

Miljøprojekt Nr. 707 2002

# Alternativer til blød PVC i byggebranchen

Projekteringsguide

Morten Andersson  
Moe & Brødsgaard A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>1 HVAD DÆKKER GUIDEN</b>	<b>7</b>
1.1 PVC-HOLDIGE BYGGEMATERIALER	7
1.2 ALTERNATIVE BYGGEMATERIALER	8
<b>2 OPBYGNING AF GUIDE</b>	<b>9</b>
2.1 INDHOLD	9
2.2 VURDERINGSPROFIL	10
<b>3 VURDERING AF ALTERNATIVE BYGGEPRODUKTER</b>	<b>13</b>
<b>SIGNAL- OG TELEKABLER</b>	<b>14</b>
<b>BØJELIGE LEDNINGER/KABLER</b>	<b>16</b>
<b>INSTALLATIONSKABLER &lt;1 KV</b>	<b>18</b>
<b>FORSYNINGSKABLER 1 KV – 6 KV</b>	<b>20</b>
<b>GULVBELÆGNINGER</b>	<b>22</b>
<b>VÅDRUMSBEKLÆDNINGER</b>	<b>26</b>
<b>STRUKTURTAPET</b>	<b>28</b>
<b>TAGFOLIE</b>	<b>30</b>
<b>TAG- OG FACADEPLADER</b>	<b>34</b>
<b>AFDÆKNINGSPRESENNINGER</b>	<b>36</b>
<b>FLEKSIBLE PLADER OG BÆNDLER</b>	<b>38</b>
<b>FUGEBÅND TIL INDSTØBNING I BETON</b>	<b>40</b>
<b>SELVKLÆBENDE TÆTNINGSBÅND</b>	<b>44</b>
<b>ØVRIGE FUGEPRODUKTER</b>	<b>46</b>
<b>TAPE</b>	<b>48</b>
<b>TAGRENDER</b>	<b>50</b>



# Forord

Denne guide oplister alle de byggematerialer af blødgjort PVC eller med komponenter af blødgjort PVC, som anvendes i dansk byggeri i dag.

For hver af de oplyste PVC-produkter gøres der status over alternative produkter på det danske marked pr. januar 2001.

Der er gennemført en miljøvurdering, samt en byggeteknisk og økonomisk vurdering af de enkelte alternativer. Resultaterne af disse vurderinger er gengivet på en let og overskuelig måde i denne guide. Der henvises til Arbejdsrapport nr. 24, 2002 fra Miljøstyrelsen på [www.mst.dk](http://www.mst.dk) for en mere detaljeret vurdering

Projektet omhandler udelukkende brugen af blød PVC i byggeri i Danmark. Blød PVC defineres som PVC med indhold af blødgørere af typen phthalater. Anvendelse af hård PVC er således ikke behandlet i nærværende projekt.

Projektets målgruppe er alle der er involveret i byggeri herunder bygherrer, projekterende ingeniører og arkitekter, entreprenører og producenter af byggematerialer.

Nærværende guide er udarbejdet af Moe & Brødsgaard A/S rådgivende ingeniører og har sammen med Arbejdsrapport nr. 24, 2002 fra Miljøstyrelsen været i høring hos følgende:

- By- og Boligministeriet
- Gulvbranchens Samarbejds- og Oplysningsråd
- Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd
- By og Byg Statens Byggeforskningsinstitut
- Vinduesproducenternes SamarbejdsOrganisation
- Deko loft+væg A/S
- Byggematerialeindustrien (medlem af Dansk Industri)

Byggepanelet og Plastindustrien har tillige fået tilsendt materialet, men har ikke givet høringssvar.



# 1 Hvad dækker guiden

## 1.1 PVC-holdige byggematerialer

Guiden dækker byggematerialer, der anvendes i forbindelse med opførelse, renovering og ombygning af bygninger. Kun i det omfang, at der er sammenfald i anvendelsen af byggematerialer er anlægsområdet dækket.

Inventar som stole, borde, reoler, lamper mv. er ikke dækket af guiden.

På baggrund af tidligere studier er der udvalgt fem hovedproduktkategorier, samt en diverse gruppe:

- Kabler, ledninger mv.
- Gulv- og vægbeklædning
- Tagbeklædning
- Folier og membraner
- Tætningslister, fugebånd mv.
- Diverse

Kortlægningen af byggematerialer indenfor de seks produktkategorier er gennemført ved interviews med producenter og leverandører af byggematerialer samt erfarne bygningsingeniører. Resultatet af kortlægningen er angivet i nedenstående tabel 1.1.

**Tabel 1.1:** Kortlagte forbrug af byggeprodukter med indhold af blød PVC i Danmark.

Produktkategori	Byggeprodukt	Forbrug af blød PVC pr. år
1. Kabler mv.	Signal- og telekabler	11.400 tons
	Bøjelige ledninger	
	Installationskabler < 6kV	
2. Gulv- og vægbeklædning	Homogene vinylbelægninger	3.900 tons
	Heterogene vinylbelægninger	
	Cushion-vinylbelægninger	
	Vinyl med underlag af skum/kork	
	Kvartsvinylbelægninger	
	PVC-coatede korkfliser	
	Tæppefliser	
	Strukturta-peter på skille-vægge	20 tons
	Plastisol-coatede profilplader (udendørs facadebeklædning)	4.500 tons PVC
	3. Tagbelægning	Tagfolier
Plastisol-coatede profilplader		<sup>2)</sup>
4. Folier og membraner	Afdækningspresenninger	60 tons
	Fleksible plader og bændler	300 tons
	Vandtryksmembraner i kældre + membraner i parkeringsdæk	<sup>3)</sup>
5. Tætningslister, fugebånd mv.	Bånd til indstøbning i beton	5 tons
	Fugeprofiler	<sup>4)</sup>
	Selvklæbende tætningsbånd	30 tons <sup>5)</sup>
6. Diverse	PVC-tape	8 tons
	Plastisol-coatede ståltagrender	20 tons
Total		21.400 tons

Noter til tabel 1.1:

- 1) Tæppefliser behandles ikke yderligere i nærværende, da forbruget i Danmark udgør en procentuel meget lille andel af de PVC-holdige gulvbelægninger.
- 2) Samlet forbrug af plastisol-coatede profilplader til tag- og vægbeklædninger.
- 3) Forbruget af PVC-membraner i kældre og parkeringsdæk er indeholdt i det anførte forbrug af PVC-tagfolier.
- 4) Det har ikke været muligt at fremskaffe oplysninger omkring forbrugets størrelse, forbruget er dog forholdsvis begrænset.
- 5) En mindre del eksporteres formentligt.

## 1.2 Alternative byggematerialer

For hver af de identificerede byggematerialer med indhold af blød PVC er gennemført en undersøgelse af alternative materialer. Undersøgelsen er foretaget ved interviews med udvalgte leverandører/producenter. De kontaktede leverandører/producenter fremgår af bilag A i Arbejdssrapport nr. 24, 2002, der findes på [www.mst.dk](http://www.mst.dk).

I nærværende guide defineres et byggeprodukt som et alternativ, når det kan substituere det PVC-holdige produkt uden væsentligt ændrede byggetekniske forudsætninger. De alternative byggeprodukter skal endvidere være tilgængelige på det danske marked, således at brugen af disse er forholdsvis veldokumenteret.



## 2 Opbygning af guide

Indgangen til søgning i guiden er de identificerede byggeprodukter med indhold af blød PVC. Produktgruppen Gulv- og vægbeklædninger er opdelt i to grupper benævnt henholdsvis Gulvbelægninger og Vådromsbeklædninger.

For hver af produktgrupperne er gennemført en vurdering af alternativerne til de identificerede PVC-holdige byggeprodukter.

De gennemførte vurderinger af alternative byggeprodukter er baseret på en mere detaljeret vurdering gennemført i Arbejdsrapport nr. 24, 2002 fra Miljøstyrelsen: Formidlingsprojekt om alternativer til blød PVC i byggebranchen ([www.mst.dk](http://www.mst.dk)).

I den digitale udgave af nærværende guide er hver vurdering af alternative byggeprodukter via hyperlinks knyttet til de relevante mere detaljerede vurderinger i Arbejdsrapporten. Via disse hyperlinks er det således muligt, nemt at få en uddybning af de mere kortfattede vurderinger i nærværende guide.

### 2.1 Indhold

Vurderingerne af de alternative byggeprodukter er opbygget ens.

Indledningsvis foretages en kort beskrivelse af først det PVC-holdige byggeprodukt og efterfølgende af de identificerede alternativer.

Efterfølgende foretages en vurdering af de alternative byggeprodukter. Vurderingen foretages for hvert af alternativerne, og gennemføres for tre overordnede emner:

- Miljø
- Byggeteknik
- Økonomi

Vurderingen foretages som en sammenlignende vurdering af alternativerne med det PVC-holdige byggeprodukt.

Vurderingerne er forsøgt gjort så kortfattede og præcise som muligt. Der er forsøgt tilstræbt at hver vurdering maksimalt skal fylde to sider, hvilket dog ikke har været muligt for vurderingerne af de byggeprodukter med flest alternativer.

