-ordningen blev der bevilget støtte på max. 800.000 kr.

Af denne ramme blev der udarbejdet et budget på 577.000 kr. Hermed var der skabt basis for et seriøst udviklingsarbejde.

Nu efter en støtteperiode, som blev forlænget fra 2 til 2 ¼ år, sluttede regnskabet med en støtte på ca. 600.000 kr.

Støtten fra Miljøstyrelsen er årsag til, at projektet har kunnet gennemføres.

Jeg har arbejdet mere end fuldtids på projektet og har udover minimale personlige udgifter også haft brug for midler til rådgivningsassistance, materialer, værktøj og rejser samt ikke støttede patentudgifter.

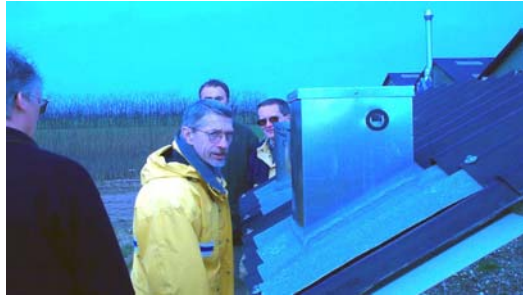
En stor frihed var eksempelvis, at jeg kunne købe alle materialer og derved ikke være afhængig af gratis vareprøver, som giver et uønsket afhængighedsforhold.

Jeg havde behov for at finde leverandører, som var på forkant med udvikling både teknisk og miljømæssigt.

Væsentligt var også service og en organisation, som var i stand til at betjene mig som udvikler og opfinder. Her oplevede jeg store variationer i evnen til at kunne levere materialer, der kunne imødekomme mine mange ønsker. Eksempelvis imødekommenhed for at levere specialudgaver i små portioner og i håndterbare emballager.

## 5 Organisering af udviklingsarbejdet

Miljøstyrelsen, kontoret for Renere Produkter, anbefalede følgende organisering:  
Projektleder og udvikler/opfinder: Poul-E Meier  
Samarbejdspartner, specielt vedrørende test: Exhausto A/S  
Følgegruppe: Henri Heron, Miljøstyrelsen (formand), Henning Holm Sørensen, Exhausto A/S, Jacob Maag, COWI A/S, og undertegnede Poul-E Meier.



### Gode råd fra følgegruppen

Samarbejdet med Exhausto var godt i gang, og efter oprettelse af følgegruppen nød projektet gavn af en endnu bredere vurdering og god feedback til mig som udvikler og opfinder.

Jeg havde på det tidspunkt arbejdet som selvstændig rådgiver gennem 7 år, og det var af stor værdi igen at have et tæt og længerevarende samarbejde med en meget kompetent gruppe.

Mit produkt var allerede på ansøgningsstadiet, udviklet til et til dels brugbart resultat, så der var gode egenskaber i grundkonceptet.

Men der er langt herfra til optimering og undersøgelse af en lang række forhold.



## 6 Behov for personlig rådgivning

Som projektet skred frem, følte jeg et stort behov for rådgivning eller en form for bestyrelse.

Her var en erfaren person Carl Otto Klingberg fra TIC Centeret i Hillerød en god og positiv støtte. Patenter:

Jeg havde selv sat mig lidt ind i patenter og indleveret egne patentansøgninger. Så kom tanken om kontakt til et professionelt patentbureau, og via TIC blev jeg anbefalet kontakt til patentbureau Chas. Hude.

## 7 Udviklingsarbejdet

Udviklingsarbejdet gik planmæssigt frem, og kvaliteten blev trin for trin bedre. Tidsplan og budget var i fin overensstemmelse med virkeligheden, og det var jeg særdeles tilfreds med.

Miljøstyrelsens krav og ønsker var en god støtte i planlægningen.

Nu var det tid for kontakt til - som vi kaldte det - mulige producenter.

Denne fase viste sig overraskende vanskelig og tidskrævende.

En erfaring fra min tidligere ansættelse ved Brüel & Kjær var en tommelfingerregel, der sagde lige dele udgifter til udvikling, produktion og salg.

Jeg forstod, at udvikling og produktion var krævende, men at det kostede så megen energi at sælge og formidle kontakt, det var nyt for mig.

Undervejs har der været et inspirerende samarbejde med personer fra to store koncerner som mulige producenter. Det var først Sven Harder, Icopal, og senere Thor Due, Roulunds Fabrikker, samt søsterselskabet Polymax Roulunds. Samarbejdet af års varighed blev afsluttet på grund af interne ændringer i firmaerne som skift af ejerskab og en beslutning om ikke alene at måtte løbe en økonomisk risiko.

