

Miljøprojekt Nr. 593 2001

Alternativer til blyinddækning

Jakob Maag, Lars Rosholm Jørgensen, Ninkie Bendtsen og
Lone Alstrup

COWI 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

Forord og læsevejledning	5
Sammenfatning og konklusioner – Inddækning på tage er mulig uden miljøbelastende bly	7
Summary and Conclusions- roof flashings without the environmentally harmful element lead	15
1 ANVENDELSE AF INDDÆKNINGER	23
2 SKRÅ SAMMENSÆRING	25
2.1 SIDERENDE	27
2.2 INDMURING AF TAGSTEN I MUREN	28
2.3 INDDÆKNING MED "BLYERSTATNINGER"	29
2.3.1 <i>Selvkøbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering</i>	29
2.3.2 <i>Plisseret formbar aluminiumsplade</i>	29
2.3.3 <i>Blød zinkplade til inddækningsformål</i>	29
2.3.4 <i>Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning</i>	30
2.3.5 <i>EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant</i>	30
2.4 INDDÆKNING MED ALMINDELIG ZINKPLADE	30
2.5 INDDÆKNING MED FORMSTYKKER	31
3 VANDRET SAMMENSÆRING	33
3.1 INDMURING AF TAGMATERIALET I MUREN	34
3.2 INDDÆKNING MED "BLYERSTATNINGER"	35
3.2.1 <i>Selvkøbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering</i>	35
3.2.2 <i>Plisseret formbar aluminiumsplade</i>	35
3.2.3 <i>Blød zinkplade til inddækningsformål</i>	36
3.2.4 <i>Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning</i>	36
3.2.5 <i>EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant</i>	36
3.3 INDDÆKNING MED ALMINDELIG ZINKPLADE	36
3.4 INDDÆKNING MED FORMSTYKKER	37
3.4.1 <i>Tagbølgeplader</i>	37
3.4.2 <i>Formstykker til betontagsten</i>	38
4 SKORSTENE OG VENTILATIONSGENNEMFØRINGER	39
4.1 KONSTRUKTIVE LØSNINGER TIL MUREDE SKORSTENE	41
4.1.1 <i>Siderende</i>	41
4.1.2 <i>Indmuring af tagmaterialet</i>	41
4.2 INDDÆKNING MED "BLYERSTATNINGER"	42
4.2.1 <i>Selvkøbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering</i>	42
4.2.2 <i>Plisseret formbar aluminiumsplade</i>	43
4.2.3 <i>Blød zinkplade til inddækningsformål</i>	43
4.2.4 <i>Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning</i>	43
4.2.5 <i>EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant</i>	44
4.2.6 <i>Inddækning med formstøbte gummi-inddækninger</i>	44
4.3 INDDÆKNING MED ALMINDELIG ZINKPLADE	44
4.4 PRÆFABRIKEREDE TAGHÆTTER	44
5 KVISTE	47
6 OVENLYSVINDUER OG TAGVINDUER	49
7 ANDRE INDDÆKNINGSTYPER	51

7.1	SKOTRENDER	51
7.2	RYGNING, TAGFOD OG HJØRNE	51
8	ALTERNATIVE MATERIALER	53
8.1	ALMINDELIG ZINKPLADE (TITANZINK)	57
8.1.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	57
8.1.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	57
8.1.3	<i>Miljøvurdering</i>	58
8.2	ALUMINIUMSPLADE	58
8.2.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	58
8.2.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	58
8.2.3	<i>Miljøvurdering</i>	59
8.3	BLØD ZINKPLADE TIL INDDÆKNINGSFORMÅL	60
8.3.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	60
8.3.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	61
8.3.3	<i>Miljøvurdering</i>	61
8.4	EPDM-INDDÆKNINGSBÅND MED ALUMINIUMSKANT	61
8.4.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	62
8.4.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	62
8.4.3	<i>Miljøvurdering</i>	62
8.5	FORMSTABIL POLYMERINDDÆKNING MED METALFORSTÆRKNING	63
8.5.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	63
8.5.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	63
8.5.3	<i>Miljøvurdering</i>	64
8.6	FORMSTØBTE GUMMI-INDDÆKNINGER TIL RUNDE GENNEMFØRINGER	64
8.6.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	64
8.6.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	65
8.6.3	<i>Miljøvurdering</i>	65
8.7	INDDÆKNING MED FORMSTYKKER	66
8.7.1	<i>Materialerne og deres anvendelse</i>	66
8.7.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	66
8.7.3	<i>Miljøvurdering</i>	67
8.8	PLISSERET FORMBAR ALUMINIUMSPLADE	67
8.8.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	67
8.8.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	68
8.8.3	<i>Miljøvurdering</i>	69
8.9	SELVKLÆBENDE BUTYLGUMMI-INDDÆKNING MED ALUMINIUMSARMERING	69
8.9.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	69
8.9.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	70
8.9.3	<i>Miljøvurdering</i>	70
8.10	TAGFOLIER	71
8.10.1	<i>Materialet og dets anvendelse</i>	71
8.10.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	71
8.10.3	<i>Miljøvurdering</i>	72
8.11	TAGPAP	72
8.11.1	<i>Materialerne og deres anvendelse</i>	72
8.11.2	<i>Byggeteknisk vurdering</i>	73
8.11.3	<i>Miljøvurdering</i>	73
8.12	KOBBER	74
9	FORDELING AF BLYFORBRUG	75
9.1	SAMLET BLYFORBRUG TIL INDDÆKNING	75
9.2	BLYFORBRUGETS FORDELING PÅ INDDÆKNINGSTYPER	76
	Referenceliste for rapport	79

Bilag 1 Tekniske produktdatablade for inddækningsmaterialer

Bilag 2 Miljøbeskrivelser af inddækningsmaterialer

Bilag 3 Bekendtgt. om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly (i kopi).

Forord og læsevejledning

Baggrund

Et forbud mod brug af bly til inddækninger på nybyggeri, fx omkring skorstene, kviste og andre former for samlinger på tagflader, er indført med Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 1012 af 13. november om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly. Forbudet for denne anvendelse træder i kraft den 1. december 2002. Forbudet gælder blyinddækninger på nye bygninger. Reparationer og renoveringer af bygninger, der er opført inden 1. december 2002 er ikke omfattet. En kopi af bekendtgørelsen kan ses i bilag 3 til denne rapport.

Bly til inddækning på bygninger er en af de største anvendelser af metallisk bly i Danmark. Denne anvendelse udgjorde i 1994 knap 20% af det samlede forbrug af metallisk bly i Danmark, kun overgået af startbatterier til biler mv. Forbruget har været stort set uændret siden 1985. Inddækning er samtidig en væsentlig kilde til belastning af regnvand, spildevand og jordmiljøet i bebyggede områder. Undersøgelser har vist, at afvasket bly fra bygningsinddækning er den dominerende kilde til bly i spildevand og spildevandsslam (Lassen og Hansen, 1996). Bly er et af de stoffer, der oftest overskrider de gældende grænseværdier for udspredning af slam på landbrugsjord.

Formål

Projektets formål er at identificere brugbare alternativer i de enkelte anvendelsessituationer og formidle denne viden til relevante aktører i den danske byggesektor. Herunder at klarlægge de situationer, hvor de kendte alternativer ikke er tilfredsstillende, og hvor yderligere udvikling er nødvendig.

Undersøgelsen

Undersøgelsen har omfattet en kortlægning og en vurdering af materialer og alternative konstruktioner, der potentielt kan erstatte bly til taginddækninger på bygninger.

De fundne blyfri inddækningsløsninger er beskrevet og vurderet ud fra deres tekniske, æstetiske og miljømæssige egenskaber, og prisoverslag er sammenholdt med traditionelle blyløsninger.

Undersøgelsen er udført for Miljøstyrelsen af COWI Rådgivende Ingeniører AS i perioden efterår 1999 til efterår 2000. Denne rapport er forfattet af Jakob Maag, Lars Rosholm Jørgensen, Ninkie Bendtsen og Lone Alstrup.

Styregruppe

Undersøgelsens resultater er vurderet og kommenteret af en styregruppe med følgende deltagere:

- Henri Heron Miljøstyrelsen
- Jørgen Hansen Dansk VVS - Erhvervsorganisation for energi, miljø og klima
- Hans Søby Blik- og Rørarbejderforbundet
- Jan Holm Møller Byggeriets arbejdsgiverforening - BYG
- Jens Nørgaard Byggemateriale Industrien
- Smedemester Henrik Rønnebro Georg Christensen Nykøbing F A/S, som repræsentant for Dansk Industri
- Mette Herget Det Danske Handelskammer
- Benny Wielandt FagHøjskolen (fra juni 2000)
- Asta Nicolajsen SBI
- Erik Hansen COWI
- Jakob Maag COWI

Læsevejledning

Rapporten er disponeret sådan, at der først er en brugerorienteret del (kapitlerne 1 til 7), der med et kapitel for hver inddækningssituation giver forslag til, hvilke blyfri løsninger, der kan anvendes. Her er løsningernes egenskaber præsenteret kortfattet for hver af de omtalte inddækningssituationer. Dette er gjort for at fremme muligheden for at rapporten kan bruges som opslagsværk. De bemærkes, at denne præsentationsform medfører visse gentagelser for læsere, der gennemlæser hele rapporten.

Sidst i rapporten (kapitel 8) er for hvert inddækningmateriale givet en mere detaljeret gennemgang af dets væsentligste tekniske, æstetiske og miljømæssige kvaliteter. Materialernes prisniveau er sammenlignet med tilsvarende blyløsninger.

I bilagene er præsenteret baggrundsoplysninger for de foretagne vurderinger. Bilag 1 giver en række supplerende tekniske oplysninger om hver produkttype, dvs. også oplysninger, der ikke er fremhævet i selve rapporten.

Bilag 2 giver en summarisk kortlægning af de vurderede inddækningmateriales væsentligste miljøegenskaber over livscyklus (kun konklusionerne er præsenteret i rapportens kapitel 8). Beskrivelserne i bilag 2 er disponeret således, at de giver et godt grundlag for valg og dokumentation af materialernes miljøegenskaber i forbindelse med miljørigtig projektering af konkrete byggeprojekter.

Produktnavne og undersøgelsens dækningsgrad

Det er imod sædvanlig praksis for Miljøstyrelsens publikationer valgt i denne rapport at angive produktnavne på identificerede inddækningmaterialer. Dette er gjort for at lette brugernes muligheder for at efterspørge alternativer til blyinddækning. Den foretagne kortlægning af produkter på markedet vurderes som rimeligt dækkende. Det kan dog ikke helt udelukkes at enkelte eksisterende produkter ikke er fundet. Samtidigt gøres læserne opmærksomme på, at der siden undersøgelsens gennemførelse kan være kommet nye blyfri inddækning produkter på markedet. Det kan således være en god ide at kontakte byggemarkedet, trælasten eller andre relevante leverandører, og orientere sig om eventuelle nyheder.

Sammenfatning og konklusioner – Inddækning på tage er mulig uden miljøbelastende bly

Rapporten beskriver muligheder for at lave inddækninger – tætning af samlinger – på bygningers tage uden anvendelse af bly. Undersøgelsen viser, at der eksisterer egnede alternativer til bly til nyinstallation af almindeligt forekommende inddækningstyper på byggeri. Bly er et giftigt tungmetal, der spredes til miljøet, og en af de væsentlige kilder til blyforureningen er den udbredte anvendelse af metallet til inddækninger på tage. Med indførelsen af en ny bekendtgørelse, er det fra december 2002 forbudt at anvende bly til inddækninger på nybyggeri. Renovering og reparation af eksisterende bygninger er dog ikke omfattet af forbudet. Inddækninger er betegnelsen for tætninger af samlinger mellem for eksempel tag og skorsten, mellem tag og ovenlysvinduer, og tilsvarende steder.

Baggrund og formål

Bly til inddækning på bygninger er en af de største anvendelser af metallisk bly i Danmark. Inddækning er samtidig en væsentlig kilde til belastning af regnvand, spildevand og jordmiljøet i bebyggede områder. Undersøgelser har vist, at afvasket bly fra bygningsinddækning er den dominerende kilde til bly i spildevand og spildevandsslam.

Projektets formål er at identificere brugbare alternativer i de enkelte anvendelsessituationer og formidle denne viden til relevante aktører i den danske byggesektor. Herunder at klarlægge de situationer, hvor de kendte alternativer ikke er tilfredsstillende og hvor yderligere udvikling er nødvendig.

Undersøgelsen

Undersøgelsen har omfattet en kortlægning og en vurdering af materialer og alternative konstruktioner, der potentielt kan erstatte bly til taginddækninger på bygninger.

De blyfri inddækningsløsninger er beskrevet og vurderet ud fra deres tekniske, æstetiske og miljømæssige egenskaber og prisoverslag er sammenholdt med traditionelle blyløsninger.

Undersøgelsen er udført for Miljøstyrelsen af COWI Rådgivende Ingeniører AS i perioden oktober 1999 til oktober 2000. Resultaterne er vurderet og kommenteret af en styregruppe med bl.a. repræsentanter fra en række brancheorganisationer med interesser i området (se forord).

Hovedkonklusioner

Der eksisterer egnede alternativer til bly til nyinstallation af almindeligt forekommende inddækningstyper på byggeri. Der vurderes således ikke at være alvorlige tekniske hindringer for et forbud mod anvendelse af bly til inddækning på nybyggeri.

Der er behov for yderligere erfaringer med en række nye lovende inddækningsmaterialer.

Der forventes at ligge en væsentlig indsats i at informere byggeriets parter om mulighederne for blyfri inddækning, herunder om anvendelsesforbudet. Området vurderes at være stærkt præget af tradition og behov for stor sikkerhed for de store værdier, der er bundet i bygningsværker.

Projektresultater

Teknisk vurdering

Bly anvendes især til inddækninger på profilerede tagmaterialer som for eksempel teglsten og tagbølgeplader, hvor der er behov for tilpasning til tredimensionelle former. Ved inddækninger på plane tagmaterialer som fx tagpap og skifer anvendes typisk ikke bly, men stive plader af zink, aluminium eller rustfast stål.

Det er i dag teknisk muligt at undgå bly til inddækninger i de mest almindeligt forekommende inddækningssituationer. En af de udbredte inddækningstyper på nybyggeri – inddækninger af ovenlysvinduer – foretages allerede i dag stort set uden anvendelse af bly. I stedet er anvendt nogle af de principper, der er beskrevet i denne rapport.

En række inddækningsløsninger vurderes tilstrækkeligt velafprøvede og veldokumenterede til, at de umiddelbart kan erstatte blyinddækninger i en række almindelige inddækningssituationer:

- Inddækning med en ny type blød "inddækningszink", der kan formes efter tagmaterialet næsten som bly, og umiddelbart vurderes at kunne anvendes i de fleste inddækningssituationer, hvor der i dag bruges bly. Produktet fås plant og bølgeformet. Materialet ligger tæt op ad dansk byggetradition og monterings teknik, og vurderes derfor at have gode muligheder for at blive accepteret i byggebranchen. Produktet er markedsført på det danske marked i efteråret 2000. Materialeprisen er aktuelt væsentligt højere end blys.
- Siderender af fx aluminium eller zinkplade placeret under tagmaterialet. Løsningen er beregnet til skrå inddækninger (dvs. i tagets faldretning) langs fx brandkamme og kvistes sider, eller inddækninger ovenfor fx skorsten. Brug af siderender kræver effektivt undertag til hindring af sneindtrængning. Løsningen anvendes allerede i dag, men der er fortsat et stort potentiale for erstatning af bly med denne løsning.
- Formstykker til vandrette inddækninger på tagbølgeplader. Formstykker er præfabrikerede overgangsstykker, der kan dække overgangen mellem tagmateriale og den brydende flade, fx en facade eller en kvistforside. Løsningen anvendes i dag, men kan udbredes yderligere.

Desuden eksisterer der en række lovende inddækningsløsninger, som er på markedet eller er tæt på at blive markedsført, men hvor der endnu ikke vurderes at være tilstrækkelige langtidserfaringer med deres holdbarhed og vedligeholdelsesbehov. Det er løsninger, hvis anvendelse på det nuværende erfaringsgrundlag reelt kræver bygherrens accept af jævnligt tilsyn og eventuelle merudgifter til vedligeholdelse. Følgende løsninger vurderes på denne måde lovende, men ikke fuldt afprøvede:

- Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering. Produktet kan formes efter tagmaterialet i monterings situationen og holder den tildannede form, delvist hjulpet af dets klæbning til tagmaterialet. Der er 6-8 års erfaring med anvendelse af materialet i udlandet. Produktet har været på det danske marked i nogle år.
- Plisseret (bølgeformet) aluminiumsinddækning, der kan formes efter tagmaterialet i monterings situationen. Ideen er god, produktet virker dog umiddelbart i sin nuværende form noget sårbart på grund af lille godstykkelse. Materialet er ifølge producenten grundigt testet. Produktet er forholdsvist nyudviklet og nyt på det danske marked.
- Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning. Materialet er under udvikling. Ud fra prototyper vurderes dets formgivningsegenskaber at minde meget om blys og materialets egenstivhed kan vise sig tilstrækkeligt til fastholdelse af den tilpassede form (som med bly).

Endelig er der eksempler på indækningsprodukter på markedet og traditionelle konstruktive løsninger, hvis anvendelsesmuligheder vurderes som begrænsede.

Rapporten beskriver desuden en række inddækningssituationer, hvor blyfri løsninger er almindelig praksis, men bly alligevel lejlighedsvist anvendes og der derfor er et potentiale for eliminering af bly. Det drejer sig blandt andet om inddækning på tagpap- og tagfolietage samt taghætter til ventilationsgennemføringer.

Det skal bemærkes, at kobbers anvendelsesmuligheder til inddækning ikke er behandlet i denne rapport. Materialet er muligvis teknisk egnet, men det er dyrt, de globale kobberreserver er begrænsede (trængt af andre anvendelser), og kobber er et tungmetal med uønskede effekter i miljøet (det spredes bl.a. via spildevandsslam ligesom bly).

Miljøvurdering

De identificerede inddækningsmaterialers miljøegenskaber over livscyklus er vurderet og beskrevet kortfattet. Formålet hermed har været at afdække eventuelle særligt alvorlige miljø- eller ressourceforhold ved løsningerne, og samtidigt give brugerne en indgang til at inddrage miljø og ressourcer i deres valg af inddækningsløsninger til et konkret byggeprojekt (fx i forbindelse med miljørigtig projektering). Det skal understreges, at der alene er tale om en hurtig miljøscreening, idet der ikke har været mulighed for at lave en detaljeret livscyklusvurdering af produkterne i dette projekt. Beskrivelserne er disponeret så konklusionerne af miljøvurderingerne er angivet i rapportteksten, mens en bredere miljøbeskrivelse er givet i bilag.

Her skal fremhæves følgende centrale forhold ved valget af alternativer til blyinddækninger.

Inddækning med zink

Zinks giftighed kombineret med den relativt store spredning til miljøet er ugunstig i forhold til dets egnethed som erstatning for bly til inddækningsformål. Zinks overflade korroderes ligesom blys langsomt ved klimapåvirkninger, hvorved der frigives opløste zinksalte med moderat giftighed. Derfor er der sat grænser for indholdet af zink i blandt andet spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord. Zink er dog ikke så giftigt som bly, og zinktilførslen til spildevandsslam i Danmark er fortsat generelt længere under grænseværdien end det er tilfældet for bly.

Erstatning af bly med zink til inddækningsformål vil øge denne belastningen, men vil dog kun bidrage med en begrænset del af spredningen af zink til miljøet, idet der er store bidrag fra den udbredte anvendelse af zink til galvanisering af stål. Blybelastningen af spildevandsslam har været en af de udslagsgivende faktorer for overvejelserne om erstatning af bly til inddækninger.

Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont. Zinkplade er egnet til genanvendelse.

Inddækning med aluminium

Aluminium har ikke i sig selv samme ugunstige påvirkninger som zink i form af frigivelse fra inddækninger og efterfølgende spredning til miljøet. Aluminiums miljømæssigt svage punkt er de store energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstilling af ny, såkaldt primært aluminium. Aluminium er dog velegnet til genanvendelse og ved fremme af genanvendelsesmulighederne kan de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger afskrives over flere brugsgennemløb.

Konkret kan genanvendelse af aluminium fremmes i forbindelse med dets anvendelse til inddækninger, ved at foretrække aluminiumskvaliteter med indhold af genbrugsaluminium (aluminiumsskrot) og sørge for, at aluminiumsinddækningerne er nemme at afmontere og frasortere efter endt brug.

Aluminium er en ikke-fornyelig ressource med forholdsvis lang forsyningshorisont. Aluminiumsplade over en vis tykkelse er egnet til genanvendelse.