#### 2.1.1 Miljø

De miljømæssige egenskaber for det PVC-holdige produkt er sammenlignet med miljøegenskaberne for de alternative byggeprodukter.

Det skal understreges, at der ikke er gennemført en sammenlignende livscyklusanalyse, LCA af de enkelte alternativer.

Med udgangspunkt i metodikken i Miljøstyrelsens publikationer: "Bedre miljø gennem indkøb", er der gennemført en overordnet miljøvurdering, hvor det PVC-holdige produkt og alternativernes miljøpåvirkninger er sammenlignet i alle de væsentlige faser i produkternes livsforløb.

De alternative byggematerialer er ikke nødvendigvis miljømæssigt bedre end det tilsvarende PVC-produkt. Hensigten med miljøvurderingen er primært at afdække om det alternative byggeprodukt medfører tilsvarende miljøpåvirkninger som blødgjort PVC.

Miljøvurderingerne er foretaget ud fra følgende underemner:

- Materialeforbrug
- Energiforbrug
- Miljøbelastning ved produktion, drift og bortskaffelse
- Arbejdsmiljø

### 2.1.2 Teknik

Forskelle i de tekniske forhold for det PVC-holdige produkt og de alternative produkter af relevans for vurderingen er fremdraget.

Produkternes tekniske forhold er behandlet for følgende underemner:

- Konstruktion
- Drift

Det skal understreges, at nærværende Guide ikke kan anvendes som en decideret teknisk projekteringsguide eller ståbi. Teknikafsnittet i den enkelte vurdering har således kun til formål at påpege særlige forhold, som den projekterende bør/skal vurdere i sin efterfølgende projektering.

### 2.1.3 Økonomi

Udgifterne til anskaffelse og montage - anlægsøkonomien - af det PVC-holdige byggeprodukt og alternativerne er sammenlignet.

Den økonomiske vurdering af byggeprodukterne er foretaget for sammenlignelige produktmængder. Eksempelvis er økonomien for tagbeklædninger sammenlignet pr. m<sup>2</sup> tagbeklædning og kabler er sammenlignet pr. m kabel.

Priserne på byggeprodukter er baseret på et generelt kendskab til prisforhold i byggebranchen, oplysninger fra producenter og leverandører samt oplysninger fra opslagsværket "V&S Byggedata, Husbygning - brutto 2000".

Det skal bemærkes, at priser på PVC og alternativerne ikke altid er et udtryk for udviklings- og fremstillingsomkostningerne, men på hvad markedet kan bære og hvor konkurrerende produkter ligger prismæssigt.

## 2.2 Vurderingsprofil





De alternative byggeprodukters egenskaber vurderes ved en sammenlignende vurdering med PVC-produktet. Sammenligningen visualiseres ved en grøtning, der angiver om alternativets egenskaber er bedre eller dårligere end PVC-produktets.

PVC-produktets egenskaber sættes til "index 100", hvilket i visualiseringen præsenteres med en hvid farve. Har det alternative produkt bedre egenskaber tildeles det en grøn farve. Har det alternative produkt derimod dårligere egenskaber end PVC-produktet, tildels det enten en gul eller rød farve. "Rød" symboliserer klart ringere egenskaber, mens "gul" symboliserer lidt ringere egenskaber. Farveklassificeringen er vist i figur 3.1.

Det alternative produkt sammenlignes med PVC-produktet for hver af de syv emner: materialer, energi, ydre miljø, arbejdsmiljø, konstruktion, drift og økonomi. Hvert emne tildeles en farve jævnfør ovenstående.

De sammenlignende vurderinger for alle alternativerne til PVC-produktet præsenteres samlet i en såkaldt vurderingsprofil. Vurderingsprofilen kan anvendes til at udvælge det bedste produkt til en given lejlighed.

Sammenligningen mellem alternativ og PVC-produkt foretages for den funktionelle enhed (eksempelvis pr. m<sup>2</sup> tagbeklædning, pr. m kabel etc.). For de fleste af de syv emner er det kun muligt at foretage en kvalitativ sammenligning af alternativets egenskaber i forhold til PVC-produktets. Emnerne "energiforbrug" og "økonomi" er derimod kvantificerbare. For disse to emner er opstillet følgende kvantitative grænser for farveklassificeringen.

Farvekode	Forskel (alternativ produkt/PVC-produkt)
	< -5%
	< +5 % og > -5%
	> +5 % og < +50 %
	> +50 %

Figur 3.2: Kvantitative grænser for farveklassificering af alternativer under emnerne "energiforbrug" og "økonomi".

Eksempelvis angiver:

- en hvid farve ud for emnet energiforbrug, at energiforbruget til produktion mv. af alternativet er tilsvarende energiforbruget til det PVC-holdige produkt
- en grøn farve med en vandret streg ud for emnet arbejdsmiljø, at alternativets arbejdsmiljømæssige egenskaber er bedre end det respektive PVC-produkts miljømæssige egenskaber.
- En gul farve med en lodret streg ud for emnet drift, at alternativet er ringere set ud fra et driftsmæssigt synspunkt end det tilsvarende PVC-produkt.
- en rød farve ud for emnet økonomi, at alternativet er væsentligt dyrere at anskaffe end det tilsvarende PVC-produkt.



## 3 Vurdering af alternative byggeprodukter

På de efterfølgende sider er foretaget en sammenlignende vurdering af byggeprodukter af blød PVC med alternative produkter.

# Signal- og telekabler

## PVC-produkt

Signal- og telekabler anvendes som installationskabler i svagstrømsanlæg, til transmission af analoge og digitale signaler, datatransmission mv.

Blødgjort PVC anvendes i signal- og telekabler til isolation af lederne samt som fyld- og yderkappe.

## Alternativ

De alternative materialer omfatter:

- polyethylen, PE
- fleksibel/termoplastisk polyolefin, FPO/TPO (efterfølgende FPO).

PE anvendes i mindre grad til isolationsmateriale i signal- og telekabler. PE er brandspredende, hvorfor det ikke anvendes til kappemateriale i indendørs kabler. Til isolation anvendes såvel solide som opskummede produkter. PE er ikke så bøjeligt som eksempelvis blød PVC, hvorfor signal- og telekabler med indhold af PE er mere stive.

FPO anvendes til både isolations- og kappemateriale i tele- og signalkabler. FPO er langt det mest anvendte alternative kappemateriale. FPO-kabler er tilnærmelsesvis lige så fleksible som PVC-holdige kabler.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af isolations- og kappemateriale af polyethylen og polyolefin sammenlignet med isolations- og kappemateriale af blød PVC.

	Blød PVC	Polyethylen	Polyolefin
Materialer	○	●	●
Energi	○	●	●
Ydre miljø	○	●	●
Arbejds miljø	○	●	●
Konstruktion	○	○	○
Drift	○	○	○
Økonomi	○	●	●

Vurderingsprofil for isolations- og kappemateriale i signal- og telekabler af polyethylen og polyolefin.

## Miljø

PE og FPO er miljømæssigt bedre alternativer end PVC, da begge compo-  
pounder ikke indeholder klor eller phthalater.

De benyttede tilsætningsstoffer til de alternative plastikcompounder medfører  
generelt ikke miljømæssige påvirkninger, som dem der er knyttet til blød PVC.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

PE-holdige kabler er mere stive end PVC-kabler, hvorfor PE-holdige kabler  
har en større bøjningsradius end PVC-kabler.

PVC- og FPO-kabler er tilnærmelsesvis lige fleksible og bøjelige.

### Drift

Kabler med FPO-kappe er brandhæmmet og opfylder som minimum de  
samme brandprøver som PVC-holdige kabler. For specielt kabler med mindre  
tværsnit opfylder kabler med FPO-kappe strengere brandprøver end kabler  
med PVC-kappe.

PVC-holdige kabler udvikler giftig røggas ved brand.

## Økonomi

Prisen for PVC-fri kabler er 5 - 15% dyrere end PVC-holdige kabler.

# Bøjelige ledninger/kabler

## PVC-produkt

Bøjelige ledninger og kabler anvendes som tilledning til brugsgenstande, belysningsarmaturer mv.

Blødgjort PVC anvendes i ledninger til isolation af lederne samt som yderkappe.

## Alternativ

Det alternative isolations- og kappemateriale er:

- polyolefin, FPO.

FPO anvendes til både isolations- og kappemateriale. FPO-kabler og -ledninger er tilnærmelsesvis lige så fleksible og bøjelige som PVC-kabler og -ledninger.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af isolations- og kappemateriale af polyolefin sammenlignet med isolations- og kappemateriale af blød PVC.

	Blød PVC	Polyolefin
Materialer	○	●
Energi	○	●
Ydre miljø	○	●
Arbejdsmiljø	○	●
Konstruktion	○	○
Drift	○	○
Økonomi	○	⦿

Vurderingsprofil for isolations- og kappemateriale i bøjelige ledninger og kabler af polyolefin.



## Miljø

FPO er et miljømæssigt bedre alternativ end PVC, da det ikke indeholder klor eller phthalater.

De benyttede tilsætningsstoffer til de alternative plastikcompounder medfører generelt ikke miljømæssige påvirkninger, som dem der er knyttet til blød PVC.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

Der er ikke konstateret forskelle i montagen af de forskellige lednings- og kabeltyper.