Jeg lærte meget af samarbejdet. Af Roulunds blev jeg anbefalet at foretage en grundigere markedsundersøgelse.

## 8 Det tog tid at finde en producent

Undertegnede og projektfølgegruppen, som alle typisk er teknisk uddannede projektorienterede personer, havde ikke forestillet sig, at det tog år at finde den endelige producent, og her var der store overskridelser på tidsplan og budget. På et SFOF<sup>1</sup> erhvervsudviklingsseminar forelagde jeg mit projekt og fik samtidig kontakt til en foredragsholder, departementschef Jørgen Rosted i Erhvervsministeriet, og herfra blev jeg anbefalet kontakt til Teknologisk Institut, Opfindelser & Kreativitet.

Det viste sig at være en god idé, for her fik projektet god støtte af Rasmus B. Offersen til denne for mig nye og meget tidskrævende formidlingsfase.

I januar 2002 blev der på Teknologisk Institut afholdt et præsentationsmøde for de 15 største kunder i Danmark, en interessant fra Holland, samt en mulig producent, som var Roulunds.

Her var rådet om den større markedsundersøgelse årsag til et succesfyldt og udbytterigt møde.

Kvalitet og egenskaber af produktet blev af deltagere vurderet som meget interessant.

En deltager ved mødet var Anders Kjær Jørgensen, som er anden generation fra Juelsminde Aluminium Industri, der producerer delelementer til tage.

Her oplevede jeg positive samtaler med en person, hvor beslutningstageren også har et indgående fagkendskab, og selv var i stand til at vurdere materialets egenskaber og dets muligheder.

I løbet af få måneder blev der underskrevet en licenskontrakt, og Anders Jørgensen og Jess Robert oprettede et selskab i Juelsminde for produktion af PEM-Komposit.

Firmaets navn er Robert & Kjær ApS.

---

<sup>1</sup> (SFOF) Socialistisk Folkeoplysningsforbund arrangerer ferie med kurser på den naturskønne ø Livø i Limfjorden.

## 9 Stor interesse i VVS-branchen

Der er skabt et produkt, som ser ud til at kunne "klare alle former for inddækninger på taget".

Dette udtryk er faktisk nævnt første gang af den første mulige producent Icopal, og denne egenskab ser ud til at være meget eftertragtet i VVS-branchen i Danmark.



Forsøgsværkstedet. En fabriksmonteret inddækning bør fylde mindst muligt under transport og gerne have en vægt, så den er nem at bære op på taget.

Allerede inden der er fabriksfremstillet en kvadratmeter, er udenlandske koncerner i Danmark begyndt at vise væsentlig interesse for anvendelse i og uden for Danmark.

Første præsentation uden for Danmark har fundet sted, og der er etableret samarbejde med indledende test og materialetilpasning. Den videre montage foregår på fuldautomatiske maskiner, som er de mest automatiserede i EU. Derfor er tidlige kontakter væsentlige for koordinering af montagemaskinernes muligheder i forhold til PEM-Komposit materialet.

Der arbejdes i øjeblikket intenst med udvikling af produktionsfaciliteter i Juelsminde.

Her er vil jeg gerne tilføje, at Rasmus B. Offersen, Teknologisk Institut, nævnte, at det var første gang, at han havde formidlet en opfindelse, hvortil der ikke umiddelbart fandtes produktionsfaciliteter.

# 10 Test af egenskaber

Test kan inddeles i mange kategorier, men her er der nogle eksempler på, hvor materialet er testet, typisk i forhold til bly og eksisterende alternativer til bly.



Sammenlignende test af tilpasning med PEM-K, blød zink og bly  
Som værktøj er der benyttet en plasthammer og en sandhammer, der består af en sandfyldt strømpe belagt med MS polymer. Sandhammeren har den egenskab, at den giver en jævnt fordelt kraftoverførsel til inddækningsmaterialet.

- Materialets evne til at bevare den tildannede form i bøjet, forlænget og forkortet tilstand
- Kraften, der skal til for forlængelse samt udbøjning
- Forlængelse til brud og den kraft, der skal til i det typiske deformationsområde og til det endelige brud
- Bøjning ved temperaturer lavere end  $-40$  grader C
- Opvarmning til temperaturer betydeligt over de anbefalede  $90$  grader C
- Perforering og måling af gennemtrykningskraft
- Antal bøjninger før brud
- Tæthed for vand efter brud
- UV-lyspåvirkning i forlænget tilstand, med og uden ekstra overfladelag i form af eks. skifer
- Montage på typiske bygningsmaterialer
- Konstruktionsforslag til robuste, nemme og hurtige sammenføjningsmetoder
- Montage i værksted og direkte på taget
- Hærdetider under forskellige forhold

# 11 Formål med projektet sammenholdt med projektræsultater

Projektformålets 10 punkter er taget direkte fra ansøgningen til Miljøstyrelsen i 1999.