Inddækning med plast- og gummimaterialer

De vurderede polymerbaserede inddækningsprodukter er kompositter med indslag af aluminium/unavngivet metal, der giver den nødvendige balance mellem formbarhed og formstabilitet. De anvendte polymerer er henholdsvis butylgummi, EPDM-gummi og en unavngiven plastisk polymer, der alle hovedsageligt er fremstillet ud fra mineralske olieprodukter og naturgas. Mineralsk olie er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont. Alle produkterne bør dog bortskaffes til affaldsforbrænding efter endt brug, hvorved noget af polymerernes energiindhold kan genvindes og erstatte andre energibrændsler.

Butylgummi og EPDM-gummi må betragtes som værende blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer. Der foreligger dog ikke fuldstændige oplysninger om anvendte hjælpe- og tilsætningsstoffer (additiver) for de specifikke produkter. Karakteren af sådanne stoffer kan have væsentlig indflydelse på miljøvurdering af plast- og gummimaterialer.

Fælles for produkterne er, at genanvendelse af den indgående (begrænsede) aluminiums-/metalmængde er vanskelig, hvorfor de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger ved metalfremstillingen vurderes i praksis at ville gå tabt efter endt anvendelse af inddækningen.

Æstetisk vurdering og arkitekturhensyn

De blyfri inddækningsløsninger i denne rapport er beskrevet ud fra deres udseende og dets ligheder med, eller afvigelser fra, inddækningsløsninger med bly (eller med andre sædvanlige tagmaterialer). Dette er gjort for at give læseren et udgangspunkt ved valg af inddækningsmaterialer.

Det skal understreges, at der ikke er taget stilling til om løsningerne er egnede i tilfælde, hvor der er specielle arkitektoniske eller fredningsmæssige hensyn at tage. Det være sig renoveringer af ældre bevaringsværdige eller fredede bygninger, kirker med videre.

Inddækning med zink ligger (efter patinering) i farve, overflade og form (blødt zink) ret tæt på tilsvarende blyinddækning. Samtidigt er zink accepteret som et traditionelt materiale på tage (bl.a. kviste og blikkenslagerdetaljer).

Inddækning med underliggende siderender giver et andet udtryk end blyinddækning, men er en almindeligt accepteret løsning i forbindelse med kviste og ovenlysvinduer, samt ved skrå inddækninger mod gavl i nyere etagebyggeri.

De øvrige vurderede inddækningsmaterialer adskiller sig visuelt i større eller mindre grad fra bly. Der er dog mulighed for at vælge farver, der minder om bly, om tagmaterialet der skal inddækkes mod, eller om andre traditionelle tagmaterialer.

Brandkrav

Tagmaterialer skal jævnfør bygningreglementet opfylde særlige brandkrav (klasse T krav). Med undtagelse af tagfolier og tagpap har de undersøgte inddækningsmaterialer med indhold af plast eller gummi ikke dansk godkendelse som klasse T materiale. Kravene til klasse T handler primært om, at materialerne skal kunne modstå flyvebrand i et givet tidsrum. Ved inddækninger i små, adskilte arealer, er dette muligvis ikke kritisk, fordi de måske ikke vil bidrage til spredning af brand, og måske ikke vil udgøre nogen væsentlig risiko for gennembrænding. Ved længere sammenhængende inddækninger, fx ved vandret eller skrå sammenskæringer mod gavl eller facade, kunne brændbare inddækningsmaterialer potentielt udgøre en risiko for spredning af brand. Der er dog ingen oplysninger, der redegør for, om inddækninger med materialerne reelt kan udgøre en brandrisiko eller ej.

Oversigt over blyfri inddækninger

I tabel 1 er givet en oversigt over de vurderede indækningsløsninger. Der er i tabellen fokuseret på anvendelse til tage med profilerede tagmaterialer, idet det hovedsageligt er her blyinddækninger anvendes i dag.

Ovenlysvinduer

Supplerende til tabel 1 skal det nævnes, at nye ovenlysvinduer i dag monteres med blyfri inddækninger som standard. Ved ønske om blyfri reovering af inddækninger på ældre ovenlysvinduer kan nye blyfri standardinddækninger også være at foretrække, såfremt målene passer. Der er ligeledes mulighed for at anvende nogle af de formbare inddækningsmaterialer, der er nævnt i tabellen.

Tabel 1

Oversigt over blyfri inddækningsløsningers egnethed til forskellige inddækningsituationer på profilerede tage 1).

Inddækningsprodukt eller -løsning	Type	Skrå inddækninger (gavl, brandkam, sider af ovenlysvinduer, kvistsider mv.)	Vandrette inddækninger (facade, kvistforsider, forside af ovenlysvinduer mv.)	Murede skortene og andre firkantede rørgennemføringer	Stålskorstene og andre runde gennemføringer
Alternative materialer					
Inddækningszink	Blød zinkplade	++	++	++	++
Formstykker	Stive overgangsstykker, plast eller fibercement 2)		++		
Flex-alu	Plisseret alufolie med klæber	+	+	+	+
Wakaflex	Gummi-komposit med klæber	+	+	+	+
Polymer med metalforstærkning	Kunststof-komposit under udvikling	+	+	+	+
Titanzink	Alm. zinkplade 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Aluminiumsplade	Alm. aluminiumsplade (stiv) 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Stripflash	EPDM-bånd med alu-kanter 4)	(+)	(+)	(+)	(+)
Masterflash (m.fl.)	Formstøbte EPDM-kraver 4)				(+)
Tagfolier	Velkendt 5)	++			
Tagpap	Velkendt 5)	++			
Alternative konstruktioner					
Siderende	Rende under tagflade af forsk. materialer 6)	++		++	
Indmuring	Tagmateriale indmures i fx muret skorsten 4)	(+)	(+)	(+)	

Signaturforklaring:

- ++ Materialet/løsningen vurderes som teknisk velegnet.
- + Materialet/løsningen har lovende tekniske egenskaber, men der mangler endnu langtidserfaringer med det.
- (+) Materialet/løsningen kan principielt anvendes, men det vurderes at have tekniske eller prismæssige svagheder. Se noter for den enkelte løsning – markeret med ”x”.

Noter til tabel 1:

- 1) Supplerende til tabel 1 skal det nævnes, at nye ovenlysvinduer i dag monteres med blyfri inddækninger som standard. Ved ønske om blyfri renovering af inddækninger på ældre ovenlysvinduer kan nye blyfri standardinddækninger også være at foretrække, såfremt målene passer. Der er ligeledes mulighed for at anvende nogle af de formbare inddækningsmaterialer, der er nævnt i tabellen.
- 2) Eksisterer i dag kun til vandrette inddækninger til tagbølgeplader. Potentiale for fremstilling til andre tagmaterialer og skrå inddækninger.
- 3) Signaturen ++ ved skrå inddækning gælder kun materialets velegnethed til siderender. For øvrige inddækningstyper er materialet også anvendeligt, men individuel formgivning vurderes som meget dyr. Potentiale for anvendelse til formstykker.
- 4) Fastgøring/tætning vurderes som uhensigtsmæssig (se rapport).
- 5) Materialet kan til profilerede tagmaterialer kun anvendes til siderender. Det er desuden velegnet til de fleste inddækningstyper på tage belagt med samme materiale. Dvs. tagpap- og tagfoliebelagte tage (henholdsvis) – plane tagtyper som der ikke er fokuseret på i denne tabel (se rapport).
- 6) Siderende kan kun bruges ved skrå inddækninger (herunder skorstens-sider). Siderender kan kun anbefales på tage med velfungerende undertag, der forhindrer indfygning af sne.

Udviklingsbehov

Der er behov for erfaringer med montering af det blødere zinkmateriale "inddækningszink", især med henblik på eventuel justering – eller ny udarbejdelse – af fagtekniske monteringsvejledninger.

Der er behov for at fremme opnåelse af langtidserfaringer med de mest lovende kunststof-inddækninger og fleksible aluminium-inddækninger.

Der synes ikke tidligere at være fokuseret på kunststofinddæknings brandegenskaber, muligvis fordi der normalt er tale om små arealer. Der kan være behov for en nærmere afklaring af dette forhold.

Ideen med en bølgeformet, formbar aluminiumsinddækning vurderes som god – også ud fra en miljømæssig betragtning - men der kan være behov for udvikling af mere solide, gedigne løsninger af samme karakter. Sådanne løsninger bør optimeres til genanvendelse af aluminiumen ved at sikre muligheden for en nem og hurtig adskillelse af aluminiumen fra andre indgående materialer ved bortskaffelse.

Der kan principielt fremstilles præfabrikerede formstykker til andre inddækningssituationer og tagmaterialer end de eksisterende. Ved eventuel udviklingen heraf bør kompleksiteten ved anvendelse af formstykker overvejes og valg af materialer bør optimeres ud fra miljøhensyn såvel som de tekniske krav.

Der er et behov for erstatning af bly med andre formbare inddækningsmaterialer i den eksisterende produktionen af præfabrikerede inddækninger til skorstenene og ventilationsgennemføringer.

Blyforbruget til inddækninger

I undersøgelsen har indgået en vurdering af fordelingen af blyforbruget til inddækninger på de forskellige inddækningssituationer. Der er ligeledes foretaget en opdatering af estimatet for det samlede blyforbrug til inddækningsformål i Danmark.

Der er dels indsamlet specifikke oplysninger om produktionen af industrielt præfabrikerede inddækninger til fx skorsten, taghætter og ovenlysvinduer, dels er fordelingen af forbruget af blyplade til specialtildannede inddækninger estimeret ud fra interviews med en række blikkenslagerfirmaer.

Resultaterne er resumeret i tabel 2. De nærmere forudsætninger for vurderingerne er givet i rapportens kapitel 9.

Tabel 2

Estimeret fordeling af blyforbruget¹⁾ mellem inddækningstyper (tons/år; Danmark, ca. 1998-2000).

	Estimeret forbrug i tons bly/år 4)
Specialtildannede blyinddækninger til nybyg og reparation/renovering	
Mod brandkamme, samt andre inddækninger mellem tag og væg/mur	700 - 1.100
På kviste	500 - 900
På skorstene	400 - 800
På ovenlysvinduer	100 - 300
Taghætter og andre ventilations- og installationsinddækninger	200 - 400
Andre specialtildannede inddækninger af blyplade	100 - 200
Sum, specialtildannede blyinddækninger 2)	2.300 - 3.200
Præfabrikerede inddækninger med bly, industrielt fremstillet i Danmark 3)	
Præfabrikerede inddækninger til skorstene	200 - 300
Præfabrikerede inddækninger til ventilations- og taghætter	60 - 80
Præfabrikerede inddækninger på kviste	5 - 10
Sum, industrielt præfabrikerede blyinddækninger (afrundet pga. datausikkerhed)	300 - 400
Blyforbrug til inddækninger, i alt	2.700 - 3.500

Noter til tabel 2:

- 1) Tallene indeholder ikke decideret blytækning af tage (fx anvendt på kirker).
- 2) Beregnet her som det estimerede totalforbrug minus delforbruget til præfabrikerede inddækninger (minimumsværdi = $total_{\min} - delsum_{\max}$; maksimumsværdi = $total_{\max} - delsum_{\min}$).
- 3) Tallene for de præfabrikerede inddækningstyper er baseret på specifikke mængdeoplysninger fra leverandører kombineret med skøn over den opnåede dækningsgrad.

- 4) Totalforbruget til specialtildannede inddækninger er beregnet som differencen mellem det totale danske forbrug (se ovenfor) og forbrugene til præfabrikerede inddækninger. Fordelingen indbyrdes mellem specialtildannede inddækningstyper er baseret på resultaterne af en række interviews med blikkenslagerfirmaer (resultatet er afrundet pga. datausikkerhed). Fremgangsmåden er forklaret i rapportens kapitel 9.

Summary and conclusions- roof flashings without the environmentally harmful element lead

This report describes the possibilities of making flashings - weatherproofing of joints on roofs - without using lead. The investigation revealed that suitable alternatives exist for common flashing purposes. Lead is a toxic heavy metal, and the extensive use of the metal for flashings is one of the major sources of lead pollution in Denmark. A new regulation on the import and sales of lead, states a ban of the use of lead for roof flashings on new buildings as from December 2002. Renovations and repairs on existing buildings are not affected by the ban. Flashings are used between roof and chimney, roof and fire crests etc.

Background and objectives

Lead for flashings on buildings is one of the most important uses of metallic lead in Denmark. At the same time these flashings are a significant source of lead in rainwater, sewage and soil in domestic areas. Investigations have shown that lead washed down from flashings is the predominant source of lead in sewage water and sludge in Denmark.

The purpose of the project is to identify applicable alternatives for individual flashing purposes, and to communicate this know-how to relevant actors in the Danish building sector. This includes identification of the situations in which the known alternatives are not satisfactory, and further improvements are necessary.

The investigation

The investigation included a survey and an evaluation of materials and alternative structures that could substitute lead for flashings on buildings.

The lead-free flashings are described and assessed on the basis of their technical, aesthetic and environmental qualities, and price estimates are compared to traditional lead solutions.

The investigation was carried out for the Danish Environmental Protection Agency by COWI, Consulting Engineers and Planners AS in the period October 1999 to October 2000. The results have been assessed and commented on by a steering committee including, among others, representatives from various trade organisations with an interest in this field (see preamble).

Main conclusions

Suitable alternatives to lead for new installation of common types of flashings are available. Thus it seems there are no substantial technical obstacles to the ban of the application of lead for this purpose.

There is, however, a need for more experience with a number of new promising flashing materials.

It is anticipated that extensive efforts are needed for informing the building sector about the lead-free flashing solutions and the new ban. The area seems to show strong traces of tradition and need for extensive security of the high value of buildings.

Project results

Technical assessment

Lead is especially used for flashing on profiled roof materials, tiles and corrugated fibre cement roof plating, where there is a need for adaptation to three-dimensional forms. On plane roofing materials, e.g. bituminous felt and slate, plain, stiff sheets of zinc, aluminium or stainless steel are typically preferred to lead.

Today, it is technically possible to avoid lead for flashings in the most common situations. One of the widespread flashing types on new buildings - flashings around modern roof windows - is already today carried out without the use of lead. Instead, some of the principles described in this report are applied.

A series of flashing solutions are considered sufficiently tested and well-documented for an immediate substitution of lead flashing in various common flashing situations:

- Flashing with a new type of softer zinc sheets ("softzink") that can be shaped to the roofing material almost like lead and which is deemed applicable in most flashing situations in which lead is used today. The product is available as plane and corrugated sheets. The material suits the Danish building tradition and mounting techniques, and is thus expected to have good possibilities of becoming accepted in the building sector. The product was introduced to the Danish market in the autumn of 2000. The price of the material is currently considerably higher than that of lead.
- Side gutters of e.g. aluminium or zinc sheet placed under the roofing material. The solution is for inclined flashing (i.e. in the slope direction of the roof), along e.g. fire crests and attic sides, or flashings above e.g. chimneys. Use of side gutters requires an efficient underroof to avoid snow penetration. This solution is already in use today, but there is still a vast potential for substituting this solution for lead.
- Form fittings for horizontal flashing on corrugated sheets. Fittings are prefabricated adapter plates for covering the joint of the roofing material and the breaking surface, e.g. a façade or the front of an attic. This solution is already used today, but can be further widespread.

Additionally there are various flashing materials on the market - or under development, for which long-term experience with their durability and maintenance requirements are still to be obtained. At the current stage, the application of these materials requires the building owner's acceptance of more frequent inspections and possible additional expenses for maintenance. The following solutions are, as such, deemed promising, but not fully tested:

- Self-adhesive butyl rubber flashing with aluminium reinforcement. The product can be formed to the roofing material in the mounting situation and keeps the form, partly by means of its adhesion to the roofing material. Abroad there is 6-8 years' experience with this material. The product has been present on the Danish market for some years.
- Pleated (corrugated) aluminium flashing which can be formed to the roofing material in the mounting situation. The idea is good, yet the product seems – in its present form – somewhat vulnerable because of its low thickness. According to the manufacturer the material has been tested thoroughly. The product was developed recently and is new on the Danish market.
- Dimensionally stable polymer flashing with metal reinforcement. The material is under development. Deemed from prototypes, its adaptation flexibility appears to be very similar to that of lead, and the rigidity of the material might prove sufficient for maintaining the adapted form (as with lead).

Finally there are examples of flashing products on the market and traditional constructive solutions for which the application possibilities are considered limited.

Further this report describes a series of flashing situations, in which lead-free solutions are common practice, but in which lead is, however, used occasionally. Consequently there is a potential for elimination of lead, e.g. flashing on felt and membrane roofs, and cowls for ventilation outlets.

Please note that the use of copper for flashing has not been assessed in this report. The material might be technically suitable, but it is expensive, the global copper reserves are limited (attractive for other applications), and copper is a heavy metal with undesired impacts on the environment (for instance, it is spread via effluent sludge like lead).

Environmental impact assessment

The environmental qualities of the identified flashing materials during their life cycles were assessed and described briefly. The purpose was to reveal particularly serious environmental impacts or resource depletion in connection with the solutions, if any, and at the same time encourage the users to include environment and resources in their choice of flashing solutions for specific building projects. Please note that the environmental assessment should be considered a quick screening, as a detailed life cycle assessment of the products in this project has not been possible. The descriptions are arranged in such a way that the conclusions of the environmental assessments are stated in the report text, whereas a more detailed environmental description is given in attachments.

Some of the most important aspects in connection with the choice of alternatives for lead flashings are listed below.

Zinc flashings

The toxicity of zinc combined with the relatively wide spreading to the environment is an unfavourable aspect, when considering the replacement of lead for flashing purposes. The surface of zinc is slowly corroded with climate impact like that of lead. Under the corrosion process dissolved zinc salts of moderate toxicity are released. Therefore the content of zinc in effluent sludge for enrichment of agricultural soil is regulated in Denmark (threshold limits). Zinc is, however, not so toxic as lead, and furthermore the zinc content of effluent sludge in Denmark is generally still farther below the threshold than is the case with lead.

A substitution of zinc for lead for flashing purposes would increase this environmental impact, but would, however, only contribute with a limited part of the spreading of zinc to the environment, as there are large contributions from the widespread use of zinc for galvanising of steel. The lead impact on effluent sludge has been one of the decisive factors in the ban of lead for roof flashings.

Zinc is a nonrenewable resource with a relatively short supply horizon. Zinc sheet is recyclable.

Aluminium flashing

Aluminium in itself does not have the same unfavourable impacts as zinc in the form of release of the metal from flashings and subsequent spreading to the environment. The environmentally weak point of aluminium is the considerable energy consumption and environmental impact in connection with manufacturing of new, so-called primary aluminium. Aluminium is however recyclable, and by enhancing the possibilities of recycling, the invested energy consumption and environmental impact can be written off during a number of application periods.

Specifically, recycling of aluminium flashings can be enhanced by preferring aluminium qualities with contents of recycled aluminium (aluminium scrap) and ensure that aluminium flashings are easy to dismount for separate recycling.

Aluminium is a nonrenewable resource with a relatively long supply horizon. Aluminium sheet exceeding a certain thickness is recyclable.

Flashing of plastic and rubber materials

The assessed polymer-based flashing products are all composite materials with a certain amount of aluminium or unspecified metal respectively providing the necessary balance between mouldability and dimensional stability. The applied polymers are butyl rubber and unnamed plastic polymer respectively, both mainly produced on the basis of mineral oil products and natural gas. Mineral oil is a nonrenewable resource with a relatively short supply horizon. All the products should however be removed for incineration after use. In this way some of the energy contents of the polymers can be reclaimed and replace other energy fuels.

Butyl rubber and EPDM-rubber are considered as being among the synthetic materials having a relatively small environmental impact, because they consist mainly of relatively harmless materials. Information of applied additives for the specific products is, however, not complete. The character of such substances might have an essential influence on the environmental assessment of plastic and rubber materials.

A common aspect of the products is that recycling of the (limited) contained quantity of aluminium/metal is difficult. Therefore the invested energy consumption and environmental impact of the aluminium/metal production are most likely lost after use of the flashing material.

Aesthetic assessment and architectural considerations

The lead-free flashing solutions in this report are described on the basis of their appearance and similarities with - or deviations from - flashings with lead (or with other ordinary roofing materials). The aim was to provide the reader with a background for his/her choice of flashing materials.

It should be noted that it has not been considered whether the solutions are suitable in cases in which there are specific architectural or conservation considerations to observe - e.g. renovation of old listed buildings, churches etc., worth preserving.

The colour, surface and form (soft zinc) of zinc flashings are (after oxidation) close to the corresponding lead flashings. Additionally, zinc is accepted as a traditional material on roofs (i.e. attics and other traditional zinc details).

Flashings with subjacent side gutters give another expression than lead flashing, but is a commonly accepted solution in connection with attics and roof windows, and at inclined flashings against gable ends in new multi-storey buildings.

The other assessed flashing materials deviate visually to a varying extent from lead. It is however possible to choose colours that look like lead, like the roofing material to cover against, or like other traditional roofing materials.