### Drift

FPO kabler/ledninger er brandhæmmet og opfylder som minimum de samme brandprøver som PVC-holdige kabler. For specielt kabler/ledninger med mindre tværsnit opfylder FPO kablerne/ledningerne skrappe brandprøver end kabler med PVC-kappe.

PVC-holdige kabler udvikler giftig røggas ved brand.

## Økonomi

Bøjelige kabler/ledninger af FPO er 5 - 15% dyrere end bøjelige kabler/ledninger af blød PVC.

# Installationskabler <1 kV

## PVC-produkt

Installationskabler anvendes til bygningsinstallationer, maskininstallationer m.m. i alle former for byggerier.

Blødgjort PVC anvendes i installationskabler <1 kV til isolation af lederne samt som kappemateriale.

## Alternativ

De alternative materialer omfatter:

- polyethylen, PE(X)
- polyolefin, FPO.

PE anvendes til isolationsmateriale. I større kabler anvendes hovedsageligt PE til isolation, i form af tværbundet PE (PEX). PE er ikke så fleksibelt som blød PVC, hvorfor kabler med indhold af PE(X) er mere stive.

FPO anvendes til både isolations- og kappemateriale. FPO er langt det mest anvendte alternative kappemateriale. FPO er tilnærmelsesvis lige så fleksibelt et materiale som blød PVC.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af polyethylen og polyolefin sammenlignet med isolations- og kappemateriale af blød PVC.

	Blød PVC	Polyethylen	Polyolefin
Materialer	○	●	●
Energi	○	●	●
Ydre miljø	○	●	●
Arbejds miljø	○	●	●
Konstruktion	○	○	○
Drift	○	○	○
Økonomi	○	○ <sup>(1)</sup>	○ <sup>(1)</sup>

Vurderingsprofil for isolations- og kappemateriale i installationskabler <1 kV af polyethylen og polyolefin.

<sup>(1)</sup>: Se økonomiafsnit næste side.

## Miljø

PE og FPO er miljømæssigt bedre alternativer end PVC, da begge compo-  
pounder hverken indeholder klor eller phthalater.

De benyttede tilsætningsstoffer til de alternative plastikcompounder medfører  
generelt ikke miljømæssige påvirkninger, som dem der er knyttet til blød PVC.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

PE-holdige kabler er mere stive end PVC-kabler, hvorfor PE-holdige kabler  
har en større bøjningsradius end PVC-kabler.

PVC- og FPO-kabler er tilnærmelsesvis lige fleksible og bøjelige.

### Drift

FPO kabler er brandhæmmet og opfylder som minimum de samme brand-  
prøver som PVC-holdige kabler. For specielt kabler med mindre tværsnit op-  
fylder FPO kablerne skrapere brandprøver end kabler med PVC-kappe.

PVC-holdige kabler udvikler giftig røggas ved brand.

PEX og FPO er mere varmem stabile end PVC. Kabler der er isoleret med PEX  
eller FPO kan således tåle en ledertemperatur på op til 90 °C, mens kabler  
med PVC som isoleringsmateriale kun kan tåle en ledertemperatur på op til 70  
°C. I mange tilfælde kan der derfor projekteres med en mindre kabeldimensi-  
on ved valg af kabler, der er isoleret med PEX eller FPO fremfor et PVC-  
isoleret kabel.

## Økonomi

Jo større kabler bliver jo mindre er prisforskellen mellem PVC-fri kabler og  
kabler af PVC.

PVC-fri installationskabler med tværsnit under 25 mm<sup>2</sup> er 5 - 15% dyrere end  
tilsvarende PVC-holdige kabler. For installationskabler med tværsnit over  
35mm<sup>2</sup> er der ingen nævneværdig prisforskel mellem PVC-holdige og PVC-fri  
kabler.

Muligheden for at projektere med en mindre kabeldimension ved valg af et  
PEX-/FPO-isoleret kabel, jf. ovenstående, kan resultere i, at det PVC-fri kabel  
er økonomisk fordelagtigt sammenlignet med en kabel/ledning, hvor lederen er  
isoleret med PVC.

# Forsyningskabler 1 kV – 6 kV

## PVC-produkt

Forsyningskabler anvendes som forsyningskabler til bygninger, større brugsgenstande og maskiner.

Blødgjort PVC anvendes i forsyningskabler til mellem 1 kV og 6 kV installationer til kappemateriale. PVC anvendes ikke som isolationsmateriale i kabler >1 kV.

## Alternativ

De alternative materialer omfatter:

- polyethylen, PE
- polyolefin, FPO.

PE anvendes hovedsageligt som isolationsmateriale. I kabler  $\geq 1$  kV anvendes næsten udelukkende PE, der er tværbundet med peroxider (PEX). PVC anvendes ikke til isolation af kabler over 1 kV, hvorfor PEX her ikke er at betragte som et alternativ til blød PVC.

PE anvendes endvidere til kappemateriale for kabler over 1 kV til nedlægning i jord. I tilfælde hvor et PE-jordkabel føres frem til en bygning og ind i en bygning, kan det ofte være mere økonomisk at brandmale den del af kablet, som er inde i bygningen, fremfor at udskifte denne til eksempelvis et kabel med FPO-kappe (brandhæmmet kabel). I sådanne særlige tilfælde kan PE således også optræde som kappemateriale for kabler i byggeri.

FPO er langt det mest anvendte alternative kappemateriale. FPO er tilnærmelsesvis lige så fleksibelt som blød PVC.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af polyethylen og polyolefin sammenlignet med isolations- og kappemateriale af blød PVC.

	Blød PVC	Polyethylen	Polyolefin
Materialer	○	●	●
Energi	○	●	●
Ydre miljø	○	●	●
Arbejdsmiljø	○	●	●
Konstruktion	○	○	○
Drift	○	○	○
Økonomi	○	○ <sup>(1)</sup>	○ <sup>(1)</sup>

Vurderingsprofil for alternative isolations- og kappematerialer i forsyningskabler >1 kV og <6 kV.

<sup>(1)</sup>: Se økonomiafsnit næste side.

## Miljø

PE og FPO er miljømæssigt bedre alternativer end PVC, da begge compounder hverken indeholder klor eller phthalater.

De benyttede tilsætningsstoffer til de alternative plastikcompounder medfører generelt ikke miljømæssige påvirkninger, som dem der er knyttet til blød PVC.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

PE-holdige kabler er mere stive end PVC-kabler, hvorfor PE-holdige kabler har en større bøjningsradius end PVC-kabler.

PVC- og FPO-kabler er tilnærmelsesvis lige fleksible og bøjelige.

### Drift

Kabler med FPO-kappe er brandhæmmet og opfylder som minimum de samme brandprøver som PVC-holdige kabler. For specielt kabler med mindre tværsnit opfylder kabler med FPO-kappe strengere brandprøver end kabler med PVC-kappe.

PVC-holdige kabler udvikler giftig røggas ved brand.

## Økonomi

Jo større kabler og ledninger bliver des mindre er prisforskellen mellem PVC-fri og PVC-holdige kabler.

For forsyningskabler med tværsnit over 35 mm<sup>2</sup> er der næsten ingen prisforskel. Kabler >1 kV og <6 kV er næsten altid af en dimension større eller lig med 35 mm<sup>2</sup>.

Muligheden for at projektere med en mindre kabeldimension ved valg af et PEX-/FPO-isoleret kabel, jf. ovenstående, kan resultere i, at det PVC-fri kabel er økonomisk fordelagtigt sammenlignet med en kabel/ledning, hvor lederen er isoleret med PVC.

# Gulvbelægninger

## PVC-produkt

PVC-gulvbelægninger er slidstærke og er samtidig nemme at renholde, hvilket er medvirkende til, at belægningerne anvendes en lang række steder.

PVC-gulvbelægninger findes i forskellige udformninger omfattende:

- Homogene beklædninger
- Heterogene beklædninger: PVC-slidlag med forskellige underliggende kompakte lag
- Cushions-vinyl: PVC-slidlag, midterst et lag opskummet PVC og nederst et stabiliseringslag
- PVC med underlag af skum eller kork
- Kvartsvinyl: PVC med et stort indhold af fyldstoffer især kvarts.

PVC gulvbelægninger kan endvidere benyttes til vægbeklædning. Det er hovedsageligt homogene og heterogene beklædninger, der tillige anvendes til vægbeklædning og især i vådrum, da homogene og heterogene beklædninger kan udføres vandtætte (jf.: Vådromsbeklædninger).

Cushions-vinyl og PVC med underlag af skum eller kork er bløde og trinlydsdæmpende gulvbelægninger. Cushions-vinyl anvendes primært i boligsektoren, mens PVC med underlag af skum eller kork har en lang række anvendelsesområder.

Kvartsvinyl anvendes i industrisektoren, hvor der er krav om stor holdbarhed over for tung last.

## Alternativer

Alternativerne til PVC-gulvbelægninger defineres her som vaskbare gulvbelægninger, der kan benyttes og bliver benyttet i både bolig- og erhvervssektoren. Alternativer kan ikke nødvendigvis erstatte PVC i alle sammenhænge. Ingen af alternativerne kan således anvendes i vådrum ligesom en del ikke kan anvendes i industrisektoren som flere af PVC-gulvene.