Under hvert punkt, som nu er overskrift, er der tilføjet kommentarer om opfyldelse af målet.

Formålet er at udvikle et produkt, som kan erstatte bly til inddækninger på bygninger.

Ud over blot at kunne erstatte bly stiles der mod at kunne optimere en række forhold, så de tilfredsstiller krav/ønsker til

- Arbejdsmiljø under fremstilling, forarbejdning og montering af materialet.

Materialer, der indgår i PEM komposit, forkortet PEM-K, er aluminium og MS polymer.

MS, en silanmodificeret polymer, bliver typisk anvendt som fleksibel lim eller fugemasse. Efter hærkning har det karakter af gummi.

MS polymer har en MAL kode: 00-1 eller 0-1, en kode, som ofte anvendes for vandbaseret plastmaling til indendørs brug.

- Anvendelse af materialer, som ikke er til skade for naturen under brug, ved kassation, samt om muligt have et moderat energiforbrug ved fremstilling.

PEM-K kan kasseres som almindeligt bygningsaffald. Der er god udsigt til, at aluminiumdelen kan frasepareres. Separering er enklere, hvis skifer undgås på overfladen.

Aluminium har et stort energiforbrug ved nyfremstilling, og genbrug er derfor interessant.

- Brandhæmmende egenskaber.

Der stilles ikke krav om, at materialet ikke må kunne brænde, men polymerproducenten undersøger muligheden for at gøre polymeren mere brandhæmmende.

- Styrke, tæthed og holdbarhed overfor UV-lys, vand, frysning med vand, skiftende temperaturer, vindforhold og mekanisk robusthed og fleksibilitet.



Montagetest hos Exhausto A/S.

Gittersnitmønstret er tegnet for at undersøge materialets forlængelse og forkortelse efter tilpasning til bølgeoverfladen.

Bemærk, at der her bankes med traditionelt anvendt værktøj, som er en stump blyplade klippet i form som en luffe.

Disse egenskaber er siden 1999 testet hos specielt Exhausto A/S.

Her er der bygget et forsøgshus, som er monteret med runde og firkantede gennemføringer.

I en sommerperiode er samlinger flere gange taget ind og ud af frysehus.

Her kunne der ikke konstateres ændringer, ligesom materialet fortsat er føjeligt i frysehus.

Styrke over for vindbelastning er i praksis observeret på Exhausto's forsøgshus og tilsvarende monteringer på fabrikkens tage.

En uvildig test hos Statens Byggeforsknings Institut er under planlægning.

- Design, herunder form, farve og struktur.

PEM-K kan formes som bly. Herudover kan det stukkes uden dannelse af synlige buler, som forekommer ved stukning af bly.



Eksempel på maksimal og anbefalet deformation samt en selvklæbende multifleksibel monteringsflange

Materialet kan limes med konstruktionskvalitet med samme silanmodificerede polymer mod sig selv og mange andre bygningsmaterialer. Limen er ensartet fleksibel i temperaturområdet - 40 til + 90 grader C. Der er altså ikke tale om termoplastiske egenskaber, hvor limen bliver blød ved opvarmning i solen.



Mulighed for mange materialekombinationer

Herved fremkommer der helt nye muligheder for design og anvendelse, ligesom der kan monteres på ikke-loddebare overflader som eksempelvis glas og aluminium og prælakerede overflader.

Porøse overflader som mursten og beton kræver primning før limning.

Den mekaniske styrke af PEM-K gør det ligeledes muligt at benytte skruer og nitter ved fastgørelse.

Farvevalget er her under rapportskrivning sort og blygrå, og der arbejdes med flere muligheder for alternative farver, eksempelvis teglrød.

Det er teknisk muligt at lægge miniskifer eller tilsvarende materialer på som øverste lag.

- Valgmuligheder for individuelle ønsker til specielt design ud fra en standard som er basis.

Produktet kan principielt overmales, hvilket der i øjeblikket eksperimenteres med.



Der arbejdes også med metoder for supplerende af farvet MS-overflade og eftermontering af skifer eller anden ønsket overflade. PEM-K kan som formbart konstruktionsmateriale sammenlimes med sig selv eller andre materialer til en egen stabil konstruktion.

- Mulighed for specialudgaver til ekstreme temperaturforhold.

Her er der udført mindre forsøg med højtemperatur polymerer op til 350 grader C. Det kan umiddelbart lade sig gøre, og der har været interesser til andre anvendelser end tage.