Fire requirements

According to the building regulations, roofing materials are to be in conformity with special fire requirements (class T requirements). Except roof membranes and bituminous felt, the studied flashing materials containing plastic or rubber have no Danish approval as class T materials. The main requirement for class T materials is their resistance to flying flames for a certain period of time. At flashings in small, separated areas, this however might not be critical, because they might not contribute to spreading of the fire; also there might not be a considerable risk of burning through the flashing.

At long, continuous flashings, e.g. at horizontal or inclined joints against gable end or façade, flammable flashing materials might pose a risk of spreading the fire. No information of whether flashings with the materials in question might actually be a risk of fire is however available.

Overview of lead-free flashings

In table 1 an overview of the assessed flashing solutions is given. The table focuses on applications for roofs with profiled roofing materials, as these are the main applications for lead flashings today.

Roof windows

As a supplement to table 1, it should be noted that new roof windows are today mounted with lead-free flashings as standard. For lead-free renovation of flashings on old roof windows new lead-free standard flashings might be preferable, if the measurements are correct. There is also the possibility of using some of the mouldable flashing materials mentioned in the table.

Table 1

Overview of the suitability of lead-free flashing solutions for various flashing situations on profiled roofs 1).

Flashing product or flashing solution	Type	Inclined flashings (gable, fire crest, side of roof windows, attic side etc.)	Horizontal flashings (façade, attic front, roof window front etc.)	Brick chimneys and other square pipe penetrations	Steel chimneys and other round penetrations
Alternative materials					
Softzinc	Soft zinc sheet	++	++	++	++
Form fittings	Stiff fittings, plastic or fibrous cement 2)		++		
Flex-alu	Adhesive pleated alu foil	+	+	+	+
Wakaflex	Adhesive rubber-composite	+	+	+	+
Polymer with metal-reinforcement	Plastic-composite under development	+	+	+	+
Titanium zinc	Ordinary zinc sheet 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Aluminium sheet	Ordinary aluminium sheet (stiff) 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Stripflash	EPDM-strip with alu edges 4)	(+)	(+)	(+)	(+)
Masterflash (and others)	Moulded EPDM-flanges 4)				(+)
Roof membranes	Wellknown 5)	++			
Bituminous felt	Wellknown 5)	++			
Alternative structures					
Side gutter	Gutter under roof surface of various materials 6)	++		++	
Embedding	Roofing material to be embedded in e.g. brick chimney 4)	(+)	(+)	(+)	

List of signs:

- ++ The material/solution is considered technically suitable.
- + The material/solution has promising technical qualities, but no long-term experience is available yet.
- (+) The material/solution is applicable in principle, but is considered having technical or price weaknesses. See notes for the individual solutions - marked with an "x)". The evaluations are described in more detail in the report.

Notes for table 1:

- 1) As a supplement to table 1, it should be noted that new roof windows are today mounted with lead-free flashings as standard. For lead-free renovation of flashings on old roof windows new lead-free standard flashings might be preferable, if the measurements are correct. There is also the possibility of using some of the mouldable flashing materials mentioned in the table.
- 2) Today only available for horizontal flashings for corrugated sheets. Potential for manufacturing of other roofing materials and inclined flashings.
- 3) The signature ++ at inclined flashings applies only to the suitability of the material for side gutters. The material is also applicable for other flashing types, but individual design is considered very expensive. Potential for application for form fittings.
- 4) Fixing/tightening is considered unsuitable. The evaluations are described in more detail in the report.
- 5) For profiled roofing materials this material can only be used for side gutters. It is suitable for most flashing types on roofs of the same material. I.e. bituminous felt and membrane roofing respectively - plane roof types on which this table does not focus (see report)
- 6) Side gutter can only be used at inclined flashings (including chimney sides) Side gutters are only recommendable on roofs with an efficient underroof, preventing snow penetration.

Need for development

There is a need for experience with mounting of the soft zinc material "softzinc", especially with a view to a possible adjustment of technical mounting instructions.

There is a need to encourage achievement of long-term experience with the most promising synthetic flashing materials and flexible aluminium flashings.

It seems there has previously been no focus on the fire-resistance qualities of synthetic flashing materials. The reason might be that these flashings cover only small areas. A clarification of this might be necessary.

The idea with a corrugated, mouldable aluminium flashing is considered good - also from an environmental point of view - but there might be a need for development of more robust and solid solutions of the same character. Such solutions should be optimised for recycling of the aluminium by securing the possibility of an easy and quick separation of the aluminium from the other materials at disposal.

In principle, prefabricated form fittings for other flashing situations and roofing materials than the existing can be manufactured. In connection with a possible development of such form fittings the complexity at the use of fittings should be contemplated, and choice of materials should be optimised with a view to environmental consideration as well as technical requirements.

There is a need for replacement of lead by other mouldable flashing materials in the existing production of prefabricated flashings for chimneys and ventilation penetrations.

The lead consumption for flashings

The investigation included an assessment of the distribution of the lead consumption for flashings in the various flashing situations. Additionally an update of the estimate of the total lead consumption for flashing purposes in Denmark was prepared.

Specific information of the production of industrially prefabricated flashings for e.g. chimneys, cowls and roof windows has been collected, and the distribution of the consumption of lead sheet for specially made flashings was estimated on the basis of interviews with a number of plumber companies.

The results are summarised in table 2. The detailed basis for the estimates is given in chapter 9 of the report.

Table 2

Estimated distribution of the lead consumption¹⁾ among flashing types (metric tonnes/year; Denmark, around 1998-2000).

	Estimated consumption in metric tonnes lead/year ⁴⁾
Specially made lead flashings for new buildings and repair/renovation	
Against fire crest and other flashings between roof and wall	700 - 1.100
On attics	500 - 900
On chimneys	400 - 800
On roof windows	100 - 300
Cowls and flashings on other ventilation and installation pipes	200 - 400
Other specially made flashings of lead sheet	100 - 200
Total, specially made lead flashings 2)	2.300 - 3.200
Prefabricated flashings with lead, industrially manufactured in Denmark 3)	
Prefabricated flashings for chimneys	200 - 300
Prefabricated flashings for cowls	60 - 80
Prefabricated flashings on attics	5 - 10
Total, industrially prefabricated lead flashings (rounded because of data uncertainty)	300 - 400
Lead consumption for flashings, in total	2.700 - 3.500

Notes for table 2:

- 1) The figures do not include complete lead roofing (e.g. of churches).
- 2) Assessed here as the estimated total consumption minus the partial consumption for prefabricated flashings (minimum value = $\text{total}_{\text{min}} - \text{partial sum}_{\text{max}}$; maximum value = $\text{total}_{\text{max}} - \text{partial sum}_{\text{min}}$).
- 3) The figures of the prefabricated flashing types are based on specific quantity information from suppliers combined with an estimate of the achieved contribution ratio.

- 4) The consumption figures for specially made flashings are estimated as the difference between the total Danish consumption (see above) and the consumption for prefabricated flashings, distributed between flashing types on the basis of the results of interviews with plumbers.

1 Anvendelse af inddækninger



Figur 1.
Eksempel på inddækning med bly ved skorsten, ventilationshætte, ovenlysvindue, kvist og tilstødende gavl.

Ved samlinger mellem en tagflade og gennemføringer, som fx skorstene og ovenlysvinduer, inddækkes samlingen for at hindre indtrængning af vand. Inddækninger, hvor der kan forekomme brug af bly anvendes følgende steder:

- Skrå sammenskæring mellem mur og tag (parallelt med faldretning, langs brandkamme, tag mod gavl m.m.)
- Vandret sammenskæring mellem mur og tag (rygning mod fx. gavl m.m.)
- Skorstene samt ventilations-, og installationsgennemføringer
- Kviste
- Ovenlys- og tagvinduer
- Skotrender, rygninger, tagfod og hjørner

I figur 1 er vist eksempler på forskellige inddækningssituationer.

Blyinddækninger anvendes i dag primært ved profilerede tagmaterialer som teglsten, betontagsten, tagbølgeplader og stålpladetage. Bly er stadig det mest anvendte materiale til inddækningssituationer, som kræver stor tilpasning. Til flade tagflader som skifer, tagpap mm., hvor bly teknisk set er unødvendigt i det fleste tilfælde, anvendes der i dag kun bly i beskedent omfang. Bly har en række positive egenskaber i byggeteknisk henseende. Det er egenskaber som holdbarhed, formbarhed, formstabilitet, tyngde (vægten er med til at holde det på plads), samt at det kan loddes ved fastgørelse eller kompliceret formgivning (lodning kan gøres i monteringsituationen på taget).

Individuel tilpasning eller præfabrikerede inddækninger

Blyplade kan købes i ruller og tilpasses og fastgøres af håndværkere til den aktuelle situation på taget eller i værkstedet. Visse typer inddækninger kan også købes som færdige (præfabrikerede) inddækninger, der monteres fx. på skorstene i standardmål eller ovenlysvinduer. Med undtagelse af inddækninger til ovenlysvinduer og ventilationsgennemføringer er tilpasning til den enkelte inddækningssituation fortsat mest almindeligt.

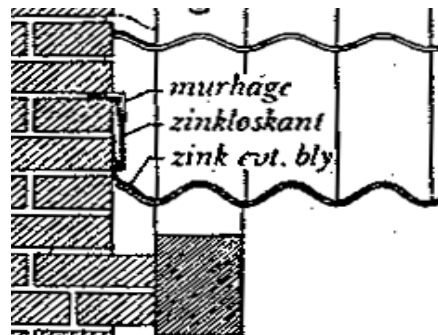
2 Skrå sammenskæring

Skrå sammenskæring betyder, at samlingen mellem tagfladen og den brydende flade (fx en mur), er parallel med tagets faldretning. Denne inddækning forekommer for eksempel ved synlige brandkamme og hvor tagfladen støder ind mod en højere nabobygning, se figur 2.

Langs brandkamme, gavle og kvistsider på profilerede tagflader udføres inddækningen i dag hovedsageligt med løskanter af zink, fastgjort med murhager eller lignende, og med blyvinger ført fra løskanten ned over tagfladen. Hertil anvendes typisk blyplader som tilpasses den specifikke inddækning på stedet. Inddækningen er vist forfra i figur 3 og fra siden i figur 4.

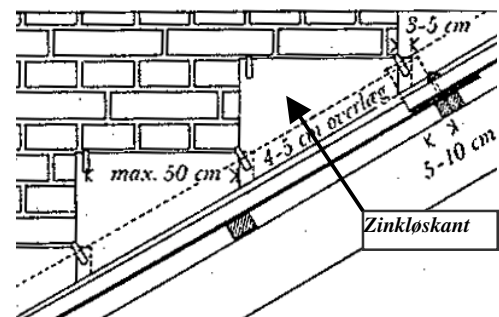


Figur 2: Skrå sammenskæring. Her er en traditionel blyinddækning mellem tegltag og mur.



Figur 3

Inddækning af profileret tag mod mur, set forfra (Kjærgaard, P. (red.), 1954).



Figur 4.

Inddækning af bølgepladetag mod muret fra siden (snit) (Kjærgaard, P. (red.), 1954).

Løskanter kan laves enten som aftrappede kanter som vist på figur 4 (kun ved murværk), eller som en gennemgående skinne, der følger tagets hældning (figur 2). Ved aftrappede kanter er løskanterne øverst bukket og lagt ind i udkradsede mørtelfuger mellem murstenene.

De gennemgående skinner er ligeledes bukket ind mod muren øverst, men her skal der skæres en rille i muren, som bukket lægges ind i.

Ved begge løsninger afsluttes mod muren ved at tætnes fuge eller rille med mørtel eller fugemasse. I dag er det almindeligt at anvende fugemasser til dette formål. Dette kan udgøre en potentiel svaghed ved indækningerne, fordi fuger udført med fugemasse har en begrænset levetid. Helt afhængigt af typen af fugemasse og den håndværksmæssige udførelse kan levetiden erfaringsmæssigt variere mellem 5 og ca. 25 år.

Til sammenligning med alternative løsninger er her givet et prisoverslag for traditionel blyinddækning med zinkløskant. Priserne er fra V&S Prisbogen (1999) og er incl. arbejds løn.

Prisoverslag for løsning med bly og zinkløskant, incl. arbejds løn:

Zink løskant incl. rille	170,-
Blyvinge 28 cm	165,-
<u>Elastisk fuge</u>	<u>50,-</u>

I alt, kr. pr løbende meter (excl. moms) 385,-

Bemærk at prisoverslaget er forbundet med usikkerhed og ikke nødvendigvis udtrykker prisdannelsen i en konkret tilbudssituation.

Der findes 5 metoder, som er principielle alternativer til blyinddækninger ved skrå sammenskræninger:

Alternative konstruktioner:

1. Inddækning erstattes af siderende.
2. Indmuring af tagsten i muren (med såkaldt "forskælling" – kun til murede vægge).

Alternative materialer:

3. Inddækning udføres med blyerstatning (dvs. materialer, der kan anvendes på nogenlunde på samme måde som bly).
4. Inddækning med zinkløskant og specielt tildannet titanzinkplade.

Og endelig:

5. Inddækning med formstykker og metalløskant.

Inddækning ved plane tagmaterialer

Ved brug af plane tagmaterialer som tagpap, tagfolie og skifer er blyinddækning allerede i dag normalt overflødig, set ud fra tekniske kriterier. På tage belagt med tagfolie eller tagpap, er det teknisk korrekt at anvende samme materiale til inddækningerne. På skifertage udføres inddækninger med stiv metalplade – oftest titanzink.

2.1 Siderende

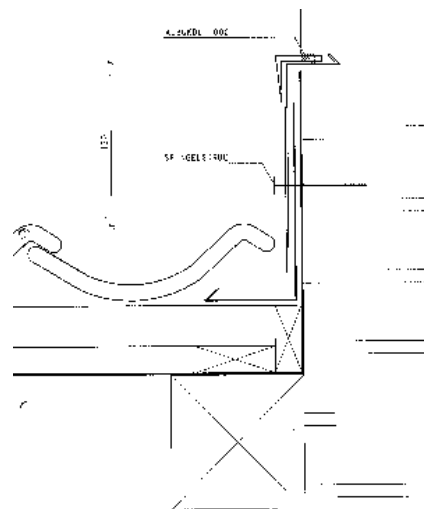
Denne metode kan teknisk anbefales. Den sikrer mod vandindtrængning både i murværk og gennem taget. Løsningen tillader de normalt forekommende mindre bevægelser mellem tagflade og murværk.

Løsningen bør kun anvendes i forbindelse med et velfungerende undertag. På tage uden undertag vil fygesne trænge ind i konstruktionen, med risiko for råd- og materialeskader til følge.

Siderenden skal udføres i en bredde der tillader rensning.



Figur 5
Inddækning med siderende, før pålægning af tagmateriale



Figur 6
Snit i siderende (Kjærgaard, P. (red.), 1954).

Løsningen er i dag almindeligt brugt i nyere dansk byggeri og den anvendes også i vore nabolande. På gamle traditionelle byhuse, hvor man ønsker at bevare det oprindelige tidstypiske udseende – dvs. med blyinddækning – vil løsningens udseende kunne møde modstand. Visuelt danner løsningen en skygge-stribe mellem mur eller kvistside og tagflade, i modsætning til blyinddækningen som lukker, men afviger i kulør fra tagmaterialet.

Det er i dag almindelig praksis at udføre en siderende af zink eller aluminium. Det er imidlertid også muligt at anvende andre materialer. Hvis der anvendes et undertag af tagpap på brædder eller krydsfiner, er en siderende udført af et tagpap et udmærket valg. Det vurderes at en sådan løsning er lidt dyrere end løsningen med zink eller aluminium, idet løsningen med tagpap kræver et underlag af træ som er formet som en rende.

Prisen for en zink siderende vurderes at ligge på samme niveau som prisen for den traditionelle blyvinge fastholdt med zink løskant. En løsning med en aluminiumsrende vurderes at være lidt billigere (se afsnit 8.2). Prisoverslaget nedenfor er baseret på V&S Prisbogen (1999) og er incl. arbejds løn.

Prisoverslag for siderende af zink og zinkløskant, incl. arbejds løn:

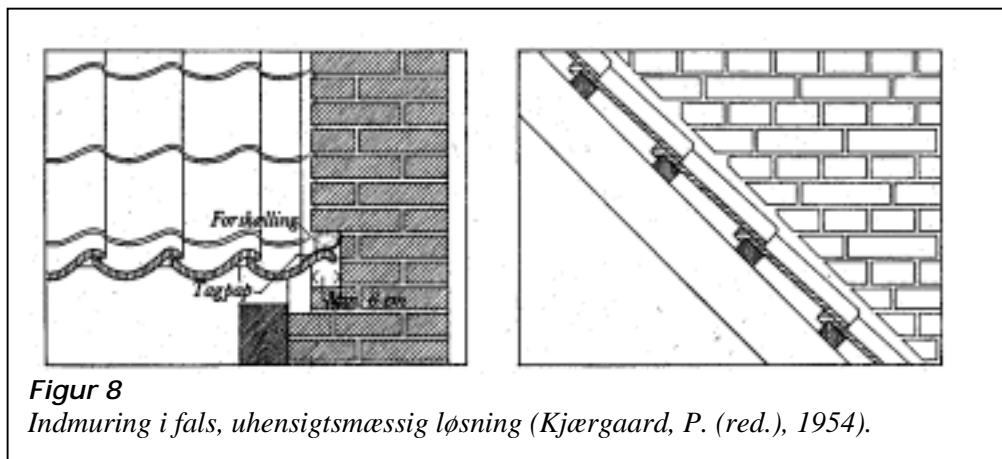
Zink løskant incl. rille	170,-
Underrende af Zink	196,-
Elastisk fuge	50,-

I alt, kr. pr løbende meter (excl. moms) 416,-

Bemærk at prisoverslaget er forbundet med usikkerhed og ikke nødvendigvis udtrykker prisdannelsen i en konkret tilbudssituation.

2.2 Indmuring af tagsten i muren

Denne løsning er den helt traditionelle løsning som er anvendt i mange hundrede år. Den er dårlig til at optage bevægelser som ofte forekommer i en tagkonstruktion fx mellem nabohuse eller på grund af nedbøjninger af spær.



Figur 8
Indmuring i fals, uhensigtsmæssig løsning (Kjærgaard, P. (red.), 1954).

Man kan anbringe en strimmel tagpap mellem mørtlen og tagfladen, som kan mindske tendensen til at der dannes revner i mørtel og tagmateriale, når taget "arbejder".

Indmuring blev allerede i 1950 anset for at være en simpel, uhensigtsmæssig løsning, fordi den ikke giver tilstrækkelig sikring mod vandindtrængning. Metoden anvendes sjældent ved nybyggeri i dag, da der typisk ikke anvendes murtykkelser, der muliggør at udføre en reces (udsparing til tagstenene) i muren. Løsningen er dog ret almindelig på ældre byggeri.

Ved nybyggeri anvendes i dag hulumure eller skalmure, hvor skallen er ½-stensvæg. Ved renovering af ældre bygninger med tage, der støder op til en helstensmure eller -brandkammer, kan løsningen principielt anvendes. Som beskrevet nedenfor kan løsningen dog ikke anbefales.

Løsningen har arkitektoniske fordele, fordi den afspejler traditionel byggeteknik og ikke introducerer visuelle "fremmede elementer" (som fx bly) på tagfladen. Miljømæssigt er der tale om en enkel løsning uden væsentlige miljø- eller ressourcepåvirkninger.

Byggeteknisk kan løsningen ikke anbefales. Årsagerne er følgende:

- Der er risiko for, at tagsten/tagmaterialet knækker, fordi løsningen ikke er god til at optage bevægelser i tagkonstruktionen (trods evt. tagpapindlæg mellem sten og mørtel).
- Der er risiko for at vand trænger gennem murværket/forskællingen, fordi murværk/mørtel ikke er et decideret vandtæt materiale. Indtrængende vand giver betydelig risiko for fugtskader i trækonstruktionen (rådskader mv.).
- Konstruktive problemer med at lave en reces (hul til tagsten) i en ½-stensvæg.

Prisen vurderes overslagsmæssigt til omkring kr. 350,- excl. moms pr. løbende meter, dvs. på niveau med – eller lidt under – den traditionelle blyløsning.

2.3 Inddækning med "blyerstatninger"

Her dækker betegnelsen "blyerstatninger" materialer, der ved inddækning kan anvendes på nogenlunde samme måder som bly. Det vil sige, at det er føjelige materialer, hvis form kan tilpasses den aktuelle inddækningsituation og det givne tagmateriale.

Derudover varierer såvel monteringsmetoder som materialeegenskaber mellem de enkelte produkter. Hver af produkttyperne er beskrevet mere detaljeret i kapitel 8.

2.3.1 Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering

Produktet Wakaflex består af et kunststofmateriale med et integreret aluminiumsstrækgitter og en selvklæbende tætningskant af butylklæber. Produktet er blødt og føjeligt og delvist formstabil. Der er 6-8 års praktisk erfaring med produktet (pr. 2000).