Alternativerne omfatter:

- Linoleum
- Polyolefin
- Kork
- Gummi
- Massiv træ
- Træfiner
- Trælaminat.

Linoleum, polyolefin, kork og gummigulve betegnes sammen med PVC som halvhårde gulvbelægninger.

Linoleum er et organisk materiale, hvis væsentligste bestanddel er linoleumscement. Linoleumsbeklædninger produceres ved, at linoleum vales ud på et underlag af jutefibre. Linoleumsbeklædninger findes bl.a. med stort indhold af kork samt sammenvælst med korkment.

Polyolefin er et plastmateriale meget lig blød PVC. Polyolefinbelægninger kan være forsynet med en overfladebeskyttelse af eksempelvis polyuretan. Polyolefin-beklædninger egner sig ikke til industrilokaler med høj brugsintensitet.

Kork er et naturprodukt, der fremstilles af barken fra korkegen. Korkgulve leveres enten som naturkork til lakering/oliering eller med en overfladebehandling/slidlag af klar PVC. Sidstnævnte er den hyppigst anvendte og den som vurderes i nærværende. Korkbeklædninger egner sig ikke til erhvervsbyggeri med meget høj brugsintensitet eller industribyggeri med høj brugsintensitet.

Gummigulve fremstilles af naturligt eller syntetisk gummi eller en blanding heraf, hvilket ofte er tilfældet.

For flere af de alternative halvharde gulvbeklædninger vil det ofte være nødvendigt at udlægge eksempelvis et lag korkment under gulvbelægningen for at opnå de samme egenskaber, eksempelvis trinlydsdæmpning, som cushionsvinyl og PVC med underlag af skum eller kork.

Trægulve er generelt robuste og slidstærke, hvis de vedligeholdes jævnlige. Trægulve kan generelt ikke anvendes i industrisektoren. Anvendelsesområder for trægulve er dog meget afhængig af den anvendte træsort og belastning. Træsorter som fyr og gran er bløde, mens træsorter som eg og bøg er hårde. Massive trægulve lakeres eller oliebehandles ofte for at øge holdbarheden.

Trægulve findes i mange forskellige udformninger for eksempel stavparket, parketbrætter, gulvbrætter, klodsgulve m.v.

Finergulve består af en træbaseret kerne som eksempelvis spånplade. Slidlaget er en tynd, lakeret finer, mens bagsiden er kontrafineret.

Trælaminat består af et mellemlag af plademateriale som spånplade, en overflade af imprægnerede tynde fibermaterialer og et bundlag af eksempelvis plast, imprægneret papir eller finer.

### Vurderingsprofil

	PVC	Lino-leum	Poly-olefin	Kork	Gummi	Massiv træ	Træ-finer	Træ-laminat
Materialer	○	●	●	●	●	●	●	●
Energi	○	●	○	●	○	●	●	●
Ydre miljø	○	●	●	●	●	●	●	●
Arbejds miljø	○	●	●	●	○	○	●	●
Konstruktio n	○	○	○	○	○	○	○	○
Drift	○	○	○	○	○	○	○	○
Økonomi	○	●	●	●	●	●	●	●

Vurderingsprofil for alternative gulvbelægninger.

## Miljø

De alternative halvharde belægninger er alle miljømæssigt bedre alternativer end blødgjorte PVC-gulvbelægninger. Dette skyldes hovedsageligt at alternativerne ikke indeholder klor og phthalater (coatet kork og syntetiske gummibeklædninger kan dog indeholde mindre mængder phthalater).

Linoleum er et rent naturprodukt og det miljømæssigt bedste alternativ. Linoleumsgulve kan i den første periode efter lægning afgive gasser og lugtgener til indeklimaet.

Kork er tillige et naturprodukt, og også et miljømæssigt godt alternativ. Ved montering af korkgulve bør vælges et gulv af naturkork - uden blødgjort PVC-slidlag - med en så miljøvenlig lak/oliebehandling som mulig.

Ved valg af gummigulve bør sikres det højest mulige indhold af naturgummi, da der anvendes sundheds- og/eller miljøskadelige stoffer i produktionen af visse syntetiske gummier. Eksempelvis anvendes de mistænkte kræftfremkaldende stoffer butadien og styren i produktionen af SBR-gummi. Det bør endvidere sikres at gummigulve ikke er blødgjort med phthalater.

Ved valg af polyolefin-beklædning bør så vidt muligt undgås beklædninger der er overfladebehandlet med polyuretan, idet der til produktion heraf anvendes de astmafremkaldende isocyanater, der kan give problemer i specielt arbejds-miljøet.

Træ er overordnet set et miljømæssigt godt materiale. Det bør så vidt muligt sikres, at det anvendte træ er dyrket og fældet under bæredygtige forhold.

En del af opløsningsmidlerne i de olier og lakker, som anvendes til overfladebehandling af trægulve, emitteres til miljøet, både i forbindelse med påføring og i en periode herefter. Vælg derfor en så miljøvenlig olie/lak til overfladebehandling af trægulve som muligt.

## Teknik

### Konstruktion

Underlaget for halvharde gulvbelægninger, PVC, linoleum, polyolefin, kork og gummi, samt trælaminatgulve skal være understøttende i fuld flade og have en planhed, der svarer til den ønskede planhed for det færdige gulv.

Underlaget for massive trægulve og finerede trægulve kan ligeledes være fuldt (ikke bærende gulve) eller delvis understøttende (bærende gulve). Den delvise understøtning udgøres primært af strøer eller bjælker.

### Montage

Halvhårde gulvbelægninger, PVC, linoleum, polyolefin, kork og gummi, limes til underlaget. Massive og finerede trægulve kan endvidere fastgøres til underlaget enten ved limning eller sømning. Alternativt kan massive og finerede trægulve monteres uden fastgørelse til underlaget (svømmende gulv). Trælaminatgulve fastgøres ikke til underlaget.

Linoleum, polyolefin, kork og gummi skal lægges på et sugende underlag for at sikre, at limen hæfter godt til underlaget. Såfremt der ikke er tilstrækkelig sugsevne, som for eksempel ved asfaltgulve og epoxy, skal der inden limning påføres et tyndt, 2-3 mm tykt, lag af en spartelmasse, som er egnet til det aktuelle underlag.



Ved montering af et gummigulv, hvor der forventes store mekaniske belastninger eller store fugt- og/eller temperaturvariationer, bør der anvendes en 2-komponent polyuretan-klæber (PU-klæber).

PVC-, linoleums- og gummibeklædninger kan fås og monteres som ledende beklædninger til anvendelse i lokaler, hvor der er behov for en hurtig bortledning af elektriske ladninger.

#### Drift

Generelt gælder, at samtlige gulvbeklædninger kan fungere driftsmæssigt uden problemer ved korrekt vedligehold.

Dog har de hidtidige erfaringer med polyolefin gulvbeklædninger vist, at beklædningerne med tiden løsner sig fra underlaget og kommer til at ligge løst.

#### Økonomi

Fælles for de halvharde gulvbelægninger er, at de findes i en række forskellige udformninger og kvaliteter. Specielt PVC og linoleum findes i en række forskellige kvaliteter med forskellige priser.

De i vurderingsprofilen anvendte belægningskvaliteter er de hyppigst forekommende i Danmark ifølge leverandøroplysninger, hvilket stort set er sammenfaldende med de billige kvaliteter indenfor hvert enkelt materiale.

De anførte priser er baseret på henholdsvis: 2,0 mm homogen blød PVC; 2,5 mm linoleum; 3,2 mm korkfliser hvoraf 0,6 mm er PVC-slidlag og 2,0 mm gummi banevare. For polyolefingulve er ikke anvendt en speciel dimension, da erfaringerne med disse gulve er meget begrænsede, men polyolefin-gulve er i henhold til leverandøroplysninger: "generelt lidt dyrere end PVC-gulve".

Prisen for trægulve varierer meget afhængigt af "ædelheden" af den anvendte træsort. De i vurderingsprofilen anførte økonomiske betragtninger er at betragte som gennemsnitlige priser. De anførte økonomiske betragtninger skal lige så meget benyttes til at bedømme de relative forskelle mellem massive trægulve, laminatgulve og finergulve.

# Vådromsbeklædninger

## PVC-produkt

PVC-gulvbeklædninger findes i en række forskellige udformninger. Beklædningerne er nemme at renholde og kan udføres vandtætte, på nær kvartsvinyl og cushions-vinyl. Belægningerne kan tillige benyttes til vægbeklædning i vådrum.

Et særligt anvendelsesområde for PVC-beklædninger er i laboratorier og operationsstuer. PVC-beklædningernes tæthed er en fordel her, da de er lettere at renholde, også i relation til friholdelse for mikrobiel vækst. I det der er særlige krav inden for dette område, er der ikke vurderet alternativer til dette anvendelsesområde.

## Alternativer

Alternativer til PVC-beklædning i vådrum er her defineret som beklædninger, der kan anvendes i vådrum på både gulv og væg.