- Flexibilitet i produktet i forhold til bly, således at der opnås mulighed for rationalisering ved fabriksmontering på gennemføringsselementer til kundebestemte taghældningsgrader.

Produktet er umiddelbart mere fleksibelt end bly, men om det af hensyn til langtidsholdbarhed er anbefalelsesværdigt at udnytte denne egenskab, må vurderes af fabrikanten af den samlede gennemføring. Ekstra stor fleksibilitet opnås i samspil med den valgte udførelsesform.

Under mit arbejde med inddækningsmaterialer er jeg nu bekendt med, at der eksisterer forskellige løsninger til justerbar hældning.

Disse løsninger stresser ikke inddækningsmaterialet og må derfor principielt være at foretrække.



Gennemføring med justerbart led kan rettes op i forhold til taghældningen

- Fremstillingspris skal være konkurrencedygtig.

Meget tyder på, at PEM-K bliver betydeligt dyrere som materiale end bly. Modsat vurderes det, at monterings- og dermed monteringspris reduceres. Monterings- og pris er meget individuelt alt efter konstruktion, størrelse, automatiseringsgrad med videre.

Med PEM-K opnås der en række muligheder, eksempelvis større valgfrihed for gennemføringsmaterialer. Dette kan give besparelser, rationalisering eller forbedringer.

Prisspørgsmålet er derfor vanskeligt at besvare, men det er konstateret, at VVS-branchen har vist en meget stor interesse, og flere viser direkte begejstring for PEM-K og dets muligheder.

- Produktmodne produktet til enkel fremstillingsmetode.

Produktet er umiddelbart enkelt at fremstille ved håndkraft i mindre arealer. Der har været mange overvejelser vedrørende produktionsmetoder. Specielt formmaterialets opbygning, tykkelse, overflademønster med videre. Indledende test er foretaget med enkle midler, ligesom muligheder er vurderet for anvendelighed i en fortløbende produktion. Her i produktionsudviklingsfasen fortsætter denne aktivitet som er grundlag for valg af metoder og konstruktion af produktionsudstyr.



Bosch gennemføring med PEM-Komposit

## 12 Betydning for miljøet

For miljøet vil blyforbudet og en væsentlig udbredelse af PEM-K medføre, at udvaskning fra bly på tage minimeres. Denne udvikling ser umiddelbart ud til at kunne fortsætte i EU og på længere sigt uden for EU.

For arbejdsmiljøet vil materialeskiftet også være et væsentligt plus, da PEM-K limes, og lodning med bly derfor udgår.

Opfindelsen er patentanmeldt i Danmark, og der er indleveret en international PTC patent ansøgning

Den store udfordring lige nu er på kort tid at udvikle produktionsmetoder og efterfølgende produktionsfaciliteter.

# 13 Formidling af resultater

Miljøstyrelsen:

- En tidlig udgave af PEM-K er omtalt i Miljøprojekt nr. 593, 2000. Rapporten er udført af COWI A/S og er tilgængelig på Miljøstyrelsens hjemmeside.

Fagblade med artikler om PEM-K:

- VVS & El Horisont, nr. 6. april 2002. Morten Sinding-Jensen beskriver på tre sider historien bag projektet. Artiklen beskriver projektførelsen og refererer tidligere nævnte COWI rapport v. Jacob Maag, udtalelser af Benny Wielandt fra FagHøjskolen, samt ingeniør Jens Christian Poulsen, solvarmefirmaet Batec A/S
- Dansk VVS, april 2002. To sider, der i rosende vendinger beskriver muligheder med PEM-Komposit.
- Bygge- & Anlægsavisen, nr. 1. maj 2002. En hel avisside med omtale og billeder.
- Miljø Horisont, nr. 3. marts 2002. 1/3 side. Introduktion til DanMiljø messen.

Danmarks Radio:

- DR hjemmeside. 10 minutters reportage. Kan høres på [www. DR1-](http://www.dr1.dk) forrige udsendelser - uge 19 - Miljømagasinet. Kort indslag i DR kanal 19 Direkte.

DanMiljø Messecenter Herning 2002



Nominering ved konkurrencen Miljørigtige Opfindelser

Teknologisk Institut:

- Teknologisk Partnerskab blev startskuddet til en ny banebrydende opfindelse.
- En side om opfindelsen og Teknologisk Partnerskab.
- Opfindelser & Kreativitet. Artikel er undervejs til offentliggørelse i september.

By og Byg:

- By og Byg anvisning 201. PEM-K er under betegnelsen "Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning" beskrevet sammen med andre blyalternativer.

Farum, oktober 2003 Poul-E Meier  
Ellegårdspark 81, 3520 Farum