Visuelt fremstår materialet lidt anderledes end bly, blandt andet fordi strækgitterets mønster kan anes på overfladen og materialet smyger sig mere efter tagformen på grund af dets fleksibilitet og vedklæbning.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisen vurderes ud fra leverandørens oplysninger at være lidt dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.9.

2.3.2 Plisseret formbar aluminiumsplade

Produktet Mage flex-alu består af en 0,15 mm tyk aluminiumsplade som er bølgeformet på den ene led og stukfoldet i nogle striber på tværs af bølgerne. Overfladen er lakeret med en polyesterlak. På undersiden er påført et lag butylklæber. Produktet er føjeligt og samtidig formstabil. Produktet virker umiddelbart noget sårbart på grund af lille godstykkelse. Det skal derfor ligesom for bly sikres, at der ikke er spændinger i konstruktionen, der kan give mekaniske brud på inddækningen. Produktet er forholdsvis nyudviklet og nyt på det danske marked.

Produktet adskiller sig på grund af plisseringen visuelt fra traditionel plan blyplade, men minder om sædvanlige bølgeformede inddækningsvinger nederst på standardinddækninger til ovenlysvinduer.

Miljømæssigt er aluminiums svage punkt de store energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstilling af ny aluminium. Ved at genanvende materialet kan de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger dog afskrives over flere brugsgennemløb. For Mage flex-alu vurderes der at være en risiko for, at produktet ikke vil blive genanvendt (pga. lav vægt og klæbning til tagmaterialet). Aluminiumstabet er dog samtidigt begrænset af produktets lave vægt.

Aluminium er en ikke-fornyelig ressource med forholdsvis lang forsyningshorisont.

Prisen vurderes til at være på niveau med traditionel blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.8.

2.3.3 Blød zinkplade til inddækningsformål

Produktet "inddækningszink" er 0,6 mm zinkplade af en særligt blød kvalitet. Det leveres både plant og bølgeformet (plisseret). Det er formbart næsten som bly, dog er det lidt stivere. Holdbarheden overfor korrosion vurderes som god, om end lidt lavere end sædvanlig 0,8 titanzink, på grund af den lavere tykkelse. Produktet forventes at blive lanceret på det danske marked i efteråret 2000.

Inddækningszinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition.

Miljømæssigt har materialet den svaghed, at det ligesom bly frigiver opløste (zink-) salte med moderat giftighed til nedbøren. Zinkfrigivelsen belaster såvel spildevandsslam som jordmiljø, hvor nedbør eller slam spredes. Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont.

Prisen forventes at komme til at ligge lidt over prisen for blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.3.

2.3.4 Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning

En anden kompositinddækning er under udvikling i Danmark. Der er tale om et velafprøvet kunststofmateriale med integreret metalforstærkning. Produktet er formbart og har en stivhed på niveau med blyplade. Det forventes at kunne holde den nye form ved egen stivhed, med muligt tilvalg af en mekanisk fastgørelse (uden perforering af inddækning eller tagmateriale). Produktet har nogle lovende brugsegenskaber og kan vise sig at være et godt alternativ.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i kunststofmateriale kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af metal i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisniveauet er endnu ukendt. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.5.

2.3.5 EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant

Produktet Stripflash er et inddækningsmateriale af EPDM-gummi med en bøjelig aluminiumsskinne lagt i kanaler langs siderne. Produktet er meget fleksibelt. Selve gummien er ikke formstabil.

Produktet skal gøres mekanisk fast både til tag og væg, hvilket medfører en uhensigtsmæssig perforering af såvel inddækningen som tagmateriale. Produktet vurderes at have begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til blyinddækning på grund af behovet for fastgørelse. Det kan dog have sin berettigelse på profilerede stålpladetage, hvor fastgørelse med gennemskruining i tæthedsplanet er sædvanlig praksis. Produktet kan muligvis også anvendes til tagbølgeplader i visse situationer. Produktet er nyt på det danske marked, men der er en del års erfaring med holdbarheden af tagfolier af EPDM-gummi.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Denne inddækningstype vurderes noget dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.4.

2.4 Inddækning med almindelig zinkplade

Denne type inddækning består af en zinkløskant og et stykke titan-zinkplade som ved bukning, klipning og lodning er tildannet, så det kan følge overfladen på et tag belagt med tagsten, tagplader eller zinkplader. Normal titanlegeret zinkplade af denne type er hårdere end det nævnte inddækningszink og kræver væsentlig mere bearbejdning. Holdbarheden er velkendt og vurderes som meget god.

Miljømæssigt har materialet den svaghed, at det ligesom bly frigiver opløste (zink-) salte med moderat giftighed til nedbøren. Zinkfrigivelsen belaster såvel spildevandsslam som jordmiljø, hvor nedbør eller slam spredes. Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont.

Zinks udseende har stor lighed med bly. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition.

Prisen er meget høj idet løsningen kræver megen håndværksmæssig tildannelse. Udvikling af skabeloner for forskellige tagstenstyper vil kunne gøre produktet billigere, men det vurderes stadig at prisen er væsentlig højere end blyløsningen, når metoden anvendes i forbindelse med tagdækninger af tagsten. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.1.

2.5 Inddækning med formstykker

Skrå inddækning med præfabrikerede formstykker, der er tilpasset det aktuelle tagmateriale bliver ikke – eller næsten ikke – anvendt i dag.

Til tagbølgeplader kan inddækningen udføres med et formstykke af plast. Formstykket har i siden en lodret opkant som afsluttes opad under en zink løskant, som fastholdes med murhager. Mellem løskant og mur fuges med en elastisk fuge. Mellem formstykket og bølgeplader ilægges en skumstrimmel eller et butylfugebånd for at sikre tætheden. Formstykker til skråinddækninger produceres kun efter bestilling og er derfor meget dyre.

Formstykker af vejrbestandig plast anvendes i dag i stor udstrækning ved taghætter til forskellige tagmaterialer og ved vandrette tilslutninger af bølgetagplader. Ved denne anvendelse er der gode erfaringer med en lang holdbarhed, hvorfor det samme må forventes for skrå inddækninger.

Byggeteknisk er anvendelse af formstykker en god, solid og sikker inddækningsmetode. Formstykker af plast kan indfarves så farven er meget tæt på farven på de bølgeplader de anvendes sammen med. Det giver tagfladen et homogent udtryk. Beskrivelsen af formstykker er uddybet i afsnit 8.7.

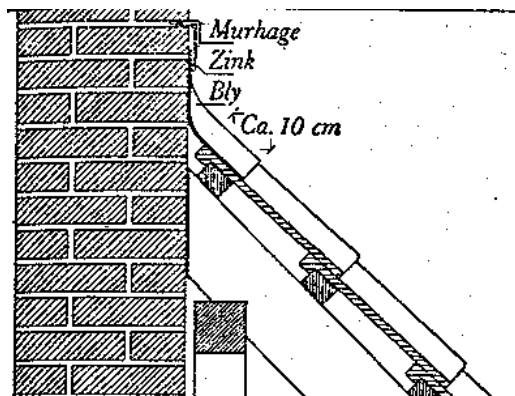
3 Vandret sammenskæring

Vandret sammenskæring er betegnelsen for en sammenføring mellem en tagflade og en mur eller anden type væg, fx. ved kviste og gavle/facader, som vist i figur 9.



Figur 9
Vandret sammenskæring mellem mur og tagflade (markeret med pilen). Øverst til højre ses en skrå sammenskæring med siderende (afsn. 2.1)

Inddækning af en vandret sammenskæring udføres traditionelt efter samme principper som ved skrå sammenskæringer mellem mur og tagflade. En traditionel løsning for profilerede tagflader er inddækning med zinkløskant fastgjort med murhage og med blyvinger ved overgangen fra muren og ned på tagfladen. I figur 10 er den traditionelle løsning vist fra siden (snit).



Figur 10
Inddækning af vandret sammenskæring mellem tegl og mur, ved brug af zink og bly (snit) (Kjærgaard, P. (red.), 1954).

Der findes metoder til erstatning af blyinddækninger til vandret sammenskæring:

Alternativ konstruktion:

1. Indmuring af tagsten i muren (med såkaldt "forskælling" – kun til murede vægge).

Alternative materialer:

2. Inddækning udføres med blyerstatning (dvs. materialer, der kan anvendes på nogenlunde på samme måde som bly).
3. Inddækning med zinkløskant og specielt tildannet titanzinkplade.

Og endelig:

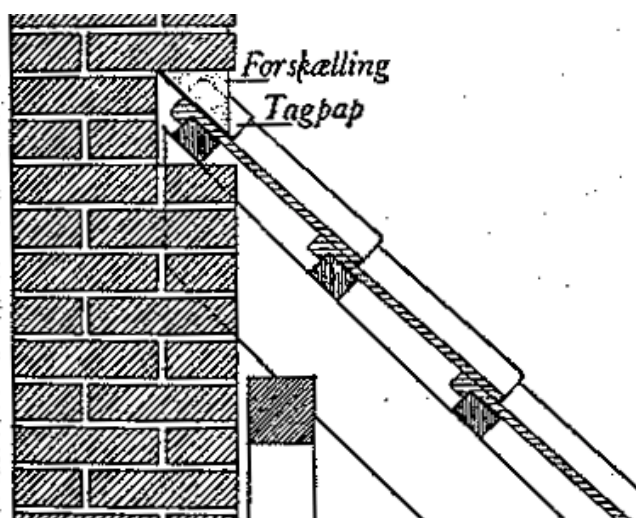
4. Inddækning med formstykker og metalløskanter.

Inddækning ved plane tagmaterialer

Ved brug af plane tagmaterialer som tagpap, tagfolie og skifer er blyinddækning allerede i dag normalt overflødig, set ud fra tekniske kriterier. På tage belagt med tagfolie eller tagpap, er det teknisk korrekt at anvende samme materiale til inddækningerne. På skifertage udføres inddækninger med stiv metalplade – oftest titanzink.

3.1 Indmuring af tagmaterialet i muren

Som konstruktiv løsning er der mulighed for at indmure tagfladen - både tegl, profilerede tagplader, skifer m.m. - i en fals i muren, som fuges og pudses op med mørtel. Der kan anbringes en strimmel tagpap mellem mørtlen og tagfladen til at hindre revner i mørtlen, når taget "arbejder". Situationen er vist for tegltag i figur 11.



Figur 11

Konstruktiv løsning for tegl ved vandret sammenskæring med mur (Kjærgaard, P. (red.), 1954).

Denne løsning bruges sjældent i dag da, der ikke anvendes murtykkelser, der gør det muligt at udføre en reces i muren (en "rende" til tagstenene). Indmuring blev allerede i 1950 anset for at være en simpel, uhensigtsmæssig løsning, fordi den ikke giver tilstrækkelig sikring mod vandindtrængning. Løsningen er dog ret almindelig på ældre bygninger.

Løsningen har arkitektoniske fordele, idet den afspejler traditionel byggeteknik og ikke introducerer visuelle "fremmedelementer" (som fx bly) på tagfladen. Miljømæssigt er der tale om en enkel løsning uden væsentlige miljø- eller ressourcepåvirkninger.

Byggeteknisk kan løsningen ikke anbefales. Årsagerne er uddybet i afsnit 3.2 om indmuring ved skrå sammenskæringer.

Prisen vurderes overslagsmæssigt til omkring kr. 350,- pr. løbende meter, dvs. på niveau med – eller lidt under – den traditionelle blyløsning.

3.2 Inddækning med "blyerstatninger"

Her dækker betegnelsen "blyerstatninger" materialer, der ved inddækning kan anvendes på nogenlunde samme måder som bly. Det vil sige, at det er føjelige materialer, hvis form kan tilpasses den aktuelle inddækningssituation og det givne tagmateriale.

Derudover varierer såvel monteringsmetoder som materialeegenskaber mellem de enkelte produkter. Hver af produkttyperne er beskrevet mere detaljeret i kapitel 8.

3.2.1 Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering

Produktet Wakaflex består af et kunststofmateriale med et integreret aluminiumsstrækgitter og en tætningskant af butylklæber. Produktet er blødt og føjeligt og delvist formstabilt. Der er 6-8 års praktisk erfaring med produktet (pr. 2000).

Visuelt fremstår materialet lidt anderledes end bly, blandt andet fordi strækgitterets mønster kan anes på overfladen og materialet smyer sig mere efter tagformen på grund af dets fleksibilitet og vedklæbning.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisen vurderes ud fra leverandørens oplysninger at være lidt dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.9.

3.2.2 Plisseret formbar aluminiumsplade

Produktet Mage flex-alu består af en 0,15 mm tyk aluminiumsplade som er bølgeformet på den ene led og stukfoldet i nogle striber på tværs af bølgerne. Overfladen er lakeret med en polyesterlak. På undersiden er påført et lag butylklæber. Produktet er føjeligt og samtidig formstabilt. Produktet virker umiddelbart noget sårbart på grund af lille godstykkelse. Det skal derfor ligesom for bly sikres, at der ikke er spændinger i konstruktionen, der kan give mekaniske brud på inddækningen. Produktet er forholdsvis nyudviklet og nyt på det danske marked.

Produktet adskiller sig på grund af plisseringen visuelt fra traditionel plan blyplade, men minder om sædvanlige bølgeformede inddækningsvinger nederst på standardinddækninger til ovenlysvinduer.

Miljømæssigt er aluminiums svage punkt de store energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstilling af ny aluminium. Ved at genanvende materialet kan de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger dog afskrives over flere brugsgennemløb. For Mage flex-alu vurderes der at være en risiko for, at produktet ikke vil blive genanvendt (pga. lav vægt og klæbning til tagmateriale). Aluminiumstabet er dog samtidigt begrænset af produktets lave vægt.

Aluminium er en ikke-fornyelig ressource med forholdsvis lang forsyningshorisont.

Prisen vurderes til at være på niveau med traditionel blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.8.

3.2.3 Blød zinkplade til inddækningsformål

Produktet "inddækningszink" er 0,6 mm zinkplade af en særligt blød kvalitet. Det leveres både plant og bølgeformet (plisseret). Det er formbart næsten som bly, dog er det lidt stivere. Holdbarheden overfor korrosion vurderes som god, om end lidt lavere end sædvanlig 0,8 titan-zink, på grund af den lavere tykkelse. Produktet forventes at blive lanceret på det danske marked i efteråret 2000.

Inddækningszinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition.

Miljømæssigt har materialet den svaghed, at det ligesom bly frigiver opløste (zink-) salte med moderat giftighed til nedbøren. Zinkfrigivelsen belaster såvel spildevandsslam som jordmiljø, hvor nedbør eller slam spredes. Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont.

Prisen forventes at komme til at ligge lidt over prisen for blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.3.

3.2.4 Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning

En anden kompositinddækning er under udvikling i Danmark. Der er tale om et velafprøvet kunststofmateriale med integreret metalforstærkning. Produktet er formbart og har en stivhed på niveau med blyplade. Det forventes at kunne holde den nye form ved egen stivhed, med muligt tilvalg af en mekanisk fastgørelse (uden perforering af inddækning eller tagmateriale). Produktet har nogle lovende brugsegenskaber og kan vise sig at være et godt alternativ.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i kunststofmaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af metal i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisniveauet er endnu ukendt. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.5.

3.2.5 EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant

Produktet Stripflash er et inddækningsmateriale af EPDM-gummi med en bøjelig aluminiumsskinne lagt i kanaler langs siderne (ABA Tagprodukter, 1999). Produktet er meget fleksibelt. Selve gummien er ikke formstabil.

Produktet skal gøres mekanisk fast både til tag og væg, hvilket medfører en uhensigtsmæssig perforering af såvel inddækningen som underlaget. Produktet vurderes at have begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til blyinddækning på grund af behovet for fastgørelse. Det kan dog have sin berettigelse på profilerede stålpladetage, hvor fastgørelse med gennemskruining i tæthedsplanet er sædvanlig praksis. Produktet kan muligvis også anvendes til tagbølgeplader i visse situationer. Produktet er nyt på det danske marked, men der er en del års erfaring med holdbarheden af tagfolier af EPDM-gummi.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis vil gå tabt for genanvendelse.

Denne inddækningstype er noget dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.4.

3.3 Inddækning med almindelig zinkplade

Denne type inddækning består af en zinkløskant og et stykke titan-zinkplade som ved bukning, klipning og lodning er tildannet, så det kan følge overfladen på et tag belagt med tagsten, tagplader eller zinkplader. Normal titanlegeret zinkplade af denne type er hårdere

end det nævnte inddækningszink og kræver væsentlig mere bearbejdning. Holdbarheden er velkendt og vurderes som meget god.

Miljømæssigt har materialet den svaghed, at det ligesom bly frigiver opløste (zink-) salte med moderat giftighed til nedbøren. Zinkfrigivelsen belaster såvel spildevandsslam som jordmiljø, hvor nedbør eller slam spredes. Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont.

Zinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition.

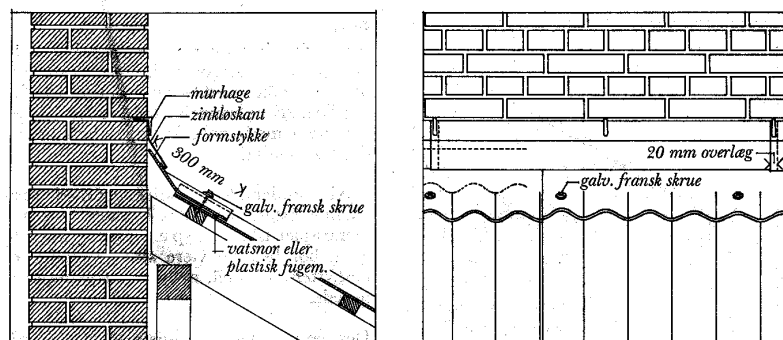
Prisen er meget høj idet løsningen kræver megen håndværksmæssig tildannelse. Udvikling af skabeloner for forskellige tagstentyper vil kunne gøre produktet billigere, men det vurderes stadig at prisen er væsentlig højere end blyløsningen, når metoden anvendes i forbindelse med tagdækninger af tagsten. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.1.

3.4 Inddækning med formstykker

3.4.1 Tagbølgeplader

Til tagbølgeplader kan inddækningen udføres med præfabrikerede formstykker af plast eller af samme materiale som pladerne. Formstykket afsluttes opad under en zink løskant, som fastholdes med murhager. Mellem løskant og mur fuges med en elastisk fuge. Mellem formstykke og bølgeplade ilægges en skumstrimmel eller et butylfugebånd for at sikre tætheden.

Denne løsning er en æstetisk og byggeteknisk god løsning. Holdbarhedsmæssigt har inddækningen samme levetid som tagbelægningen.



Figur 12.

Prefabrikeret løsning for bølgeplader ved vandret sammenskæring med mur (Kjærgaard, P. (red.), 1954)



Figur 13.

Eksempel på formstykke til bølgeplader

Prisniveauet for denne type løsning vurderes som lidt højere – af størrelsen 25% – end den traditionelle blyløsning. Se kapitel 2, samt prisoverslaget herunder. Overslaget er baseret på V&S Prisbog (1999) samt oplysninger fra trælasthandler. Overslaget er incl. arbejds løn.

Prisoverslag for løsning med formstykker til tagbølgeplader:	
Zinkløskant	170,-
Elastisk fuge	50,-
DE-flex formstykke	212,-
Montage formstykke	60,-

I alt, kr. pr løbende meter (excl. moms) 492,-

Bemærk at prisoverslaget er forbundet med usikkerhed og ikke nødvendigvis udtrykker prisdannelsen i en konkret tilbudssituation.

3.4.2 Formstykker til betontagsten

Nogle producenter af betontagsten har tidligere haft formstykker af plast i deres produktprogram, men de leveres ikke længere. Det formodes at denne produktion kan genoptages, hvis der er en efterspørgsel på produkterne.

4 Skorstene og ventilationsgennemføringer

Inddækninger om taggennemføringer af skorsten og rør til ventilations- og installationsformål har visse ligheder – i særdeleshed når det gælder runde gennemføringer. Her er de behandlet samlet.

Skorstene

Inddækningen af skorstene udføres forskelligt for murede skorstene (typisk firkantede) og metal skorstene (fx. cylinderformede stålskorstene). Inddækningerne om murede skorstene består af skrå og vandrette sammenskæringer mellem tag og mur. Man anvender således principielt de løsninger, der er omtalt i kapitel 2 og 3.

Til såvel murede som cylinderformede skorstene anvendes i dag i stor udstrækning blyinddækninger, der er fremstillet/tilpasset på stedet.

Skorstenens placering på taget har betydning for, hvordan inddækningen udføres. Er skorstenen placeret i tagets kip, som i figur 14, vil der være 2 forstykker, som skal inddækkes, i modsætning til hvis skorstenen er placeret på den ene tagside, som i figur 15.



Figur 14.
*Skorsten i tagets kip
med blyinddækning*



Figur 15.
Skorsten i tagsiden

Temperaturkrav

Jævnfør bygningsreglementet skal skorstene og røgrør skal være udformet så der ikke opstår højere temperaturer end 80 C på brændbare materialer omkring dem. Det betyder, at det er et naturligt krav at inddækninger skal kunne tåle denne temperatur, eller alternativt at de kan isoleres fra skorstenen, så der ikke kommer udvendige temperaturer højere end inddækningsmaterialet kan tåle. Dette vurderes i praksis opfyldt for alle de undersøgte inddækningsmaterialer.