Alternativerne omfatter:

- Fliser/klinker.

Fliser og klinker fremstilles af ler eventuelt tilsat kalk. Fliser og klinker vil ofte være iblandet farvepigmenter eller glaseret med farvet glasur.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af fliser/klinker sammenlignet med PVC-beklædning til vådrum.

	PVC	Fliser/klinker
Materialer	○	●
Energi	○	⦿
Ydre miljø	○	●
Arbejds miljø	○	●
Konstruktion	○	○
Drift	○	●
Økonomi	○	●

Vurderingsprofil for gulvbelægninger til vådrum.

## Miljø

Anvendelse af fliser og klinker medfører betydeligt mindre miljøpåvirkninger end anvendelse af PVC-beklædninger.

De væsentligste miljøpåvirkninger knyttet til anvendelse af fliser og klinker stammer fra emission af CO<sub>2</sub> mv., som følge af afbrænding af fossilt brændsel i forbindelse med produktionen af fliser og klinker. Energiforbruget til produktion af fliser og klinker er forholdsvis stort.

## Teknik

### Konstruktion

De underliggende konstruktioner kan i princippet være de samme, men der er krav om særlig vandtætning under fliser/klinker uanset konstruktionen. Udlægning af smøremembran eller andet tætningssystem kan betyde længere montagetid og dermed dyrere løsning.

### Montage

Såvel PVC-beklædning som fliser/klinker vil ved korrekt montage give en sikker og vandtæt konstruktion. PVC-beklædningen vil med de relativt få samlinger og opbukkede kanter give en sikrere konstruktion end fliser/klinker.

PVC-beklædning kan almindeligvis monteres hurtigere end fliser/klinker.

### Drift

Begge produkter vil med korrekt vedligehold have en lang levetid.

Renholdelse af fliser/klinker besværliggøres af tilstedeværelsen af fuger, da disse er forsænket i forhold til flisernes/klinkernes overflade.

## Økonomi

Levering og montering af fliser og klinker er 2-4 gange dyrere sammenlignet med levering og montering af PVC-gulvbeklædning afhængig af typen af PVC-gulvbeklædning.

# Strukturtafet

## PVC-produkt

Strukturtafet med indhold af blød PVC anvendes primært til overfladebeklædning af flytbare skillevægge (systemvægge). Flytbare skillevægge anvendes primært indenfor erhvervs-/kontorbyggeri i lokaler med skiftende anvendelsesformål.

Anvendelsen af PVC-holdige strukturtafeter beror på, at disse er robuste overfor slag og stød og samtidig vaskbare.

Indholdet af blød PVC i strukturtafeterne er 200 g/m<sup>2</sup>.

## Alternativ

De alternative beklædninger af flytbare skillevægge er:

- malet glasvæv/-filt.

Glasvæv og glasfilt er tilsvarende materialer, som blot varierer i overfladen, hvor glasvæv har mere struktur, mens glasfilt er glat.

Der anvendes en plastmaling til glasfilt og -væv.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af alternativer til PVC-strukturtafet på flytbare skillevægge.

	Vinyl strukturtafet	Malet glasvæv/-filt
Materialer	○	●
Energi	○	●
Ydre miljø	○	●
Arbejds miljø	○	○
Konstruktion	○	○
Drift	○	○
Økonomi	○	●

Vurderingsprofil for alternativer til PVC-strukturtafet på flytbare skillevægge.

## Miljø

Malet filt og glasvæv er miljømæssigt bedre alternativer til PVC-strukturtapet. Malet filt og glasvæv indeholder således ikke de miljømæssigt problematiske stoffer klor og phthalater.

Råvaregrundlaget for produktion af glasfibre er rigelige lagerressourcer.

De potentielt største miljøpåvirkninger af malet filt og glasvæv stammer fra malingen. Plastmaling kan afgive dampe længe efter påføring, som kan have negativ indflydelse på indeklimaet.

Der vælges en skillevæg der er overfladebehandlet med en maling med det lavest mulige MAL-kodenummer og uden faresymboler.

## Teknik

### Konstruktion

Den underliggende vægkonstruktion for de flytbare skillevægge er ens uafhængigt af overfladebeklædningen.

### Montage

PVC-strukturtapet leveres på færdige ruller, som påklæbes den underliggende vægkonstruktion direkte.

Påføring af malet filt eller glasvæv kræver derimod en "dobbelt behandling". Først påklæbes filteren eller glasvævet den underliggende vægkonstruktion, hvorefter beklædningen males.

### Drift

Malet glasvæv vil normalt have en længere levetid end PVC-strukturtapet.

## Økonomi

Som følge af den mere omstændelige påføringsmetode for alternativerne er overfladebeklædning af vægge med malet glasvæv/-filt 30 - 50% dyrere end overfladebeklædning af vægge med PVC-strukturtapet.

# Tagfolie

## PVC-produkt

Tagfolier anvendes hovedsageligt på flade tage og tage med en hældning under 12 grader. Tagfolier anvendes endvidere i en vis udstrækning på hvælvede tage.

PVC-tagfolier findes som homogene produkter og som armerede produkter. Hovedparten af de PVC-tagfolier, der benyttes i Danmark er armerede. Armeringen er enten en filt eller en vævet dug fremstillet af glasfiber eller en syntetisk fiber, eksempelvis polyester.

PVC-tagfolier anvendes hovedsageligt i dimensioner på 1,2 - 2,0 mm. Folierne ballasteres eller fastgøres mekanisk til underlaget.

## Alternativer

Alternativerne til PVC-tagfolier defineres som tagdækningsprodukter, der kan benyttes på taghældninger mindre end 12 grader.

Alternativerne omfatter:

- Polyolefin-tagfolie
- EPDM-tagfolie
- Tagpap
- Aluminiumsbeklædning.

Polyolefin- og EPDM-tagfolierne er opbygget tilsvarende PVC-tagfolierne.

Tagpap består øverst af en bestrøning af som oftest skifersten, der er lagt på det øverste lag bitumen. Bitumenen er armeret med enten glas- eller polyesterfilt eller en kombination heraf.

Aluminium til tagbeklædning udgøres af aluminiumsplader, som eventuelt er overfladebehandlet f.eks. elektrokemisk eller lakeret.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af alternative tagdækninger sammenlignet med PVC-tagfolie.

	PVC	Polyolefin	EPDM	Tagpap	Aluminium
Materialer	○	●	●	⦿	●
Energi	○	●	●	⦿	⦿ <sup>(1)</sup>
Ydre miljø	○	●	●	⦿	●
Arbejds miljø	○	○	⦿	●	●
Konstruktion	○	○	○	○	●
Drift	○	⦿	○	○	○
Økonomi	○	⦿	⦿	●	⦿

Vurderingsprofil for alternative tagdækningsmaterialer.

<sup>(1)</sup>: Op til 70% genbrugsaluminium.

## Miljø

Polyolefin-tagfolier har bedre miljømæssige egenskaber end PVC-tagfolie, hvilket hovedsageligt skyldes, at polyolefin-tagfolie ikke indeholder phthalater og klor.

EPDM-gummi indeholder dicyclopentadien, som er miljø- og sundhedsskadelig. Nogle typer EPDM-gummi er endvidere blødgjort med phthalater.

Tagpaps dårligere miljøegenskaber er relateret til arbejdsmiljøproblemer for arbejdere beskæftiget med produktion og montage af tagpap. Ren tagpap skal ved bortskaffelse deponeres på kontrolleret losseplads. Aluminiums miljøpåvirkninger kan generelt henføres til råstofudvindingen og aluminiumsproduktionen herunder et meget stort energiforbrug. Aluminium har gode genanvendelsesegenskaber.

Ved sammensvejsning af polyolefin-foliebaner affedtes med xylene, hvilket kræver særlige forholdsregler ved håndtering, da xylene er sundhedsskadelig. I praksis er der sjældent behov for affedtning, da materialet er "rent" fra leverandøren.

## Teknik

### Konstruktion

PVC-tagfolie, polyolefin-tagfolie, EPDM-tagfolie, tagpap og aluminiumstagbeklædning kan monteres på ens plane tagkonstruktioner. En aluminiumstagbeklædning kan endvidere udføres som en selv bærende konstruktion på lægter.

### Montage

Der er ikke forskel på montering af en PVC-tagfolie eller en polyolefin-tagfolie. Foliebanerne sammensvejses med varmluft eller flydende svejsemiddel. EPDM-tagfolie samles enten med tape eller lim. Alle folierne fastgøres enten mekanisk eller ballasteres til underlaget.

Tagpapbaner fastgøres til underlaget enten mekanisk eller ved varm-/koldsvejsning. Tagpapbanerne udlægges med overlæg i længderetningen.

Aluminiumstagprofiler sammenkobles mekanisk og fastgøres ligeledes mekanisk til underlaget.

### Drift

Polyolefin er et termoplastisk materiale og derfor meget varmepåvirkeligt. Polyolefin-tagfolie udvider sig relativt meget ved varmepåvirkning, hvorfor polyolefin-tagfolie på eksponerede tage "buler op" i sommermånederne. Leverandører anbefaler således af visuelle årsager, at polyolefin-tagfolie ikke udlægges på synlige tage.

Tagdækningsmaterialernes anslåede levetid er omtrent ens. På tagfolier og tagpap ydes op til 15 års produktgaranti, mens produktgarantien på en aluminiumstagbeklædning er 10 år.

## Økonomi

Polyolefin- og EPDM tagfolier er op til 25% dyrere at levere end en PVC-tagfolie. Prisforskellen mellem PVC- og de alternative folier afhænger dog meget af den aktuelle opgave. Eksempelvis medfører det faktum, at EPDM-folier kan leveres i meget store bredder, at disse ved særlige opgaver (eksem-

pelvis store flader hvor folien skal ballasteres fast) kan være billigere end PVC-folie.

Asfalttagpap er almindeligvis lidt billigere at levere og montere end en PVC-tagfolie.

Levering og lægning af en aluminiumstagbeklædning er som udgangspunkt 20% dyrere end levering og lægning af en PVC-tagfolie. Prisen er dog meget afhængig af tagets størrelse og form. En tagopbygning med selvbærende aluminiumsprofiler vil eksempelvis ofte være billigere end en tagopbygning afsluttet med en PVC-tagfolie.





# Tag- og facadeplader

## PVC-produkt

PVC-coatede profilplader består af galvaniserede (zink/aluzink) stålplader med en plastbelægning af blød PVC. Handelsnavnet for PVC-belægningen er Plastisol.

Profilpladerne anvendes til såvel tag som facadebeklædning.

## Alternativer

Alternativerne til PVC-coatede profilplader defineres som de mest gængse profilerede plader, der kan anvendes til såvel tag- som facadedækning.

Alternativerne omfatter:

- Galvaniseret stålplade
- Lakeret stålplade
- Aluminiumsplade
- Eternit bølgeplade.

Galvaniserede stålplader er plader tilsvarende de PVC-coatede plader, blot uden Plastisol-belægning. Pladerne fås endvidere med en lakering af eksempelvis polyesterlak eller PVF<sub>2</sub>.

Aluminiumsplader er opbygget af en aluminiumslegering med indhold af Mangan, Mn og Magnesium, Mg med en overfladeplattering af eksempelvis aluzink. Aluminiumspladerne overfladebehandles med en pulverlakering eller en belægning af PVF<sub>2</sub>.

Eternit bølgeplader er et cementbaseret og fiberarmeret produkt. Bølgepladerne leveres med ubehandlet, sleben eller farvet overflade.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af alternativer til PVC-coatede profilplader.

	PVC-coated profilplade	Galvanise- ret stålplade	Lakeret stålplade	Alumini- umsplade	Eternit bølgeplade
Materialer	○	●	●	●	●
Energi	○	○	○	⊥	●
Ydre miljø	○	●	●	●	●
Arbejdsmiljø	○	○	○	○	⊥
Konstruktion	○	○	○	○	○
Drift	○	○	○	○	○
Økonomi	○	●	●	○	⊥

Vurderingsprofil for alternativer til PVC-coatede profilplader.

## Miljø

De alternative profiler af galvaniseret stål, lakeret stål, aluminium og eternit, er alle miljømæssigt bedre alternativer end Plastisolbelagte stålprofiler, hovedsageligt som følge af, at disse alternativer hverken indeholder klor eller phthalater. Ved valg af overfladebehandlede stål- eller aluminiumsprofiler bør dog fravælges PVF<sub>2</sub>-behandlede profiler, da fluoren i PVF<sub>2</sub> giver tilsvarende problemer ved forbrænding som klore i PVC (Plastisol).

Stål og aluminium produceres på basis af forskellige typer malm. Stål udvindes af jernmalm, der er en relativt begrænset ressource. Aluminium udvindes fra mineralet bauxit, der praktisk taget er en ubegrænset ressource. Stål og aluminium er velegnet til materialebrug, hvorved energiforbruget ligeledes reduceres kraftigt.

Primærmaterialet i eternit bølgeplader er cement. Cement produceres på baggrund af kalk og mindre mængder gips og kvarts, der alle er rigelige ressourcer.

Aluminiumsplader overfladebeskyttes ofte med en lakbehandling tilsvarende for stålprofiler. Disse overfladebeskyttelser kan eventuelt indeholde miljø- og/eller sundhedsskadelige stoffer, hvilket bør undgås i forbindelse med valg af et lakeret profil.

## Teknik

### Konstruktion

De underliggende konstruktioner er ikke afhængig af valg af tag- og facadeplade.

### Montage

Ved korrekt montage vil alle produkter kunne sikre en god og tæt konstruktion. Alle produkter på nær eternit kan udføres som plade i "hele længder" og dermed reducere antallet af samlinger, hvorved risikoen for fugtindtrængen reduceres.

### Drift

På overfladebehandlede (Plastisol, PVF<sub>2</sub>, lakering) stål og aluminiumsplader samt eternitplader ydes op til 15 års materialegaranti, mens der for galvaniserede stålplader ydes 1 års materialegaranti.

## Økonomi

Omkostningerne til levering og montering af Plastisol-belagte stålplader, galvaniserede stålplader og lakerede aluminiumsplader er stort set ens. Levering og montering af eternit bølgeplader er 30-50% dyrere.

# Afdækningspresenninger

Produktgruppen omfatter presenninger, der anvendes til afdækning af konstruktioner, for at beskytte disse mod vejrpåvirkninger, i forbindelse med opbygning/renovering af bygninger.

## PVC-produkt

PVC-presenninger til afdækning af konstruktioner er udført i blød PVC, som er forstærket med indstøbte polyestertråde, ofte 9 tråde pr. cm.

De oftest anvendte PVC-presenninger til afdækning ved husbygning vejer: 650 g/m<sup>2</sup>.

## Alternativer

Alternativerne omfatter:

- Afdækningspresenninger af PE.

PE-afdækningspresenninger er udført i PE og forstærket med indstøbte polyestertråde, ofte 1 tråd pr. cm.

De hyppigst anvendte PE-presenninger til afdækning ved husbygning vejer: 250 g/m<sup>2</sup>.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af afdækningspresenninger af polyethylen, PE sammenlignet med afdækningspresenninger af blød PVC.

	PVC-presenning	PE-presenning
Materialer	○	●
Energi	○	●
Ydre miljø	○	●
Arbejds miljø	○	○
Konstruktion	○	○
Drift	○	●
Økonomi	○	●

Vurderingsprofil for alternativer til afdækningspresenninger.

## Miljø

PE-presenninger har bedre miljømæssige egenskaber end bløde PVC-presenninger, hovedsageligt som følge af, at PE-presenningerne ikke indeholder phthalater og klor.

Blødgjorte PVC-presenninger indeholder 9 gange flere polyesterfibre end PE-presenninger. Til produktion af polyester anvendes bl.a. styren, der medfører stor risiko for varige og/eller alvorlige skader på nervesystemet. Styren er endvidere reproduktionsskadelig og kræftfremkaldende.

Blødgjorte PVC-presenninger er væsentligt stærkere og tungere end PE-presenninger. PVC-presenninger genbruges derfor hyppigt, mens PE-presenninger normalt benyttes som engangspresenninger, der bortskaffes efter brug. Den relative miljøbelastning for tilsvarende miljøpåvirkninger mellem de to presenningstyper, som eksempelvis miljøpåvirkning fra polyesterproduktion, kan derfor ofte være større for PE-presenninger sammenlignet med PVC-presenninger.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

Blødgjorte PVC-presenninger er stærkere end PE-presenninger. Blødgjorte PVC-presenninger er dog samtidig mere smidige end PE-presenninger, hvilket i flere tilfælde kan betyde, at montage af PVC-presenninger er lettere end tilsvarende PE-presenninger.

### Drift

Blødgjorte PVC-presenninger er mere holdbare og genanvendes derfor som regel mange gange, mens PE-presenninger vanligvis bortskaffes efter brug.

## Økonomi

Anskaffelsesprisen for PVC-presenninger er 4-5 gange højere end prisen for PE-presenninger.

Som følge af PVC-presenningernes langt større holdbarhed vurderes prisen over PVC-presenningens levetid imidlertid samlet set at være lavere end for PE-presenninger.

# Fleksible plader og bændler

Fleksible plader og bændler anvendes til afskærmning og isolering ved porte og døre i industribygninger.

## PVC-produkt

Langt den overvejende del af fleksible plader og bændler i dansk byggeri er af blød PVC.

Fleksible plader og bændler findes i forskellige kvaliteter afhængig af anvendelsesområde (temperatur mv.). Ved meget store dimensioner, hvor egenvægten af den fleksible plade eller bændel bliver høj kan anvendes glasfiber-armerede kvaliteter.

## Alternativ

Det alternative materiale til fleksible plader og bændler er:

- fleksible plader og bændler af PE
- automatiske døre (ej vurderet).

PE fleksible plader og bændler findes til tilsvarende anvendelsesområder som for bløde PVC-produkter. Dog findes ikke armerede kvaliteter eventuelt som følge af PEs lavere densitet, hvilket medfører en lavere egenvægt selv ved store produktdimensioner.