Inddækning ved plane tagmaterialer

Ved brug af plane tagmaterialer som tagpap, tagfolie og skifer er blyinddækning allerede i dag normalt overflødig, set ud fra tekniske kriterier. På tage belagt med tagfolie eller tagpap, er det teknisk korrekt at anvende samme materiale til inddækningerne. På skifertage udføres inddækninger med stiv metalplade – oftest zink.

Præfabrikerede skorstensinddækninger

Til inddækning af murede skorstene på profilerede tagflader fås præfabrikerede aluminiumsinddækninger med blyskørt. Inddækningen langs siderne og skorstenens eventuelle bagsiden (øverst) er udført som siderender, mens vandet ledes ud over tagmaterialet i den nedre vandrette sammenskæring med blyskørtet. Inddækningen har stor lighed med de præfabrikerede standard-inddækninger til ovenlysvinduer. Denne type præfabrikerede inddækninger har en forholdsvis begrænset udbredelse. Skorstensinddækninger af denne type, men uden bly, er ikke fundet i denne undersøgelse, men de vil kunne præfabrikeres uden bly ved anvendelse af passende typer "blyerstatninger", jævnfør afsnit 4.2.

Stålskorstene med præfabrikerede inddækninger

Stålskorstene leveres i dag typisk med en færdig inddækningsflange af bly eller zinkplade som er afpasset efter taget hældning. Zinkplader kan anvendes på tage beklædt med tagpap eller tagfolie. Zinkplader kan også anvendes når der inddækkes mod et solidt undertag (fx tagpap på krydsfiner) under tegltag. Blyplader anvendes i dag normalt, når der inddækkes mod tage med tagsten og bølgeplader.

Også til stålskorstene vil passende blyerstatninger kunne anvendes.

Ventilationsgennemføringer og taghætter med blyinddækning

Ventilationsanlæg leveres ofte med taggennemføringer som er forsynet med en inddækningsplade af bly, zink eller aluminium. På figur 17 er vist et eksempel herpå. Taggennemføringer af denne art vil kunne præfabrikeres uden bly ved anvendelse af passende typer "blyerstatninger", jævnfør afsnit 4.2.

Taghætter er betegnelsen for mindre gennemføringer til bygningsventilation og udluftning af installationer. I dag anvendes ofte præfabrikerede taghætter af plast eller af samme materiale som taget (fibercement, tegl, plast mv.). Taghætter fås dog også i metal med en påloddet blyinddækning til anvendelse på tegltage. I figur 16 ses et ældre eksempel på en ventilationshætte af zink med påloddet blyinddækning (formodentligt specialfremstillet).



Figur 16.
*Blyinddækning
af taghætte*



Figur 17.
*Inddækning af
ventilationsgennemføring. Blykappe
loddet på zinkrør*

Inddækning på tage af tagpap og tagfolie

Ved tagflader af tagpap eller tagfolie udføres inddækninger af skorstene og ventilationsgennemføringer ofte med samme materiale. Inddækninger på murede skorstene afsluttes øverst med en skinne af aluminium. Ved inddækning mod taghætter fastklæbes tagpappen til en flange nederst på taghætten og der fuges i kanten mellem gennemføringen og tagpappen. Ved brug af tagfolie føres folien helt op til kanten og ind samt ned

indvendigt i hættten. Byggeteknisk er det gode og holdbare løsninger der udføres med folie og tagpap.

Zinkinddækning på skifertage

Til skifertag anvendes i dag hovedsageligt inddækning med almindelig zinkplade (titanzink).

Alternativer til blyinddækning

Der findes metoder til erstatning af blyinddækninger. Metodernes anvendelighed afhænger i nogen grad af gennemføringens materiale, samt om der er tale om runde eller firkantede gennemføringer.

Alternativ konstruktion til murede skorstene:

1. Siderender (undtagen skorstenens nedre vandrette inddækning, hvor der benyttes "blyerstatninger").
2. Indmuring af tagsten i skorstenen (med såkaldt "forskælling").

Alternative materialer til skorstene og ventilationsgennemføringer:

3. Inddækning udføres med blyerstatning (dvs. materialer, der kan anvendes på nogenlunde på samme måde som bly).
4. Inddækning med specielt tildannet zinkplade.

Alternativt materiale specielt til runde gennemføringer:

5. Inddækning med formstøbte gummi-inddækninger.

4.1 Konstruktive løsninger til murede skorstene

Inddækningerne omkring murede, firkantede skorstene består af skrå og vandrette sammenskæringer som de er beskrevet i kapitlerne 2 og 3, og principielt kan de samme løsninger anvendes.

4.1.1 Siderende

På tage med velfungerende undertag kan inddækningen af skorstenens sider og øverste vandrette sammenskæring udføres med siderender. Denne metode kan teknisk anbefales. Den sikrer mod vandindtrængning både i murværk og gennem taget. Løsningen tillader de normalt forekommende mindre bevægelser mellem tagflade og murværk. Siderenderne skal udføres i en bredde der tillader rensning. Til specialtildannede siderender anvendes normalt zinkplader, men aluminum kan ligeledes anvendes. Princippet udnyttes som nævnt også på præfabrikerede skorstensinddækninger samt inddækninger til ovenlysvinduer.

4.1.2 Indmuring af tagmaterialet

For murede skorstene kan der langs tagets hældning tillige anvendes indmuring af tagmaterialet som beskrevet under skrå og vandret sammenskæring. Tagdækningsmaterialet lægges ind i en reces (rende) i murværket, som efterfølgende pudses op (se nærmere beskrivelse og illustration i afsnit 2.2). Løsningen kræver at tagkonstruktionen har samme stivhed som skorstenen, og at det er muligt at lave en reces i skorstenen. Sidstnævnte er sjældent tilfældet i dag. Metoden anvendes ikke i dag, men ses fortsat ofte på ældre byggeri.

Byggeteknisk er det en dårlig løsning, fordi den ikke giver tilstrækkelig sikring mod vandindtrængning. Se nærmere herom i afsnit 2.2.

4.2 Inddækning med "blyerstatninger"

Her dækker betegnelsen "blyerstatninger" materialer, der ved inddækning kan anvendes på nogenlunde samme måder som bly. Det vil sige, at det er føjelige materialer, hvis form kan tilpasses den aktuelle inddækningsituation og det givne tagmateriale.

Derudover varierer såvel monteringsmetoder som materialeegenskaber mellem de enkelte produkter. Dog gælder generelt for stålskorstene og ventilationsgennemføringer, at inddækningen – uanset inddækningsmateriale – øverst skal gøres mekanisk fast til gennemføringen med lodning, klemliste eller spændebånd.

Hver af produkttyperne er beskrevet mere detaljeret i kapitel 8.

4.2.1 Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering

Produktet Wakaflex består af et kunststofmateriale med et integreret aluminiumsstrækgitter og en selvklæbende tætningskant af butylklæber. Produktet er blødt og føjeligt og delvist formstabilt. Der er 6-8 års praktisk erfaring med produktet (pr. 2000). I forhold til monteringen vurderes materialet velegnet til firkantede skorstene og gennemføringer, men mindre velegnet til runde gennemføringer.

Visuelt fremstår materialet lidt anderledes end bly, blandt andet fordi strækgitterets mønster kan anes på overfladen og materialet smyer sig mere efter tagformen på grund af dets fleksibilitet og vedklæbning.

På figur 18 er vist en skorstensinddækning med Wakaflex.



Figur 18.
Inddækning af muret skorsten ved brug af Wakaflex ("Tagbogen", 1999).

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisen vurderes ud fra leverandørens oplysninger at være lidt dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.9.

4.2.2 Plisseret formbar aluminiumsplade

Produktet Mage flex-alu består af en 0,15 mm tyk aluminiumsplade som er bølgeformet på den ene led og stukfoldet i nogle striber på tværs af bølgerne. Overfladen er lakeret med en polyesterlak. På undersiden er påført et lag butylklæber. Produktet er føjeligt og samtidig formstabilt. Produktet virker umiddelbart noget sårbart på grund af lille godstykkelse. Det skal derfor ligesom for bly sikres, at der ikke er spændinger i konstruktionen, der kan give mekaniske brud på inddækningen. Produktet er forholdsvis nyudviklet og nyt på det danske marked. I forhold til monteringen vurderes materialet velegnet til firkantede skorstone og gennemføringer, men mindre velegnet til runde gennemføringer.

Produktet adskiller sig på grund af plisseringen visuelt fra traditionel plan blyplade, men minder om sædvanlige bølgeformede inddækningsvinger nederst på standardinddækninger til ovenlysvinduer.

Miljømæssigt er aluminiums svage punkt de store energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstilling af ny aluminium. Ved at genanvende materialet kan de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger dog afskrives over flere brugsgennemløb. For Mage flex-alu vurderes der at være en risiko for, at produktet ikke vil blive genanvendt (pga. lav vægt og klæbning til tagmaterialet). Aluminiumstabet er dog samtidigt begrænset af produktets lave vægt.

Aluminium er en ikke-fornyelig ressource med forholdsvis lang forsyningshorisont.

Prisen vurderes til at være på niveau med traditionel blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.8.

4.2.3 Blød zinkplade til inddækningsformål

Produktet "inddækningszink" er 0,6 mm zinkplade af en særligt blød kvalitet. Det leveres både plant og bølgeformet (plisseret). Det er formbart næsten som bly, dog er det lidt stivere. Holdbarheden overfor korrosion vurderes som god, om end lidt lavere end sædvanlig 0,8 titanzink, på grund af den lavere tykkelse. Produktet forventes at blive lanceret på det danske marked i efteråret 2000.

Inddækningszinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition.

Miljømæssigt har materialet den svaghed, at det ligesom bly frigiver opløste (zink-) salte med moderat giftighed til nedbøren. Zinkfrigivelsen belaster såvel spildevandsslam som jordmiljø, hvor nedbør eller slam spredes. Zink er en ikke-fornyelig ressource med relativt kort forsyningshorisont.

Prisen forventes at komme til at ligge lidt over prisen for blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.3.

4.2.4 Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning

En anden kompositinddækning er under udvikling i Danmark. Der er tale om et velafprøvet kunststofmateriale med integreret metalforstærkning. Produktet er formbart og har en stivhed på niveau med blyplade. Det forventes at kunne holde den nye form ved egen stivhed, med muligt tilvalg af en mekanisk fastgørelse (uden perforering af inddækning eller tagmateriale). Produktet har nogle lovende brugsegenskaber og kan vise sig at være et godt alternativ.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i kunststofmaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af metal i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Prisniveauet er endnu ukendt. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.5.

4.2.5 EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant

Produktet Stripflash er et inddækningsmateriale af EPDM-gummi med en bøjelig aluminiumsskinne lagt i kanaler langs siderne. Produktet er meget fleksibelt. Selve gummien er ikke formstabil.

Produktet skal gøres mekanisk fast både til tag og væg, hvilket medfører en uhensigtsmæssig perforering af såvel inddækningen som tagmaterialet. Produktet vurderes at have begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til blyinddækning på grund af behovet for fastgørelse. Det kan dog have sin berettigelse på profilerede stålpladetage, hvor fastgørelse med gennemskruining i tæthedsplanet er sædvanlig praksis. Produktet kan muligvis også anvendes til tagbølgeplader i visse situationer. Produktet er nyt på det danske marked, men der er en del års erfaring med holdbarheden af tagfolier af EPDM-gummi.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Denne inddækningstype vurderes noget dyrere end den traditionelle blyinddækning. Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.4.

4.2.6 Inddækning med formstøbte gummi-inddækninger

Produktet Masterflash er et eksempel på en formstøbt fleksibel inddækning af EPDM-gummi med en aluminiumskant ved tilslutningen til tagfladen. Aluminiumskanten på inddækningsfoden gør det muligt at tilpasse inddækningen til profilerede tage. Der er mulighed for at tilpasse inddækningen til rørdimensionen ved at skære noget af toppen, som tilsluttes mod røret.

Produktet skal klæbes på og helst også skrues fast i tagmaterialet. Princippet med at inddække ved at klæbe noget ovenpå en tagbelægning er en betænkelig løsning. Det er ligeledes uheldigt at gennembryde tæthedsplanet med skruer, så der dannes basis for et hul i taget. Produktet vurderes at have begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til blyinddækning. Produktet er nyt på det danske marked, men der er en del års erfaring med holdbarheden af tagfolier af EPDM-gummi.

Produktet er visuelt fremmed for dansk bygningstradition for boligbyggeri. Produktet kan have sin berettigelse på profilerede metalpladetage på industri og lagerbygninger, hvor gennemboring af tagfladen i tæthedsplanet er normal monteringspraksis.

Miljømæssigt er der tale om et acceptabelt produkt. Noget af energiindholdet i gummimaterialet kan genvindes ved affaldsforbrænding. Et minus er dog at indholdet af aluminium i praksis sandsynligvis vil gå tabt for genanvendelse.

Materialebeskrivelsen er uddybet i afsnit 8.6.

4.3 Inddækning med almindelig zinkplade

Principielt er der mulighed for at anvende formtilpassede inddækninger med almindelig zinkplade ligesom ved de skrå og vandrette inddækninger mod en muret skorsten. Løsningen vurderes dog som meget dyr (se afsnit 2.4).

4.4 Præfabrikerede taghætter

Tag-/ventilationshætter fås i forskellige design og materialer. Størstedelen af tagmaterialeproducenterne har i deres tilbehørsprogram tag-/ventilationshætter i samme materiale som deres tagmateriale eller udformet i plast. Plasthætter er normalt udført af polystyren-plast af typen "HIPS" (high impact polystyrene). Endvidere fremstilles en del hætter til "løssalg" i metal og plast.

Taghætter til plane tagmaterialer fås med inddækning i rustfrit stål, zink, kobber eller aluminium.

En stor del af de præfabrikerede hætter, som produceres af tagmaterialeproducenterne, er udformet således af de har en fodflange som passer til tagdækkets profil, som vist i figur 19. Disse produkter monteres som det tilsvarende tagmateriale og kræver ingen ekstra inddækning.



Figur 19.
Standardhætte af plast afpasset efter tagstenenes facon

5 Kviste

Ved inddækning af kviste anvendes der overvejende zink til de store lige flader, mens forsiden og i nogle tilfælde også siderne ("flunkene") i dag inddækkes mod taget med bly. Et eksempel på denne opbygning er vist på figur 20. Sammenskæringen mellem kvisttaget og den øvrige tagflade inddækkes normalt med en traditionel skotrende af zinkplade.



Figur 20.
Bly- og zinkinddækning af en kvist

Ved overgang til plane tagflader kan inddækningerne være udført helt af zink. Er taget belagt med tagpap, anvendes dette materiale ofte også til inddækningerne.

Kviste inddækkes i dag som regel på taget i forbindelse med opførelsen, men omkring 10 - 20% af de nyopsatte kviste leveres færdigproducerede, dvs. inklusive inddækning, parat til montage på taget.

Skrå og vandrette sammenskæringer

Inddækningen ved kvistens side er et eksempel på en skrå sammenskæring, mens inddækningen på kvistens forsiden er en vandret sammenskæring. Der henvises til de generelle beskrivelser af mulige blyfri inddækninger i kapitlerne 2 og 3.

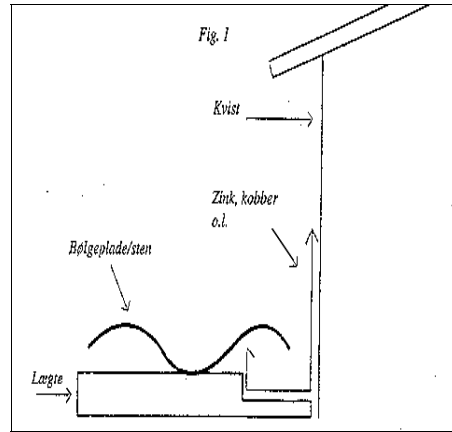
Samlet inddækningsløsning for kviste

Her skal dog nævnes en samlet inddækningsløsning, som kan anbefales for kviste på tage med velfungerende undertag. Løsningen er vist i figur 22 - her dog med blyvinge på nederste sammenskæring.

Langs flunke kan inddækningen udføres som en siderende udført i fx zink, aluminium eller krydsfiner beklædt med tagpap. I figur 21 er denne inddækningsform vist for bølgeplade- eller tegltag. Byggeteknisk er løsninger med siderender gode og holdbare og kan anbefales under den forudsætning at renderne har en størrelse så de kan rengøres/rences.

Ved nederste vandrette inddækning kan i stedet for bly anvendes en af de i afsnit 3.2 beskrevne "blyerstatninger".

Mange kviste er placeret, så deres forkant flugter med – eller er tæt på – tagets forkant. I disse tilfælde er det ikke nødvendigt med en fleksibel inddækning. Her kan inddækning udføres med stiv plade alene.



Figur 21.
Zinkinddækning af en kvist på tegltag
(Dansk VVS, 1997).



Figur 22.
Zinkinddækning af en kvist på tegltag.
Forkant er inddækket med bly.

På præfabrikerede kviste kan inddækningen af flunken udføres som en siderende af krydsfiner beklædt med tagpap. Det bør sikres at renden har en bredde så den både kan udføres og senere renses.

6 Ovenlysvinduer og tagvinduer

Ovenlysvinduer produceres som standardprodukter i faste mål, hvilket gør det let at levere disse med en præfabrikeret inddækning.

Inddækning mod profilerede tagmaterialer

Ovenlysvinduer til isolerede tagflader med hældning leveres i dag hovedsageligt af én producent. Dette produkt leveres med en standard aluminiumsinddækning som er udført som en siderende på 3 sider. Til anvendelse på profileret tagmateriale blev inddækningerne frem til ca. 1997 leveret med forkant af bly.

I dag er blyvingen erstattet af to lag kraftige aluminiumsfolier, der er bukket om en mellemliggende gummifolie. Den færdige sandwichplade er bølgeformet på den ene led og stukfoldet på tværs af bølgerne, hvilket giver den strækbarhed, der er nødvendig for tilpasning til profilerede tage som fx teglsten. Inddækningen er lakeret (se figur 23). Løsningen virker solid, formfast og gedigen, om end noget fyldig i sin fremtoning. Den anvendte sandwich giver reelt tre tætningsslag, hvoraf gummifolien vil forblive tæt, selvom der skulle opstå revner eller monteringskader i aluminiumen.

Før lanceringen af aluminiumsløsningen med blyforkant blev bly ofte anvendt som inddækning på alle fire sider af ovenlysvinduer, som vist i figur 24. I dag leveres stort set alle ovenlysvinduer i Danmark som ovennævnte præfabrikerede, blyfri type.

Ønskes en blyfri reovering af inddækningen på eksisterende ældre ovenlysvinduer, kan de præfabrikerede vinduer anvendes, eller alternativt kan de i afsnit 2.3 beskrevne blyerstatninger anvendes – fx inddækningszink, der visuelt minder mest om bly.



Figur 23.
Inddækning af et ovenlysvindue med blyfri standardinddækning. Bemærk den skjulte siderende på de 3 sider og forkantstykket af plisseret aluminium.



Figur 24.
Inddækning af et ovenlysvindue med tilpasset blyplade

Inddækning mod plane tagmaterialer

Ved tagflader af tagpap og tagfolie foretages inddækningen af ovenlysvinduer hovedsageligt med en præfabrikeret standardinddækning, som omtalt ovenfor, men med en plan aluminiumsforkant.

Alternativt kan inddækningen udføres med tagpap og tagfolie, som føres helt til ovenlyskanten, hvor der afsluttes med en aluminiumsafdækningsprofil. På skifertage

udføres inddækninger med stiv metalplade – oftest som præfabrikeret inddækning af aluminium eller zink, med forkant af samme materiale.

I begge situationer er blyinddækning således teknisk overflødig i langt de fleste tilfælde.

Tagvinduer

Tagvinduer til såvel plane tage som profilerede tagplader fås nedlagt i en plade eller teglform tilpasset tagets profil. Enheden monteres normalt som en tagplade eller teglsten, det vil sige uden ekstra inddækning. Denne type vinduer bliver primært anvendt til uisolerede tage uden undertag.



Figur 25.
Tagvindue til bølgetagplade indbygget i formstykkke af plast

7 Andre inddækningstyper

7.1 Skotrender

Selve skotrenden udføres sjældent i bly, men derimod i zink, aluminium, stål, PVC, tagpap, tagfolie m.m. Tilslutningen af skotrenden til tagrenden afsluttes dog i nogle tilfælde med bly, men oftest føres den direkte ud i tagrenden. Blyet anvendes primært, hvor der på grund af de geometriske forhold er behov for specialtilpasninger på stedet. Denne blyinddækning vil kunne udføres med en af de i afsnit 2.3 nævnte blyerstatninger eller helt undværes med en god planlægning og godt håndværk.



*Figur 26.
Skotrende af zink og overgangsstykke af bly.*

7.2 Rygning, tagfod og hjørne

Til udførelse af rygning, tagfod og hjørnestolpe anvendes hovedsageligt aluminium, zink eller stålprofiler. De store tagproducenter leverer ofte også rygninger i samme materiale som selve tagmaterialet eller i plast og aluminium. Der anvendes sjældent bly til inddækning af rygninger, tagfod og hjørner. Det forekommer i forbindelse med skæve hjørner og steder hvor geometrien passer dårligt (som regel en følge af manglende omhu), at åbninger lukkes med blyplader. Leverandørerne af tagsten har et bredt tilbehørsprogram af rygningsssten, gratruller og tagfodder af kunststof eller aluminiumplader, som kan klare hovedparten af inddækningsbehovet.

8 Alternative materialer

I dette kapitel er givet en uddybende beskrivelse af de materialer, der er nævnt i rapportens foregående afsnit som mulige alternativer til blyinddækning. Foreliggende oplysninger om produkternes egenskaber er præsenteret, og produkternes anvendelsesmuligheder er vurderet.

Inddækningsmaterialer er her ordnet i uprioriteret, alfabetisk rækkefølge (efter overskift).

De konstruktive principper for løsninger med siderender og indmuring af tagmateriale er præsenteret og vurderet i kapitlerne 2 og 3.

Teknisk vurdering

Den tekniske vurdering har taget udgangspunkt i praktiske erfaringer med inddækninger fra projektering, tilsyn og reovering af tage. De detaljerede tekniske vurderingsparametre og tilsvarende beskrivelse fremgår af bilag 1, som også giver supplerende oplysninger, det ikke er valgt at fremhæve i selve rapporten. Overordnet er der vurderet efter følgende kriterier:

- Holdbarhed (korrosion, UV, erosion mv.)
- Mekanisk styrke
- Formbarhed
- Formstabilitet
- Brandegenskaber
- Vedligeholdelse og reparation
- Æstetik
- Pris

Vedrørende brandkrav

Tagmaterialer skal jævnfør bygningreglementet opfylde særlige brandkrav (klasse T krav). Med undtagelse af tagfolier og tagpap har de undersøgte inddækningsmaterialer med indhold af plast eller gummi ikke dansk godkendelse som klasse T materiale. Kravene til klasse T handler primært om, at materialerne skal kunne modstå flyvebrand i et givet tidsrum. Ved inddækninger i små, adskilte arealer, er dette muligvis ikke kritisk, fordi de måske ikke vil bidrage til spredning af brand, og måske ikke vil udgøre nogen væsentlig risiko for gennembrænding.

Ved længere sammenhængende inddækninger, fx ved vandret eller skrå sammenskæringer mod gavl eller facade, kunne brændbare inddækningsmaterialer potentielt udgøre en risiko for spredning af brand. Der er dog ingen oplysninger, der redegør for, om inddækninger med materialerne reelt kan udgøre en brandrisiko eller ej.

Æstetisk vurdering

De blyfri inddækningsløsninger i denne rapport er beskrevet ud fra deres udseende og dets ligheder med, eller afvigelser fra, inddækningsløsninger med bly (eller med andre sædvanlige tagmaterialer). Dette er gjort for at give læseren et udgangspunkt ved valg af inddækningsmaterialer.

Det skal understreges, at der ikke er taget stilling til om løsningerne er egnede i tilfælde, hvor der er specielle arkitektoniske eller fredningsmæssige hensyn at tage. Det være sig reoveringer af ældre bevaringsværdige eller fredede bygninger, kirker med videre.

Miljøvurdering

De identificerede inddækningsmaterialers miljøegenskaber over livscyklus er vurderet og beskrevet kortfattet. Formålet hermed har været at afdække eventuelle særligt alvorlige miljø- eller ressourceforhold ved løsningerne, og samtidigt give brugerne en indgang til at inddrage miljø og ressourcer i deres valg af inddækningsløsninger til et konkret byggeprojekt (fx i forbindelse med miljørigtig projektering). Det skal understreges, at der alene er tale om en hurtig miljøscreening, idet der ikke har været mulighed for at lave en detaljeret livscyklusvurdering af produkterne i dette projekt. Konklusionerne af miljøvurderingerne er for hvert materiale angivet i dette kapitel, mens en bredere miljøbeskrivelse er givet i bilag 2.

Oversigt over blyfri inddækninger

I tabel 3 er givet en oversigt over de vurderede inddækningsløsninger. Der er i tabellen fokuseret på anvendelse til tage med profilerede tagmaterialer, idet det hovedsageligt er her blyinddækninger anvendes i dag.

Ovenlysvinduer

Supplerende til tabel 3 skal det nævnes, at nye ovenlysvinduer i dag monteres med blyfri inddækninger som standard. Ved ønske om blyfri reovering af inddækninger på ældre ovenlysvinduer kan nye blyfri standardinddækninger også være at foretrække, såfremt målene passer. Der er ligeledes mulighed for at anvende nogle af de formbare inddækningsmaterialer, der er nævnt i tabellen.

Tabel 3
 Oversigt over blyfri inddækningsløsningers egnethed til forskellige inddækningsituationer på profilerede tage 1).

Inddækningsprodukt eller -løsning	Type	Skrå inddækninger (gavl, brandkam, sider af ovenlysvinduer, kvistsider mv.)	Vandrette inddækninger (facade, kvistforsider, forside af ovenlysvinduer mv.)	Murede skortene og andre firkantede rørgennemføringer	Stålskorstene og andre runde gennemføringer
Alternative materialer					
Inddækningszink	Blød zinkplade	++	++	++	++
Formstykker	Stive overgangsstykker, plast eller fibercement 2)		++		
Flex-alu	Plisseret alufolie med klæber	+	+	+	+
Wakaflex	Gummi-komposit med klæber	+	+	+	+
Polymer med metalforstærkning	Kunststof-komposit under udvikling	+	+	+	+
Titanzink	Alm. zinkplade 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Aluminiumsplade	Alm. aluminiumsplade (stiv) 3)	(+)	(+)	(+)	(+)
Stripflash	EPDM-bånd med alu-kanter 4)	(+)	(+)	(+)	(+)
Masterflash (m.fl.)	Formstøbte EPDM-kraver 4)				(+)
Tagfolier	Velkendt 5)	++			
Tagpap	Velkendt 5)	++			
Alternative konstruktioner					
Siderende	Rende under tagflade af forsk. materialer 6)	++		++	
Indmuring	Tagmateriale indmures i fx muret skorsten 4)	(+)	(+)	(+)	

Signaturforklaring:

- ++ Materialet/løsningen vurderes som teknisk velegnet.
- + Materialet/løsningen har lovende tekniske egenskaber, men der mangler endnu langtidserfaringer med det.
- (+) Materialet/løsningen kan principielt anvendes, men det vurderes at have tekniske eller prismæssige svagheder. Se noter for den enkelte løsninger – markeret med "x)".

Noter til tabel 1:

- 1) Supplerende til tabel 1 skal det nævnes, at nye ovenlysvinduer i dag monteres med blyfri inddækninger som standard. Ved ønske om blyfri renovering af inddækninger på ældre ovenlysvinduer kan nye blyfri standardinddækninger også være at foretrække, såfremt målene passer. Der er ligeledes mulighed for at anvende nogle af de formbare inddækningsmaterialer, der er nævnt i tabellen.
- 2) Eksisterer i dag kun til vandrette inddækninger til tagbølgeplader. Potentiale for fremstilling til andre tagmaterialer og skrå inddækninger.
- 3) Signaturen ++ ved skrå inddækning gælder kun materialets velegnethed til siderender. For øvrige inddækningstyper er materialet også anvendeligt, men individuel formgivning vurderes som meget dyr. Potentiale for anvendelse til formstykker.
- 4) Fastgøring/tætning vurderes som uhensigtsmæssig (se rapport).
- 5) Materialet kan til profilerede tagmaterialer kun anvendes til siderender. Det er desuden velegnet til de fleste inddækningstyper på tage belagt med samme materiale. Dvs. tagpap- og tagfoliebelagte tage (henholdsvis) – plane tagtyper som der ikke er fokuseret på i denne tabel (se rapport).
- 6) Siderende kan kun bruges ved skrå inddækninger (herunder skorstens-sider). Siderender kan kun anbefales på tage med velfungerende undertag, der forhindrer indfygning af sne.

8.1 Almindelig zinkplade (titanzink)

Produktnavn

Zink eller mere korrekt titanzink, der er den mest udbredte zinklegering til plader. I daglig tale bruges betegnelserne i flæng.

8.1.1 Materialet og dets anvendelse

Titanzink er et stift og formstabilt materiale. Små mængder titan og kobber er tilsat zinken for at forøge materialets mekaniske styrke og modstandsdygtighed overfor såkaldt "krybning" (for metaller er krybning en langsom længdeudvidelse, der kan resultere i brud, selv ved svage mekaniske påvirkninger). Zink er et uædelt metal som egentlig burde tæres (opløses) hurtigt, men der dannes naturligt en beskyttende hinde af basisk zinkkarbonat og har derfor en god holdbarhed. I Danmark anvender vi normalt zink nr 12 med en tykkelse på 0,65 mm eller zink nr 14 med en tykkelse på 0,8 mm. Holdbarheden er bedre jo tykkere materiale, fordi der sker en langsom, men vedvarende tæring (korrosion) og fysisk slitage ("erosion" fra vand mm.).

Zinkplade formes og bukkes med specialværktøj. Pladerne kan samles ved falsning eller lodning.

I Danmark anvendes inddækning med titanzink primært på plane tagmaterialer som skifer og zinktagdækning, samt til skotrender, siderender og zinkløskanter. Det vil sige til formål, hvor det består af plane eller enkeltkrumme flader (eventuelt bukkede).

I vore nabolande mod syd (Tyskland og Østrig) anvendes zink også tilpasset formen på fx tagsten, på samme måde som bly anvendes i dag. Denne type inddækning består af en zinkløskant og et stykke zink som ved bukning, klipning og lodning er tildannet, så det kan følge overfladen på et tag belagt med tagsten eller tagplader. Sådanne specialformede inddækninger udformet i zink kræver en stor håndværksmæssig bearbejdning, når zinkpladen skal formes efter profilerede tagflader.

8.1.2 Byggeteknisk vurdering

Titanzink er ikke bestandigt overfor sur nedbør, fx som resultat af svovlsur luft. Det har i en årrække været et stort problem, da forurening med svovl fra brændselsolier mv. var betydelig. I dag er forureningen med forsurende stoffer mindsket væsentligt i Danmark, og zink har under disse betingelser normalt en høj levetid (op til 80-100 år for 0,8mm plade ifølge leverandører).

Titanzink regnes for et godt og holdbart materiale når det anvendes fagligt korrekt.

Zink bør ikke monteres med kobbersøm eller komme i kontakt med kobber, idet der derved kan forekomme galvanisk korrosion. Almindelige fastgørelsesmidler af fx rustfrit og galvaniseret stål giver ikke problemer af den art.

Udseende

Zinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition. Formgivning kan udføres til et pænt resultat ved godt håndværk.

Pris

Inddækninger af specialtildannede formstykker af zink har en meget høj pris som gør, at løsningen ikke under de nugældende forudsætninger er konkurrencedygtig. Den høje pris skyldes, at løsningen kræver megen håndværksmæssig tildannelse. Udvikling af skabeloner for forskellige tagstenstyper vil kunne gøre produktet billigere, men det vurderes stadig at ville være dyrere end blyinddækninger og tilsvarende løsninger.

8.1.3 Miljøvurdering

Zinks overflade korroderes ligesom bly's langsomt, hvorved der frigives opløste zinksalte med moderat giftighed. Derfor er der sat grænser for indholdet af zink i blandt andet spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord. Zink er dog ikke så giftigt som bly, og zinktilførslen til spildevandsslam i Danmark er fortsat generelt længere under grænseværdien end det er tilfældet for bly.

Zinks giftighed kombineret med den relativt store spredning til miljøet er ugunstigt i forhold til dets egnethed som erstatning for bly til inddækningsformål. Det skal bemærkes, at forbruget af zink til inddækningsformål kun vil bidrage med en begrænset del af spredningen af zink til miljøet, idet der er store bidrag fra den udbredte anvendelse af zink til galvanisering af stål.

De kommercielt attraktive reserver af zink er anslået til 25 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 250 års forbrug (USGS, 2000).

En betydelig del af zinkindækningsmassen tabes til miljøet over levetiden, men derudover må zinkplade anses som velegnet til frasortering og genanvendelse efter endt brug.

Miljøforholdene for zinkplade til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.2 Aluminiumsplade

Produktnavne

Der findes mange forskellige produkter og leverandører på markedet.

8.2.1 Materialet og dets anvendelse

Aluminium leveres i flere forskellige legeringer med forskellige styrke og holdbarhedsegenskaber. Aluminium leveres både som uforarbejdet plade, halvfabrikata og som færdige præfabrikerede inddækninger.

Aluminiumsplade benyttes mest til byggeri i tykkelser og kvaliteter, der er relativt stive. Det vil sige til formål, hvor det består af plane eller enkeltkrumme flader (eventuelt bukkede). Tyndere aluminiumsplade kan dog i nogen grad formgives og tilpasses tagmaterialets form i monteringssituationen på taget. Mage flex-alu er et eksempel herpå (se særskilt omtale).

Aluminium anvendes i dag til et stort antal byggevarer, hvoraf visse helt eller delvis erstatter blyinddækninger. Eksempler er præfabrikerede inddækninger til ovenlysvinduer og skorstene, afdækninger af sternkanter, tagfod, bjælkeendefafdækning, siderender og præfabrikerede skotrender.

8.2.2 Byggeteknisk vurdering

Aluminium er et velafprøvet materiale, der har været anvendt i byggeriet i en lang årrække med stadigt stigende udbredelse. Hovedparten af inddækningerne af ovenlysvinduer er i de sidste ca. 25 år udført af lakeret aluminiumsplade. Der er ikke kendskab til uheldige erfaringer hermed, der kan tilskrives aluminium. Aluminium har været anvendt til vindueskonstruktioner og facadebeklædninger i en betydeligt længere periode.

Til inddækningsformål er det vigtigt at anvende aluminiumslegeringer med stor holdbarhed overfor korrosion. Indenfor byggeriet anvendes ofte betegnelsen "søvandsbestandig aluminium" for sådanne aluminiumskvaliteter (udtrykket hentyder til modstanddygtighed overfor saltpåvirkning fra havet). Ulegeret aluminium har ringere korrosionsmodstand og styrke end valgte legeringstyper.

Aluminium kan overfladebehandles ved lakering eller eloxering. Begge dele forøger aluminiums holdbarhed overfor klimapåvirkninger, foruden at det giver mulighed for farvevalg.

Plade af aluminium forarbejdes rimeligt let ved skæring og bukning. Svejsning af aluminium kan udføres på værksted når tykkelsen er over ca. 1,5 mm (svejsning kan ikke foretages på taget). Aluminiumsplade kan desuden sammenføjes ved falsning.

Eloxeret kan ikke efterfølgende bukes uden risiko for skader på overfladebehandlingen. Det samme gælder visse typer lakering.

Aluminium kan ikke loddes. Dette giver visse begrænsninger i mulighederne for tilpasning og sammenføjning ved monteringsarbejdet på taget. Aluminiumsplade med begrænset tykkelse kan dog sammenføjes på taget ved falsning med håndværktøj.

Aluminiumsprofiler af plademateriale til byggeri sammenføjes ofte med geometriske overlæg og indbyrdes fastholdelse (bukninger), der kan samles manuelt på taget. Sammenføjningerne er bukket på forhånd i værksted eller industriproduktion.

Aluminium bør ikke monteres med kobbersøm eller komme i kontakt med kobber, idet der derved kan forekomme galvanisk korrosion. Af samme årsag skal det undgås at aluminium kommer i kontakt med trykimprægneret træ (indeholder kobbersalte). Almindelige fastgørelsesmidler af fx rustfrit og galvaniseret stål giver ikke problemer af den art.

Principielt vil aluminium kunne anvendes til fremstilling af præfabrikerede formstykker tilpasset de enkelte profilerede tagmaterialer. Produkter af denne art er dog ikke fundet ved de foretagne undersøgelser.

Udseende

Ubehandlet aluminium bliver naturligt belagt med en mat oxidhinde efter nogle år i udeklimaet. Det fremstår dog som regel mere metallisk end fx zink og bly. Farvemulighederne ved lakering er principielt ubegrænsede. Visse nuancer kan opnås ved eloxering.

Pris

Priserne afhænger naturligvis af den anvendte inddækningstype, herunder om der er tale præfabrikerede, avancerede produkter eller mere simple profiler. Aluminiumsprodukter i handelen til byggeri er dog prismæssigt konkurrencedygtige.

Som eksempel er beregnet en overslagspris for en siderende i 0,6 mm aluminium til skrå sammenskæring (fx til kvistside). Overslagprisen ligger lidt under overslaget for samme løsning udført i zinkplade (se afsnit 2).

Prisoverslaget er baseret på V&S Prisbogen (1999) og er incl. arbejds løn.

Indskud incl. rille	170,-
Rende af aluminium	130,-
Fuge	50,-

<u>I alt</u>	<u>350,-</u>
--------------	--------------

Bemærk at prisoverslaget er forbundet med usikkerhed og ikke nødvendigvis udtrykker prisdannelsen i en konkret tilbudssituation.

8.2.3 Miljøvurdering

Der er væsentlige energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstillingen af ny aluminium (såkaldt primær aluminium). Derfor er optimal mulighed for genanvendelse vigtigt, når

man bruger aluminium. Af samme årsag bør aluminiumsprodukter med stort indhold af genbrugt (såkaldt sekundært) aluminium foretrakkes, idet det samtidigt skal sikres at produkterne har tilstrækkelig korrosionsbestandighed (levetid).

Inddækninger med aluminiumsplade eller profiler er egnet til genanvendelse, såfremt de monteret således, at det er enkelt og hurtigt at afmontere og frasortere aluminiumen ved nedrivning eller reovering.

De globale aluminiumsreserver er relativt store sammen lignet med fx zink og kobber. De kommercielt attraktive reserver af råmaterialet bauxit er anslået til 200 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 530 års forbrug (USGS, 2000).

Der kan være væsentlige miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ved uhensigtsmæssige lakeringsprocesser. Minimal anvendelse af organiske opløsningsmidler og sikker beskyttelse af medarbejdere (lukkede malekabiner) bør foretrakkes.

Miljøforholdene for aluminium til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.3 Blød zinkplade til inddækningsformål

Produkt navn

Inddækningszink.

8.3.1 Materialet og dets anvendelse

Inddækningszink består af en særlig type blød, lavt legeret zink. Det fås dels som plan plade, dels som en plisseret (bølgeformet) plade, begge med en godstykkelse på 0,6 mm. Materialet forventes introduceret i Danmark i efteråret 2000.

Inddækningszink anvendes principielt svarende til blyplader. Når der skal bruges plader, der skal forøges i bredden, kan anvendes plisseret (bølgeformet) zinkplade. Se eksemplerne i figur 27. Til figuren skal bemærkes, at skrå inddækning med inddækningszink ifølge producenten også udmærket kan udføres over flere tagsten, som der er tradition for med bly i Danmark.

Tæthed opnås ved geometriske overlæg eller lodning mod stål og zink. Materialet kan formes med håndværktøj på anvendelsesstedet og kan samles ved falsning eller lodning.



Figur 27.
Skrå og vandret inddækning med plan og plisseret inddækningszink. Inddækningen kan også laves uden opdelingen på enkeltsten (Rhein-zink, 2000).

8.3.2 Byggeteknisk vurdering

Hvad angår det tekniske er der tale om et materiale, der vurderes at have gode muligheder for at slå igennem som erstatning for bly til inddækninger. Materialet er nært beslægtet med titanzink, der har en lang tradition i dansk byggeri og er bredt accepteret af håndværkere og byggeriets rådgivere. Inddækningszink kan bearbejdes med velkendte metoder og værktøjer. Selvom det ikke har helt samme egenskaber som blyplade, forventes omstillingsbehovet derfor at kunne blive minimalt.

Materialet forventes at have en god holdbarhed, dog lidt kortere end for den mest anvendte titanzinkplade på grund af den lavere tykkelse (0,6 mm. mod sædvanlig 0,8 mm for titanzinkplade). Levetiden forventes af leverandøren at være af størrelsen 60 år (hvor normal 0,8 mm titanzink har en levetid på af størrelsen 80 år).

Zink bør ikke monteres med kobbersøm eller komme i kontakt med kobber, idet der derved kan forekomme galvanisk korrosion. Almindelige fastgørelsesmidler af fx rustfrit og galvaniseret stål giver ikke problemer af den art.

Udseende

Inddækningszinks udseende har stor lighed med blys. Samtidig er zinkplader et almindeligt og accepteret materiale på tage i dansk byggetradition. Formgivning kan udføres til et pænt resultat ved godt håndværk.