Det er blevet oplyst fra en dansk leverandør af fleksible plader og bændler, at deres producent, et stort tysk firma, netop har indstillet produktionen af disse produkter, hvorfor disse nu skal specialfremstilles.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte vurdering af PE fleksible plader og bændler sammenlignet med fleksible plader og bændler af blød PVC.

	Fleksible plader og bændler af PVC	Fleksible plader og bændler af PE
Materialer	○	●
Energi	○	●
Ydre miljø	○	●
Arbejds miljø	○	●
Konstruktion	○	○
Drift	○	○
Økonomi	○	●

Vurderingsprofil for fleksible plader og bændler af PE.

## Miljø

Fleksible plader og bændler af PE er miljømæssigt et bedre alternativ til fleksible plader og bændler af blød PVC, da PE ikke indeholder klor og phthalater.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

Samling af baner af fleksible plader og bændler af blød PVC foretages som en koldsvejsning ved hjælp af opløsningsmidlet tetrahydrofuran.

Baner af fleksible plader og bændler af PE derimod samles mekanisk ved brug af tape.

### Drift

Der er stor forskel på de to produktkvaliteters brandmæssige egenskaber. PE fleksible plader og bændler er således let antændelige med en lav brandmodstand. Fleksible plader og bændler af blød PVC er derimod ikke let antændelige, men udvikler derimod giftig røg ved brand.

## Økonomi

Fleksible plader og bændler af PE skal i de fleste tilfælde specialfremstilles. Prisforskellen mellem fleksible plader og bændler af PE og blød PVC afhænger derfor meget af udformning og størrelse. Prisen for produkter af PE er dog oftest mere end 50% dyrere end tilsvarende produkter af blød PVC.

# Fugebånd til indstøbning i beton

Fugebånd til indstøbning i beton anvendes i fuger, hvor der er behov for vandtætning.

## PVC-produkt

Fugebånd af blød PVC til indstøbning i beton er velegnet til brug ved både dilatations- og støbeskelsfuger. PVC-fugebåndene findes i forskellige udformninger, som er tilpasset anvendelsen. PVC-fugebånd fremstilles i en nitrilgummi modificeret kvalitet. Disse fugebånd er mere modstandsdygtige overfor aggressive komponenter.

PVC-fugebånd til indstøbning i beton anvendes i bredder, der er lig tykkelsen på betondekke. PVC-fugebånd fastgøres mekanisk eksempelvis med fugebåndsklemmer. Fugebåndene må ikke gennemhulles (sømmes) indenfor den yderste flig, da det vil medføre en forringelse af tætningssegenskaberne.

## Alternativ

Alternativer til PVC-fugebånd til indstøbning i beton er:

- Fugebånd af chloropren gummi/neopren (neopren: registreret produkt navn for chloropren gummi – betegnelse anvendes i det efterfølgende) med bentonit
- Fugebånd af butylgummi med bentonit
- Fugebånd af EPDM-gummi med bentonit
- Plast injektionsslanger med diverse injektionsvæsker (eksempelvis mikrosilika, epoxy og polyuretan).

Fugebåndene af neopren, butyl- og EPDM-gummi er ekstruderede og ekspanderer, som følge af indholdet af bentonit, når de kommer i kontakt med vand. Ekspansionen bevirker, at der opstår et vedvarende tryk på de omkringliggende konstruktionsdele, hvorved tæthed af fugen sikres. Fugebåndene kan fastgøres mekanisk f.eks. med stålsøm eller med en klæber på basis af polyuretan eller butyl. De alternative fugebånd kan tillige klæbes med særlige kontaktlime.

Injektionslanger af plast – eksempelvis vævet polypropylen - er mikroperforede slanger. Mikrohullerne er lukket for store ydre tryk, så vand og cementslam ikke trænger ind. For tætning af fugen injiceres en injektionsvæske i slangen. Under injicering opbygges et indre tryk, som ved et givet tryk får hullerne i slangen til at åbne sig for injektion af væsken i betonen.

Anvendte injektionsvæsker omfatter blandt andet produkter baseret på mikrosilika, epoxy og polyuretan.

## Vurderingsprofil

Efterfølgende figur illustrerer den gennemførte vurdering af PVC fugebånd til indstøbning og de alternative fugeprodukter.



	Blød PVC	Neopren	Butyl	EPDM	Injektions-slanger
Materialer	○	○	●	●	●
Energi	○	◐	◐	◐	◐
Ydre miljø	○	◐	●	●	●
Arbejdsmiljø	○	◐	●	◐	◐
Konstruktion	○	○	○	○	○
Drift	○	○	○	○	○
Økonomi	○	●	○	○	○

Sammenlignende vurderingsprofil af fugebånd til indstøbning af blød PVC og alternative produkter.

### Miljø

Neopren-gummi indeholder op til 40% klor, der giver de samme problemer ved affaldsforbrænding som PVC.

Ved produktion af neopren-gummi anvendes skadelige stoffer, for eksempel butadien, der vurderes som værende sandsynligvis kræftfremkaldende. De særligt kemikaliemodstandsdygtige PVC-fugebånd, indeholder nitrilgummi, som tillige er fremstillet ud fra butadien.

Miljøstyrelsen vurderer ikke Neopren-gummi som værende et mindre miljøbelastende alternativ til blød PVC.

EPDM-gummi indeholder dicyclopentadien, som er miljø- og sundhedsskadelig. Nogle typer EPDM-gummi er endvidere blødgjort med phthalater

Injektionsvæsker, som anvendes i injektionsslanger, omfatter blandt andet produkter baseret på polyuretan (PUR) og epoxy. Ved fremstilling af PUR anvendes de astmafremkaldende isocyanater. PUR kan tillige være blødgjort med phthalater. Epoxy indeholder aminer/amider, som kan forårsage allergi. En række epoxytyper er endvidere mutagene og genotoksiske og udgør således muligvis en kræftrisiko.

Ved brug af injektionsslanger til fugning bør derfor, ud fra et miljømæssigt synspunkt, vælges en mikrosilika-baseret injektionsvæske.

Energiforbruget til fremstilling af de alternative plasttyper er generelt højere end for PVC-plast. Energiindholdet i de alternative plastmaterialer udnyttes formentligt kun i ringe grad ved bortskaffelse, da fugeprodukterne oftest vil blive bortskaffet sammen med betonen som de er indstøbt i.

### Teknik

#### Konstruktion

Ikke relevant.

#### Montage

Fugebånd af blød PVC monteres ved mekanisk fastgørelse med eksempelvis fugebåndsklemmer. Montering er ofte mere besværlig og tidskrævende end

montering af neopren-fugebånd, som er mindre og monteres ved klæbning eller mekanisk fastgørelse, hovedsageligt med søm.

#### Drift

Ikke relevant.

#### Økonomi

Anskaffelsesprisen for fugebånd af neopren er omkring 3-4 gange så høj som anskaffelsesprisen for fugebånd af blød PVC.

Montering af neopren-fugebånd er i nogen tilfælde nemmere og hurtigere gennemførligt end montering af PVC-fugebånd. Den reelle prisforskel mellem installation af et fugebånd af blød PVC og et neopren-fugebånd er derfor ikke nødvendigvis så stor, hvis arbejds løn til fugehåndværker indregnes. Vurderingen må bero på en vurdering af det konkrete projekt.

Prisforskellen mellem levering og montering af henholdsvis et fugebånd af blød PVC og neopren kendes ikke eksakt, men er i nærværende rapport skønnet at være større end 50%.

Det har ikke været muligt at skønne økonomi for de øvrige alternativer, da det er meget afhængig af det konkrete projekt.



# Selvklæbende tætningsbånd

## PVC-produkt

Selvklæbende tætningsbånd af PVC-skum er beregnet til tætning af plade-overlæg for især eternit- og andre tagbølgeplader, aluminium- og ståltag. PVC-tætningsbåndene kan imidlertid anvendes til yderligere en lang række formål, herunder ovenlys, vinduer og døre samt letbeton facadeelementer.

Tætningsbåndene er pålagt et acrylbaseret klæbemiddel.

## Alternativ

Alternativer til selvklæbende tætningsbånd af blød PVC omfatter:

- selvklæbende tætningsbånd af PUR baseret på polyester/polyether-basis
- selvklæbende tætningsbånd af butyl
- selvklæbende tætningsbånd af EPDM

Tætningsbånd af PUR baseret på polyester/polyether-basis er ikke så velegnet til bevægelige elementer, som eksempelvis tætning mellem tagplader.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte sammenlignende vurdering af selvklæbende tætningsbånd af blød PVC med selvklæbende tætningsbånd af PUR, butyl og EPDM.

	Blød PVC	PUR	Butyl	EPDM
Materialer	○	●	●	●
Energi	○	●	●	●
Ydre miljø	○	○	●	●
Arbejds miljø	○	○	●	●
Konstruktion	○	○	○	○
Drift	○	○	○	○
Økonomi	○	●	○	○

Vurderingsprofil for alternative selvklæbende tætningsbånd.

### Miljø

PUR fremstilles på basis af isocyanater og polyoler. Isocyanater omfatter en stor gruppe af stoffer, hvoraf flere kan irritere hud, øjne og åndedrætsorganer og give overfølsomhed.