Pris

Inddækningszink er i materialepris pr. oktober 2000 af størrelsen 2-3 gange så høj som blyrulle (Brdr. Dahl, 2000). Desuden er materialet lidt stivere end bly og derfor muligvis dyrere i håndværkspris end bly.

8.3.3 Miljøvurdering

Zinks overflade korroderes ligesom blys langsomt, hvorved der frigives opløste zinksalte med moderat giftighed. Derfor er der sat grænser for indholdet af zink i blandt andet spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord. Zink er dog ikke så giftigt som bly, og zinktilførslen til spildevandsslam i Danmark er fortsat generelt længere under grænseværdien end det er tilfældet for bly.

Zinks giftighed kombineret med den relativt store spredning til miljøet er ugunstig i forhold til dets egnethed som erstatning for bly til inddækningsformål. Det skal bemærkes, at forbruget af zink til inddækningsformål kun vil bidrage med en begrænset del af spredningen af zink til miljøet, idet der er store bidrag fra den udbredte anvendelse af zink til galvanisering af stål.

De kommercielt attraktive reserver af zink er anslået til 25 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 250 års forbrug (USGS, 2000).

En betydelig del af zinkindækningsers masse tabes til miljøet over levetiden, men derudover må zinkplade anses som velegnet til frasortering og genanvendelse efter endt brug.

Miljøforholdene for zinkplade til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.4 EPDM-inddækningsbånd med aluminiumskant

Produktnavn

Stripflash

8.4.1 Materialet og dets anvendelse

Stripflash består af en syntetisk EPDM-gummi med en formbar aluminiumliste indstøbt i kanterne (EPDM er forkortelsen for ethylen-propylen-dien-terpolymer).

Stripflash er et inddækningsmateriale, som er blødt og føjeligt. EPDM-gummien er ikke formfast, men aluminiumslisterne fastholder den tildannede form i inddæknings yderkanter. Formgivningen kan foretages med hænderne.

Inddækningen fastgøres mod tagfladen med tætningsmasse og skruer, mens det fastgøres med klemskinne kombineret med fugning på mur eller gennemføring.

Stripflash fås i farven grå, og leveres i ruller á 10 meter i en bredde på 225 mm.

8.4.2 Byggeteknisk vurdering

Det er uheldigt at gennembryde tæthedspanet med skruer, så der dannes basis for et hul i taget.

En tætning der er baseret på vedhæftning mellem fugemasse og EPDM-gummi og mellem tagmateriale og fugemasse er en betænkelig løsning. Denne type tætning vurderes ikke tilstrækkelig sikker på et tag, som har en stor vand- og solbelastning.

Produktet vurderes at have begrænsede anvendelsesmuligheder som alternativ til blyinddækning. Det kan dog have sin berettigelse på profilerede stålpladetage, hvor fastgørelse med gennemskruining i tæthedspanet er sædvanlig praksis. Produktet kan muligvis også anvendes til tagbølgeplader i visse situationer.

Der er gode langtidserfaringer med materialet EPDM anvendt som tagfolie. På tage belagt med tagfolie anvendes samme tagfolie til inddækninger, læs mere herom i afsnit 8.10.

Materialet er ikke brandgodkendt (godkendt til klasse T jf. bygningreglementet). Der eksisterer ikke oplysninger, der redegør for, om materialet er brandmæssigt egnet (lange, sammenhængende inddækninger vil muligvis være mere følsomme end mindre punktindækninger). EPDM tagfolier på det danske marked leveres med klasse T brandgodkendelse.

Udseende

Stripflashs grå farve kan på afstand minde lidt om oxideret blyplade. Synlig fugning samt skruer vil dog adskille udseendet fra traditionel blyinddækning. Materialet følger sig ikke helt som bly til profilerede tagmaterialer, fordi EPDM ikke er formstabil.

Pris

Stripflash koster i materialepris omkring 430,- kr. pr meter. Et tilsvarende stykke blyplade koster omkring 75 kr. pr. meter, men kræver muligvis lidt mere bearbejdning. Denne inddækningstype vurderes derfor som noget dyrere end den traditionelle blyinddækning.

8.4.3 Miljøvurdering

EPDM-gummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Ikke desto mindre må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer. Stofferne udvindes fra naturgas og olie.

Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begrænsede reserver af. Ved affaldsforbrænding genvindes en del af energiindholdet i materialet dog, hvorved der spares andre energibrændsler.

Det er væsentligt, at der vælges EPDM-kvaliteter uden indhold af phthalat-blødgørere, da disse anses for at have en række miljø- og sundhedseffekter, og i øvrigt ligesom bly

optræder i kritiske niveauer i spildevandsslam. Ifølge importøren er det konkrete produkt uden indhold af phthalater.

De formstøbte EPDM-produkters aluminiumskant vil gå tabt ved bortskaffelse til affaldsforbrænding. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra aluminiumsfremstillingen efter endt brug af produktet.

I tilfælde hvor inddækningen skal udskiftes (uden at tagbelægningen udskiftes) og det ikke er muligt at rense tætningsmassen af, eller dække den med den nye inddækning, kan klæbningen medføre udskiftning af tagmateriale med tætningsmasse på. Det vil i givet fald medføre tab af ressourcer (kortere levetid for tagmaterialet) og meromkostninger til køb af nyt tagmateriale.

Miljøforholdene for EPDM-produkter til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.5 Formstabil polymerinddækning med metalforstærkning

Produktnavn

Ukendt.

8.5.1 Materialet og dets anvendelse

Produktet er under udvikling. Det er her beskrevet og vurderet ud fra prototyper. Præsentationen er her forenklet og summarisk af fortrolighedshensyn. Produktet er patenteret.

Inddækningsmaterialet består af metal og en blød polymer. Det er forsynet med andre forstærkende lag, samt en UV-beskyttende belægning .

8.5.2 Byggeteknisk vurdering

Baseret på foreliggende oplysninger vurderes PEM umiddelbart at have egenskaber som er på niveau med bly med hensyn til rivestyrke, brudforlængelse, perforeringsmodstand og formstabilitet. Produktet kan formes med hænderne, men vurderes ud fra prototyper at skulle bearbejdes med håndværktøj ved krævende dobbeltkrum tilpasning (det samme er tilfældet for bly). Produktet er ved denne bearbejdning strækbart i alle retninger og er formstabilt i den tildannede facon.

Det forventes at kunne modstå vindpåvirkninger ved egen stivhed, men ved stor inddækningsbredde kan der suppleres med mekanisk fastgørelse med særlige skinner (uden perforering af inddækning eller tagmateriale).

Produktet kan sammenføjes ved limning ved overlæg (med speciel limtype). Fastgørelse til murværk vurderes at kunne udføres med klemskinne eller løskant på samme måde som bly.

Produktet kan limes på metaloverflader, som fx ventilationsgennemføringer. Baseret på erfaringer med andre produkter anbefales limning dog her suppleret med klemliste, spændebånd eller lignende.

Den anvendte polymer er optimeret til lang holdbarhed ved anvendelse udendørs. Det er endnu ikke muligt at vurdere produktets langtidsholdbarhed. Der foreligger dog oplæg til garanti fra producentens side.

Udseende

Materialets udseende virker ikke fremmed på tage, men adskiller sig fra bly.

Pris

Materialeprisen forventes ifølge udviklerne at ligge over prisen for blyplade, men der kan være tale om tidsbesparelser ved montering. Produktet er som antydnet endnu ikke i handelen. Produktet forventes tidligst i handelen i 2001.

8.5.3 Miljøvurdering

Den anvendte polymertype vurderes at være blandt de mindre miljøbelastende (polymertype kan ikke oplyses). Oplysninger om energi- og ressourceforbrug i livscyklus haves ikke, men polymeren er i væsentlig grad baseret på råstoffer fra mineralsk olie. Tilsvarende polymerer anvendes til visse byggematerialer, som har lave MAL-koder. Dette kan indikere, at arbejdsmiljøbelastningen ved fremstillingen af inddækningsproduktet muligvis er begrænset. Lav arbejdsmiljøbelastning har ifølge udviklerne været et prioriteret område for udviklingen.

Den anvendte polymer er ikke blødgjort med phthalater (phthalater er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer).

Det er med et kompositprodukt som dette ikke sandsynligt, at det indgående metal kan genanvendes. Såvel ressourcen –metallet – som det investerede energiforbrug til dets fremstilling går således tabt efter endt anvendelse af inddækningen.

Af hensyn til fortrolighed er produktets miljøegenskaber er ikke beskrevet yderligere.

8.6 Formstøbte gummi-inddækninger til runde gennemføringer

Produktnavne

Masterflash, Retrofit Masterflash, Dektite (type ikke behandlet, men samme grundprincip).

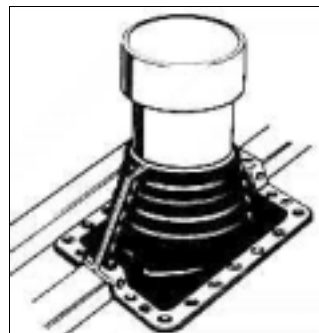
8.6.1 Materialet og dets anvendelse

Masterflash er en formstøbt, fleksibel krans af en syntetisk EPDM-gummi med en aluminiumskant ved tilslutningen til tagfladen (EPDM er forkortelsen for ethylen-propylen-dien- terpolymer). Et monteret eksempel er vist på figur 28.

Retrofit masterflex adskiller sig fra Masterflex ved at have form som en kappe, der kan krænges omkring rørgennemføringen og sammenspændes på kappens side, se figur 29. Dette letter monteringen på fx høje eller bardunsikrede gennemføringer.



Figur 28.
Inddækning med Masterflash (ABA Tagprodukter, 1999).



Figur 29.
Inddækning med Retrofit masterflash (ABA Tagprodukter, 1999).

Produktet fås i 11 størrelser til rørdiametre fra 3 mm til 480 mm. Retrofit Masterflash fås i 3 størrelser til rørdiametre fra 12 mm til 439 mm.

For begge typer gør aluminiumskanten på inddækningsfoden det muligt at tilpasse inddækningen til profilerede tage. Tilpasningen udføres med hånden og ved brug af en gummi- eller bolshammer. Der er mulighed for at tilpasse inddækningen til rørdimensionen ved at skære noget af toppen, som tilsluttes mod røret.

Begge typer inddækning fastgøres mod tagfladen med tætningsmasse, og hvis tagmaterialet tillader det også med skruer. Tilslutningen til rørets top tætnes med fugemasse og fastspændes med en kabelstrip eller et spændebånd.

8.6.2 Byggeteknisk vurdering

Princippet med at inddække ved at klæbe noget ovenpå en tagbelægning er en betænkelig løsning. Den geometriske løsning, hvor der dannes overlæg så vandet naturligt løber af er altid at foretrække. Det er ligeledes uheldigt at gennembryde tæthedsplanet med skruer, så der dannes basis for et hul i taget.

Produktet kan have sin berettigelse på profilerede metalpladetage på industri og lagerbygninger, hvor gennemboring af tagfladen i tæthedsplanet er normal monteringspraksis.

Producenten af Masterflash-inddækningerne giver 10 års garanti, men oplyser, at de vurderer levetiden som længere.

Materialet er ikke brandgodkendt (godkendt til klasse T jf. bygningreglementet). Der eksisterer ikke oplysninger, der redegør for, om materialet er brandmæssigt egnet (lange, sammenhængende inddækninger vil muligvis være mere følsomme end mindre punktindækninger). EPDM tagfolier på det danske marked leveres med klasse T brandgodkendelse.

Udseende

Et gummi produkt med dette udseende er et uvant materiale på tage med tegl og betontagsten og virker uharmonisk på parcelhuse og byhuse.

Masterflash-produkterne lagerføres i sort, men også andre farver kan leveres.

Pris

Prisen for Masterflash inddækninger til rørgennemføringer varierer mellem ca. 170,- og ca. 1700,- kr. afhængigt af diameter (incl. monteringsæt). Der er ikke indsamlet oplysninger om priser på tilsvarende blyinddækninger til runde gennemføringer.

8.6.3 Miljøvurdering

EPDM-gummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Ikke desto mindre må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer. Stofferne udvindes fra naturgas og olie.

Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begrænsede reserver af. Ved affaldsforbrænding genvindes en del af energiindholdet i materialet dog, hvorved der spares andre energibrændsler.

Det er væsentligt, at der vælges EPDM-kvaliteter uden indhold af phthalat-blødgørere, da disse anses for at have en række miljø- og sundhedseffekter, og i øvrigt ligesom bly optræder i kritiske niveauer i spildevandsslam. Ifølge importøren er det konkrete produkt uden indhold af phthalater.

De formstøbte EPDM-produkters aluminiumskant vil gå tabt ved bortskaffelse til affaldsforbrænding. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra aluminiumsfremstillingen efter endt brug af produktet.

I tilfælde hvor inddækningen skal udskiftes (uden at tagbelægningen udskiftes) og det ikke er muligt at rense tætningsmassen af, eller dække den med den nye inddækning, kan klæbningen medføre udskiftning af tagmateriale med tætningsmasse på. Det vil i givet fald medføre tab af ressourcer (kortere levetid for tagmaterialet) og meromkostninger til køb af nyt tagmateriale.

Miljøforholdene for EPDM-produkter til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.7 Inddækning med formstykker

Produkt navn

Flere forskellige produkter i handelen. Produkterne er tilpasset de enkelte tagmaterialer og findes i disses tilbehørsprogrammer.

8.7.1 Materialerne og deres anvendelse

Formstykker til inddækning af vandrette og skrå sammenskæringer leveres i dag kun til tagbølgeplader. Tidligere har leverandørerne af betontagsten også haft disse produkter i deres tilbehørsprogram. Formstykker til betontagsten kan ifølge producenter hurtigt sættes i produktion igen, hvis der er tilstrækkelig efterspørgsel.

Formstykkerne leveres som standard tilbehør til tagbølgeplader til vandrette sammenskæringer (fx mod mur eller kvistforside). Leverandører har oplyst, at de kan leveres til skrå sammenskæringer (fx tag mod brandkam), men der er ikke erfaringer med dette.

Formstykker til tagbølgeplader produceres dels af fibercement plader og dels af vejrbestandig plast på polystyren basis ("HIPS" – high impact polystyren). Plasterne er overfladebehandlet med en maling som beskytter mod UV-stråler og giver materialet en farve, der tilpasset tagbelægningen.

Formstykkerne tætnes mod tagdækningen med en skumstrimmel eller et butylfugebånd og skrues fast i tagkonstruktionen, som ved bølgetagplader. Den primære tætning er overlæggene og fugningen udføres som en ekstra sikkerhed. Formstykkerne har en opkant ind mod murværket, denne afdækkes med en zinkløskant der fastgøres til muren og fuges.

Mange blyinddækninger kunne undværes, hvis der kunne fås formstykker til flere typer af profilerede tagdækninger og til sidetilslutninger. I dag fås de kun som standard til vandrette tilslutninger til bølgetagplader. Et væsentligt problem ved formstykker er dog den begrænsede fleksibilitet. Formstykker skal afpasses efter taghældning og tagbelægningen. Ved tagstensbelægninger endvidere efter dækbredden i udlægningen. Sidetilslutninger vil ligeledes fordrage mange forskellige geometrier.

Det er besværligt at håndtere mange forskellige geometrier af formstykker og der er fejlmuligheder på grund af kompleksiteten. Derfor kan det blive relativt dyrt at anvende formstykker.

8.7.2 Byggeteknisk vurdering

Løsningerne med formstykkerne af plast giver gode og holdbare løsninger. Plastformstykker har været anvendt i mere end 20 år, uden at der er negative erfaringer. Formstykker af fibercement er principielt bedst til bølgetagplader af fibercement, fordi holdbarhed og det visuelle indtryk herved er ens. Plastformstykker dominerer dog markedet.

Vandrette plastformstykker til tagbølgeplader er ifølge foreliggende oplysninger ikke brandgodkendt (godkendt til klasse T jf. bygningreglementet). Der eksisterer ikke oplysninger, der redegør for, om materialet er brandmæssigt egnet (lange,

sammenhængende inddækninger vil muligvis være mere følsomme end mindre punktinddækninger).

Udseende

Visuelt er inddækninger med formstykker til bølgetagplader en god og harmonisk løsning, fordi de danner en helhed med tagmaterialet.

I de senere år har plastformstykker i forbindelse med tagsten været anset for et lavkvalitetsprodukt i forhold til blyinddækninger, som opfattes som traditionstro håndværk

Pris

Prisen for inddækning af vandret sammenskæring på tagbølgeplader med de formstykker af plast, der i dag er på markedet, er ca. kr. 500,- pr løbende meter (samlet løsning incl. arbejds løn). Det er af størrelsen 20 % dyrere end en blyinddækning.

Priserne på formstykker til skrå sammenskæring på tagbølgeplader er i dag meget høje, fordi de ikke produceres som lagervarer. Men ved større efterspørgsel vil priserne falde – formodentlig til samme niveau som lagerførte formstykkerne til vandret sammenskæring.

8.7.3 Miljøvurdering

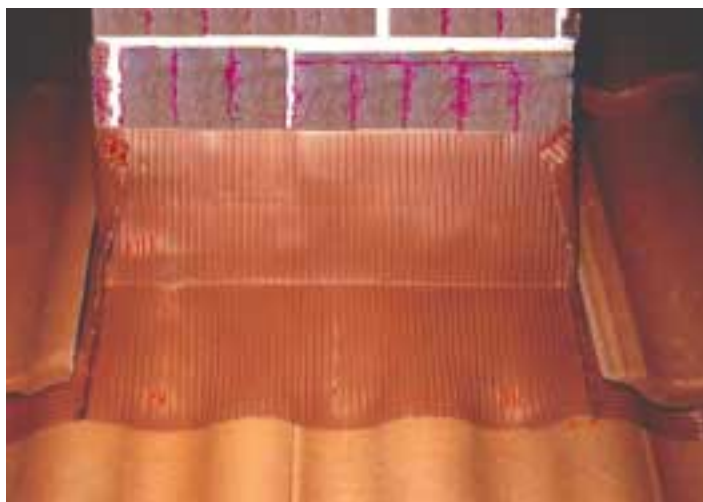
Formstykker er lavet af forskellige materialer afhængigt af tagmaterialets type og producent. Der er ikke foretaget miljøvurdering af formstykker indenfor dette projekt.

8.8 Plisseret formbar aluminiumsplade

Produkt navn

MAGE Flex-Alu

8.8.1 Materialet og dets anvendelse



Figur 30.
Eksempel på MAGE Flex-Alu inddækning af en skorsten.

Materialet består af bølgeformet aluminiumsplade i 0,15 mm tykkelse, der er overfladebehandlet med polyesterlak på både for- og bagside. Produktet leveres også i en version med et lag butylklæber på bagsiden. Produktet er let at forme. Det er ikke helt så blødt som bly, men til gengæld mere formstabil. Det har lav vægt, hvorfor dets egenstivhed ved fastgørelse skal suppleres med klæbning med den påsatte butylklæber.

Produktet leveres i baner af 280 mm's bredde og 5 m's længde. Det kan leveres i op til 600 mm's bredde efter bestilling.

Produktet er nyt på det danske marked og er ifølge leverandøren under stadig udvikling.

Produktet er som nævnt formbart og derfor potentielt velegnet til inddækninger af profilerede tage. Længden kan øges med 30% ved udstrækning af bølgerne, hvilket gør det muligt at få inddækningen til at følge tagdækningens profilering.

Produktet er meget let og derfor nemt at håndtere på taget. Det kan tildannes med saks og håndrulle. Hjørnesamlinger udformes som falsninger, som kan udføres med håndværktøj. Der leveres illustrerede arbejdsanvisninger fra leverandøren.

På murværk afsluttes med traditionelle løskanter eller en mekanisk fastgjort klemliste af aluminium.

Samme produkttype leveres i en udgave med kobberplade uden overfladebehandling. Denne er ikke behandlet nærmere her (se afsnit 8.12).

8.8.2 Byggeteknisk vurdering

Flex-Alu har en lille rivestyrke, ligesom blyplade, hvilket betyder at indbygningsmetoden skal udformes, så der ikke kommer spændinger i materialet.

Ideen med en formbar aluminiumsinddækning er god, men umiddelbart virker materialet spinkelt og sårbart på grund af dets lille godstykkelse. Producenterne har dog udført en lang række test af produktet og på den baggrund giver de i Belgien 30 års garanti på produktet (som del af en konstruktion med betontagsten af et belgisk mærke).

Noget tilsvarende kan vise sig nødvendigt for at produktet bliver accepteret på det danske marked. På grund af manglende lantidserfaringer med produktet kræver dets anvendelse i dag reelt en accept af jævnlige tilsyn og udgifter ved eventuel vedligeholdelse.

Aluminium er i sig selv et korrosionsstabil materiale og endvidere er det beskyttet af en overfladebehandling. Tætheden opnås med geometriske overlæg som ved blyinddækninger. Det er et godt og velkendt princip.