EPDM-gummi indeholder dicyclopentadien, som er miljø- og sundhedsskadelig. Nogle typer EPDM-gummi er endvidere blødgjort med phthalater.

Energiforbruget til fremstilling af de alternative plasttyper er generelt højere end for PVC-plast. En del af energiindholdet i de alternative plastmaterialer kan dog udnyttes ved affaldsforbrænding ved bortskaffelse.

De alternative plastmaterialer er samlet set miljømæssigt bedre alternativer til blød PVC.

### Teknik

#### Konstruktion

Ikke relevant.

#### Montage

Forventeligt ens.

#### Drift

Er ikke undersøgt nærmere i nærværende projekt.

### Økonomi

De alternative tætningsbånd af PUR er 3-6 gange dyrere end tætningsbåndene af blød PVC.

# Øvrige fugeprodukter

## PVC-produkt

Der forekommer blød PVC i andre fugeprodukter. En spørgeskemaundersøgelse gennemført af FSO hos deres medlemmer i forbindelse med nærværende projekt har ikke kunne kortlægge anvendelse af blød PVC i andre fuge-/tætningsprodukter. Det har ikke været muligt at kortlægge nærmere indenfor rammerne af dette projekt.

Blød PVC i fugebånd til indstøbning i beton og i selvklæbende tætningsbånd (tidligere afsnit) vurderes dog på baggrund af leverandøroplysninger mv. at udgøre de kvantitativt største forbrug af blød PVC indenfor fugebranchen.

## Alternativ

Der findes sandsynligvis PVC-fri alternativer til de fleste øvrige fugeprodukter med indhold af blød PVC. Spørg hos leverandører eller hos Fugebranchens Samarbejds- og Oplysningsråd, FSO.



# Tape

## PVC-produkt

Blød PVC anvendes i en række forskellige tape-produkter, hvor specielt blød PVCs store elasticitet udnyttes.

Blød PVC-tape anvendes hovedsageligt til isolering, korrosionsbeskyttelse og reparation af eksempelvis kabler og andre elektriske installationer (isolerbånd). PVC-tape anvendes endvidere til samling af diffusionsspærre.

## Alternativ

Der findes ikke alternativ tape-produkter til alle anvendelsesområder for blød PVC-tape. Dette gælder for anvendelser, hvor blød PVC-tapes store elasticitet udnyttes – isolering og korrosionsbeskyttelse.

Eneste alternativ er:

- Tape af PE

I forbindelse med samling af diffusionsspærre kan PE-tape nærmest synes som et bedre alternativ end blød PVC-tape. Diffusionsspærre er således næsten altid af PE, hvorved samlinger udført med PE-tape vil medføre at selve diffusionsspærren og samlingsmaterialet opfører sig ens.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte sammenlignende vurdering af PE-tape med blød PVC-tape.

	Blød PVC-tape	PE-tape
Materialer	○	●
Energi	○	●
Ydre miljø	○	●
Arbejds miljø	○	●
Konstruktion	○	○
Drift	○	○
Økonomi	○	●

Vurderingsprofil for PE-tape sammenlignet med blød PVC-tape.



## Miljø

PE-tape er et miljømæssigt bedre alternativ end blød PVC-tape, hvilket skyldes at PE hverken indeholder klor eller phthalater.

Livsforløbet for blød PVC-tape og PE-tape er ens. Begge typer af tape vurderes for den langt overvejende del at blive bortskaffet sammen med de materialer, som de er anvendt sammen med.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

Der er ikke identificeret forskelle i forbindelse med montering af PVC- og PE-tape.

### Drift

Ved anvendelse af PE-tape til samling af diffusionsspærre, som næsten udelukkende fremstilles af PE, opnås at selve diffusionsspærren og samlingsmaterialet reagerer end på eksempelvis kulde/varmepåvirkninger, hvilket umiddelbart vurderes at kunne være en fordel.

## Økonomi

PE-tape er omkring 20% dyrere end blød PVC-tape.

# Tagrender

## PVC-produkt

PVC-belagte ståltagrender består af en galvaniseret (zink/aluzink) stålkerne med en udvendige plastbelægning af blød PVC. Handelsnavnet for PVC-belægningen er Plastisol.

Ståltagrenderne er belagt med Plastisol på begge sider af tagrendeprofilet. Plastisolbelægningen er enten 2 gange 100 µm eller 175 µm indvendig og 100 µm udvendig.

## Alternativ

De alternative tagrender omfatter tagrender af:

- galvaniseret stål
- aluminium
- kobber
- zink
- hård PVC

Ud over ovennævnte tagrender pågår der udvikling af alternative overfladebelægninger uden indhold af blødgjort PVC, til overfladebelægning af galvaniserede stålprofiler. Ståltagrender med disse alternative overfladebelægninger er imidlertid ikke kommet på det danske marked endnu, hvorfor disse ikke er behandlet nærmere.

Tagrender af galvaniseret stål er tilsvarende de Plastisolbelagte tagrender blot uden Plastisolbelægning.

Aluminiumstagrender er formet af en massiv aluminiumsprofil i en aluminiumslegering med indhold af mangan og magnesium. Aluminiumstagrender leveres ofte med en overfladebehandling af lak evt. PVF<sub>2</sub>.

Kobber og zink tagrender er formet af massive profiler af henholdsvis kobber og zink. Tagrender af hård PVC produceres på basis af vinylklorid og indeholder ikke phthalater.

## Vurderingsprofil

Nedenstående figur illustrerer den gennemførte sammenlignende vurdering af alternative tagrender med Plastisolbelagte (blød PVC) ståltagrender.

	Plastisol-belagt stål	Galvaniseret stål	Aluminium	Kobber	Zink	Hård PVC
Materialer	○	●	●	○	●	○
Energi	○	●	●	●	●	●
Ydre miljø	○	●	●	●	●	●
Arbejds miljø	○	○	○	○	○	○
Konstruktion	○	○	○	○	○	○
Drift	○	●	●	●	●	○
Økonomi	○	○	○	●	●	○

Vurderingsprofil for alternativer til Plastisolbelagte (blød PVC) ståltagrender.

## Miljø

De alternative metaltagrender, galvaniseret stål, aluminium, kobber og zink, er alle i henhold til materialvalg miljømæssigt bedre alternativer end Plastisolbelagte ståltagrender. Disse alternativer indeholder således hverken klor eller phthalater. Ved valg af overfladebehandlede tagrender bør dog fravælges PVF<sub>2</sub>-behandlede profiler, da fluoren i PVF<sub>2</sub> giver tilsvarende problemer ved forbrænding som klor i PVC (Plastisol).

Metallerne, der anvendes til de alternative metaltagrender, produceres på basis af forskellige typer malm, hvoraf stål- (jern) og kobbermalm er begrænsede ressourcer, mens aluminiums- og zinkmalm er mere rigelige. Alle metallerne er velegnede for materialelegenbrug.

Ved produktion af metaltagrender baseret helt eller delvist på genbrugsmetal vil energiforbruget for disse reduceres betydeligt (produktion af aluminium baseret på genbrugsmetal kræver således kun 5% af energiforbruget til malm-baseret aluminiumsproduktion).

Især aluminiumstagrender overfladebeskyttes ofte med en lakbehandling, der kan indeholde miljø- og/eller sundhedsskadelige stoffer, hvilket bør undgås i forbindelse med valg af en lakeret tagrende.

Tagrender af hård PVC indeholder mere klor pr. meter tagrende end Plastisol-belagte ståltagrender. Men tagrender af hård PVC kan udsorteres til genbrug og er derfor et miljømæssigt bedre alternativ. Hård PVC indeholder desuden ikke phthalater.

## Teknik

### Konstruktion

Ikke relevant.

### Montage

PVC-belagte ståltagrender, galvaniserede ståltagrender og tagrender af hård PVC kan alle fås i montageklare enheder og er dermed hurtigere at montere end de øvrige tagrender.

### Drift

Garantiperioderne for de forskellige tagrender er vidt forskellige, hvilket indikerer vidt forskellige levetider for tagrenderne. Metaltagrenderne er generelt mere robuste end tagrender af hård PVC.

Den længste garantiperiode opnås for Plastisolbelagte ståltagrender, hvor der ydes 15 års materialegaranti. For tagrender af hård PVC ydes der 10 års garanti på tæthed, mens der for kobber og zink ydes henholdsvis 1 år og 5 års garanti. For galvaniserede ståltagrender ydes 1 års garanti, mens der ikke ydes garanti på ubehandlede aluminiumstagrender. På aluminiumstagrender, der er polyesterlakerede ydes der 10 års garanti på lakken.

## Økonomi

Udgifterne til levering og montering af Plastisolbelagte ståltagrender, galvaniserede ståltagrender, aluminiumstagrender og tagrender af hård PVC er stort set ens.

Garantiperioderne for de fire tagrender svinger fra 1 til 15 år, hvilket dog ikke nødvendigvis er udtryk for forventede forskelle i teknisk levetid.

Zinktagrender er omtrent 20% dyrere end Plastisolbelagte ståtagrender samtidig med, at garantiperioden er kortere. Kobbtagrender er ca. 2,5 gange dyrere og garantiperioden kun 1 år.