Når inddækningen eventuelt skal udskiftes vil det betyde at tagmateriale med klæber skal renses eller udskiftes. Begge dele vil medføre variationer i udseendet, idet ny tagdækning adskiller sig fra gammel.

Til større runde taggennemføringer vurderes produktet ikke at være særlig velegnet, fordi det med de nuværende dimensioner skal sammensættes af flere stykker for at få en passende form. Herved bliver løsningen mindre solid og stabil.

Udseende

Produktet leveres i farverne teglrød, sort, gul, zink som standard farver, men kan fremstilles i alle RAL-farver (farvekodesystem). Inddækningen kan således vælges i en farve som ligner blyinddækning, eller farver som falder sammen med tagbelægningen.

På grund af plisseringen adskiller produktet sig visuelt fra traditionel plan blyplade, men det minder om den bølgeformede inddækning nederst på sædvanlige standardinddækninger til ovenlysvinduer.

Prisniveau

Prisen vurderes at være på niveau med en traditionel blyinddækning. Materialeprisen er ca. kr. 100,- pr løbende meter, hvilket er ca. 25 kr. mere end bly. Men forarbejdningstiden vurderes at være mindre, fordi materialet er vejer mindre og ikke skal bankes for at blive længere, men blot kan trykkes og rykkes med hånden.

8.8.3 Miljøvurdering

Der er kraftige energiforbrug og miljøpåvirkninger ved fremstillingen af ny aluminium (såkaldt primær aluminium). Derfor er optimal mulighed for genanvendelse vigtigt, når man bruger aluminium. Af samme årsag bør aluminiumsprodukter med stort indhold af genbrugt aluminium foretrækkes, idet det samtidigt skal sikres at produkterne har tilstrækkelig korrosionsbestandighed (levetid).

Mage alu-flex bruger med sin lave godstykkelse (0,15 mm) mindre aluminium pr. m² inddækning end sædvanlig aluminiumsplade til bygningsformål, men på grund af den ringe mængde vurderes det som mindre sandsynligt, at det i praksis vil blive frasorteret til genanvendelse. Producenten oplyser, at inddækningsproduktet har indhold af genbrugsaluminium.

De globale aluminiumsreserver er relativt store sammenlignet med fx zink og kobber. De kommercielt attraktive reserver af råmaterialet bauxit er anslået til 200 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 530 års forbrug (USGS, 2000).

Der kan være væsentlige miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ved uhensigtsmæssige lakeringsprocesser. Forholdene omkring det konkrete produkt er ikke undersøgt.

I tilfælde hvor inddækningen skal udskiftes (uden at tagbelægningen udskiftes) og det ikke er muligt at rense klæbematerialet af, eller dække den med den nye inddækning, kan klæbningen medføre udskiftning af tagmateriale med klæber på. Det vil i givet fald medføre tab af ressourcer (kortere levetid for tagmaterialet) og meromkostninger til køb af nyt tagmateriale.

Miljøforholdene for aluminium til inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2

8.9 Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering

Produktnavn

Wakaflex.

8.9.1 Materialet og dets anvendelse

Wakaflex består af polymeren butylgummi (polyisobutylen - PIB) med et indstøbt aluminiumsstrækgitter og en selvklæbende tætningskant af butylklæber. Produktet leveres i ruller med 5 meter i 0,28 m bredde.

Wakaflex er et inddækningsmateriale, som er let at formtilpasse og produktet bevarer den ved monteringen givne form. Produktet er strækbart i alle retninger. Formgivning kan foretages med hænderne eller med metal trykrulle. Produktet er forsynet med en selvklæbende tætningskant, som hindrer indtrængning af vand, sne og snavs, og supplerer formstabiliteten.

Wakaflex kan principielt anvendes som alternativ til bly ved stort set alle inddækningsituationer. Det er dog næppe velegnet til runde gennemføringer (se byggeteknisk vurdering).

Ved inddækninger på lodrette murede flader afsluttes inddækningen øverst med traditionelle løskanter eller en skinne af aluminium og en tætningsfuge, som vist på figur 18. Wakaflex er selvsvævsende, det vil sige at produktet automatisk smelter sammen ved overlæg og samling, og derved undgås lodde- eller limeprocesser på taget. Produktet kan tilpasses såvel plane som profilerede tagflader, og kan principielt anvendes ved såvel nybyggeri som renovering.

8.9.2 Byggeteknisk vurdering

Byggeteknisk vurderes Wakaflex som et lovende alternativ til bly. Der kan formes og tildannes inddækninger med almindeligt håndværktøj. Der leveres illustrerede arbejdsanvisninger fra leverandøren.

Wakaflex har været anvendt i Tyskland i 6-8 år. Producenten vurderer levetiden til at være betydeligt længere end 10 år. Der er dog ingen erfaringer med langtidsholdbarheden af produktet. De store krav til bygningsbeskyttelse, der stilles i byggebranchen, sammenholdt med blyinddækningers levetid på op til 60-70 år, antyder dog, at der kan være behov for længerevarende erfaringer med en fleksibel kunststofinddækning som Wakaflex, før den for alvor kan slå igennem på det danske marked. Anvendelse af materialet i dag kræver reelt accept af jævnlige tilsyn og udgifter ved eventuel vedligeholdelse.

Når inddækningen eventuelt skal udskiftes, vil det betyde at tagmateriale med klæber skal renses eller udskiftes. Begge dele vil medføre variationer i tagets udseende, idet ny tagdækning adskiller sig fra gammel.

Produktet vurderes ikke i sig selv at være særligt velegnet til inddækning af runde gennemføringer, fx ventilationsgennemføringer. Det næppe er strækbart nok, til at inddækningen kan laves i ét stykke uden sammenføjninger. Sammenføjninger her vurderes at kræve et fast underlag – fx i form af en underliggende metalkegle – for at være holdbare over længere tid.

Materialet er ikke brandgodkendt (godkendt til klasse T jf. bygningreglementet). Der eksisterer ikke oplysninger, der redegør for, om materialet er brandmæssigt egnet (lange, sammenhængende inddækninger vil muligvis være mere følsomme end mindre punktinddækninger).

Udseende

Produktet lagerføres i Danmark i de tre farver rød, brun og mørkegrå som er afpasset efter farverne på betontagsten fra producenten Lafarge Braas - Dansk tag. Det kan dog også hjemtages i en lysere grå, der ligger tættere på blyfarve, samt en række andre farver.

Visuelt fremstår materialet lidt anderledes end bly, fordi strækgitterets mønster på nært hold kan anes på overfladen, og materialet smyer sig mere efter tagformen på grund af dets fleksibilitet og vedklæbning.

Prisniveau

Prisniveauet for inddækning med Wakaflex med klemskinne vurderes at ligge lidt over prisen for tilsvarende blyinddækning med zinkløskant.

Prisoverslag for Wakaflex inddækning med aluminium klemskinne:

Materialer ca.	270,- (leverandøroplysning)
Arbejds løn	100,- (anslået)
Fuge (incl. løn)	50,- (V&S Prisbog 1999)

I alt ca. kr. excl. moms 420,-

Bemærk at prisoverslaget er forbundet med usikkerhed og ikke nødvendigvis udtrykker prisdannelsen i en konkret tilbudssituation.

8.9.3 Miljøvurdering

Butylgummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Dog må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige

stoffer. Stofferne udvindes fra naturgas og olie. Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begrænsede reserver af.

Derfor er det væsentligt, at materialet efter endt brug føres til affaldsforbrænding, hvor der genvindes en del af energiindholdet, således at der spares andre energibrændsler. Inddækningsmaterialets klæbning til tagmaterialet giver dog en risiko for, at det i nogen tilfælde ikke vil blive frasorteret, men vil blive bortskaffet med tagmaterialet (fx tagsten) til deponering.

En ulempe ved dette sammensatte produkt er, at den indgående aluminium med stor sandsynlighed ikke vil kunne genanvendes. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra aluminiumsfremstillingen efter endt brug af produktet.

I tilfælde hvor inddækningen skal udskiftes (uden at tagbelægningen udskiftes) og det ikke er muligt at rense klæbematerialet af, eller dække den med den nye inddækning, kan klæbningen medføre udskiftning af tagmateriale med klæber på. Det vil i givet fald medføre tab af ressourcer (kortere levetid for tagmaterialet) og meromkostninger til køb af nyt tagmateriale.

Miljøforholdene for den aluminiumsarmere butylgummi-inddækningsformål er beskrevet nærmere i bilag 2

8.10 Tagfolier

Produktnavn

Der er adskillige produkter i handlen.

8.10.1 Materialet og dets anvendelse

Tagfolier fås i flere forskellige kunststofprodukter, mest kendt er folier af EPDM-gummi (ethylen-propylen-dien-terpolymer) og blødgjort PVC (polyvinylchlorid). Folierne kan bestå af et homogent kunststofmateriale alene eller som en kombination af et kunststof og en armering af fx. filt, glasfiber eller polyesterfibre.

Ved tagflader af tagfolie udføres inddækninger af skorstene og ventilationsgennemføringer ofte med samme materiale. Ved indækningen på tage af tagfolie fastgøres inddækningen hertil ved hjælp af svejsning, kontaktlimning eller vulkanisering. Tagfolien fastgøres til mur ved hjælp af metalskinner og beslag.

Tagfolier på underlag af krydsfiner kan anvendes som siderende på tage med tagsten og undertag. Det skal sikres at siderenden har en bredde så den både kan udføres ordentligt og efterfølgende renses når behovet opstår.

Tagfolie anvendes normalt ikke til inddækning på tage belagt med andre tagmaterialer. Der produceres dog en dansk inddækningsløsning til runde gennemføringer, der anvender PVC-tagfolie til inddækning mod profilerede tage. Udbredelsen heraf vurderes som minimal. Se også den byggetekniske vurdering.

8.10.2 Byggeteknisk vurdering

På tage belagt med tagfolie er det teknisk korrekt at anvende samme materiale til inddækningerne. Det er således – ud fra en teknisk betragtning – normalt unødvendigt at anvende bly til inddækninger på disse tage.

Tagfolier kan med et godt resultat anvendes som siderende på underlag af krydsfiner.

Tagfolie anvendes normalt ikke til inddækning på tage belagt med andre tagmaterialer. Materialet stiller krav til underlagets planhed og overflade. Derfor bør det kun anvendes på overflader, der lever op til leverandørernes krav hertil.

Da produktet ikke er formstabil, er det afhængigt af klæbning eller mekanisk fastgørelse til tagmaterialet. Se vurderingen af det beslægtede EPDM-produkt "Stripflash" i afsnit 8.4.

Der eksisterer EPDM-tagfolier, der er brandgodkendt som klasse T-materialer.

Udseende

EPDM tagfolie er normalt sort og har en præget og gummiagtig overflade. PVC tagfolier er ofte grå med en præget overflade. Folien kan dog fås i flere forskellige farver. Ingen af materialerne har i udseende nogen videre lighed med bly.

Pris

Det vurderes at være noget dyrere end en siderende af zink idet tagfolien fordrer et bærende underlag af krydsfiner. Det afhænger dog af detallosningerne, hvor meget dyrere løsningen er.

8.10.3 Miljøvurdering

Miljøforholdene for EPDM- og PVC-tagfolier er beskrevet nærmere i bilag 2. Konklusionerne er givet herunder.

Tagfolier af EPDM-gummi

EPDM-gummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Ikke desto mindre må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer. Stofferne udvindes fra naturgas og olie.

Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begrænsede reserver af. Ved affaldsforbrænding genvindes en del af energiindholdet i materialet dog, hvorved der spares andre energibrændsler. Der mangler oplysninger om forbruget af procesenergi til fremstilling af EPDM-gummi.

Det er væsentligt at der vælges EPDM-kvaliteter uden indhold af phthalat-blødgørere, da disse anses for at have en række miljø- og sundhedseffekter, og i øvrigt ligesom bly optræder i kritiske niveauer i spildevandsslam.

Tagfolier af blødgjort PVC

Bløde PVC-produkter som PVC-tagfolier har en række væsentlige miljøpåvirkninger, der gør at deres anvendelse ikke kan anbefales ud fra et miljømæssigt synspunkt. Her skal især fremhæves spredningen af blødgørere (fra stofgruppen "phthalater") til miljøet, samt materialets uegnethed til affaldsforbrænding. Området er prioriteret af Miljøstyrelsen, der arbejder for erstatning af phthalat-blødgjort PVC på områder, hvor alternativer eksisterer. Det anbefales at anvende tagfolier af phthalat-fri EPDM-gummi i stedet.

8.11 Tagpap

Produktnavn

Der er adskillige produkter i handlen.

Hvorvidt der anvendes navnet tagpap eller tagmembran for produktgruppen, afhænger af producentens navngivning. Tagpap og tagmembran bruges altså ofte som synonymer, dog således at ordet tagmembran indikerer at det er en tagpap af god kvalitet. I denne rapport bruges betegnelsen "tagpap" om produktgruppen (den mest anvendte betegnelse).

8.11.1 Materialerne og deres anvendelse

Tagpap og tagmembraner er stort set ens opbygget, og består af en bitumen, polyesterfilt, bitumen og afsluttet med en stengranulatbelægning eller afsluttet med en sandbelægning. I

stedet for oxideret bitumen (gamle typer) anvendes ofte SBS-polymerbitumen (styren-butadien-styren-gummi). Sjældnere under danske forhold anvendes en type tagpap med en blanding af bitumen og APP, som er en forkortelse for "ataktisk polypropylen".

Produkterne kan formes og anvendes til inddækninger på tage af tagpap.

Tagpap kan anvendes til inddækning af ovenlys, sternkanter samt til lodrette og vandrette sammenskæringer mellem mur og tagflade. Produkterne anvendes typisk ved inddækning på tage af tagpap. Tagpap anvendes også til undertag til fx. tegltag. Her kan tagpappen føres op af mur og erstatte anden inddækning. Her ledes vandet ned på undertaget, og herfra i tagrenden, i stedet for at løbe af på den øverste tagflade. Undertag af tagpap på krydsfiner eller bræddeunderlag er dog en forholdsvist dyr løsning, der ikke har stor udbredelse.

Ved inddækning med en siderende kan denne udformes i træ eller krydsfiner og føres med tagpap. Bredden på siderenden skal være sådan at der kan udføres et ordentligt kvalitetsarbejde og at renden efterfølgende kan renses.

Inddækningerne bør enten svejses eller klæbes til underlaget. Inddækningen afsluttes mod mur eller lignende med en mekanisk fastgørelse og en løskant eller en klemliste med fuge.

8.11.2 Byggeteknisk vurdering

På tage belagt med tagfolie eller tagpap, er det teknisk korrekt at anvende samme materiale til inddækningerne. Det er således – ud fra en teknisk betragtning – normalt unødvendigt at anvende bly til inddækninger på disse tagtyper.

Løsningen med siderende af tagpap på krydsfiner er en god og solid inddækning, som har en holdbarhed på 30-50 år afhængig af tagpapkvaliteter.

Tagpap anvendes normalt ikke til inddækning på tage belagt med andre tagmaterialer. Materialer stiller krav til underlagets planhed og overflade. Derfor bør det kun anvendes på overflader, der lever op til leverandørernes krav til planhed (se fx TOR-anvisning 22, 1997).

Tagpap er for stift til at kunne tilpasses krumningerne på tagsten. Bølgetagpladers facon kræver i visse inddækningssituationer knap så voldsomme krumninger (fx ved skrå sammenskæring). Fibercementen kan dog næppe tåle den opvarmning, der er nødvendig ved påsvejsning af tagpap.

Der eksisterer tagpapper, der er brandgodkendt som klasse T-materialer.

Udseende

Velkendt. Uden væsentlig betydning ved siderende.

Pris

Prisen vurderes at være lidt højere end ved en siderende af zink.

8.11.3 Miljøvurdering

Kun tagpap af typen med SBS-polymerbitumen er miljøvurderet.

Tagpap er - ligesom andre asfaltprodukter - et velkendt produkt, der ved uhensigtsmæssig håndtering under fremstilling og montering kan have en række miljø- og sundhedseffekter. Årsagen er dets indhold af visse skadelige stoffer.

Tagpap består hovedsageligt af stoffer udvundet fra mineralsk olie, som er en begrænset, ikke-fornyelig ressource. Det er derfor væsentligt, at den bundne olie i produktet kan genanvendes til energiproduktion ved affaldsforbrænding efter endt brug. Ifølge de

indsamlede oplysninger er ikke alle danske affaldsforbrændingsanlæg teknisk i stand til at modtage tagpap. Ved eventuel deponering tabes denne energiresource.

Miljøforholdene for SBS-tagpap er beskrevet nærmere i bilag 2.

8.12 Kobber

Kobbers muligheder som inddækningsmateriale er ikke behandlet indgående i dette projekt. Årsagerne hertil er følgende:

- Materialet er lidt stivere end titanzink.
- Kobber er et moderat giftigt tungmetal, der fra taginddækninger ville spredes med nedbøren. Det er ligesom bly uønsket i miljøet, herunder i spildevandsslam (hvortil det ville føres fra taginddækninger).
- Verdens resterende kobberreserver er begrænsede og trængte af anvendelsen til andre formål med stigende forbrug (især elektriske ledere).
- Materialet er meget dyrere end bly.

9 Fordeling af blyforbrug

Som et led i denne undersøgelse er der udført en opdateret vurdering af blyforbruget til taginddækninger, samt dettes omtrentlige fordeling på forskellige inddækningssituationer.

9.1 Samlet blyforbrug til inddækning

Blyinddækninger udføres hovedsageligt i blyplader, også kaldet blyruller, á 1,25 mm godstykkelse og i mindre omfang á 1 mm godstykkelse. Der er ingen blyværker i Danmark, hvorfor blyrullerne importeres. Der er i Danmark kun få importører af blyplader/-ruller. Det importerede bly sælges videre til henholdsvis VVS grossister, inddækningsproducenter m.fl. Ud fra oplysninger fra en række blyimportører og producenter af inddækninger vurderes det, at der sker en - muligvis beskedent - import og eksport af færdigproducerede blyinddækninger. Det har dog ikke været muligt at få præcise oplysninger herom fra aktørerne.

I Danmarks statistik for import og eksport af bly registreres "Plader, bånd og folie, af bly over 0,2 mm under varekoden 7804.19.00". Bly til inddækning har en godstykkelse på 1 mm eller 1,25 mm, og antages derfor registreret under varekoden 7804.19.00. Det årlige danske forbrug af bly i denne varegruppe er beregnet ud fra statistikkens oplyste import og eksport, og fremgår af tabel 4.

Tabel 4

Import, eksport og forbrug af bly med varekode 7804.19.00 (Danmarks Statistik).

	1996	1997	1998
Import	4.228	4.588	4.244
Eksport	103	1.365	505
Forbrug	4.125	3.223	3.739

Importen steg godt 360 tons fra 1996 til 1997 men faldt igen knap tilsvarende fra 1997 til 1998. Eksporten indenfor varegruppen var helt oppe på 1.365 tons i 1997, hvorfor forbruget samlet set er lavere end i 1996 og 1998. Det gennemsnitlige forbrug over de 3 år udgør ca. 3.700 tons. Jævnfør en massestrømsanalyse for bly udgivet i 1996 anvendes en meget beskedent andel af varegruppens bly til strålebeskyttelse og korrosionsbeskyttelse i procesudstyr, og endvidere en vis andel til vedligehold af tårne og specialprofiler på ældre byggeri (Lassen og Hansen, 1996). Det vurderes at minimum 95% af varegruppens bly anvendes til inddækningsformål, hvilket medfører, at det gennemsnitlige blyforbrug for 1996 - 1998 til inddækninger på grundlag af de statistiske oplysninger vurderes til ca. 3.500 tons pr. år.

Det skal bemærkes, at bly til blytækkede tage typisk udføres i 2,5 - 3 mm blyplader, som fremstilles ud fra blybarrer (samt genbrug fra samme bygning) ved speciel støbning og ikke ud fra den omtalte varegruppes "bly-produkter".

Det årlige blyforbrug for 5 af de største blyimportører i Danmark er 2.100 tons baseret på salgs- og indkøbsdata for 1998 og 1999. De 5 importører, som der er indhentet data fra, er udpeget af hinanden samt en række af deres kunder, og er udpeget til at være blandt de største og mest anvendte importører i Danmark. Det vurderes på basis heraf, at de indsamlede data dækker ca. 80% af den danske import af blyplader/-ruller i 1 mm og 1,25 mm. Den samlede import af 1 mm og 1,25 mm bly opregnes således til 2.700 tons pr. år. Differencen mellem de 2.700 og de 3.500 tons udgør 800 tons, dvs. ca. 22% af 3.500. Der er ikke entydige forklaringer på denne difference, men mulige årsager kan være eksport af præfabrikerede inddækninger (rubriceret under andre varekoder i Danmarks Statistik),

usikkerheder i indrapporteringerne til Danmarks Statistik, eller usikkerheder i den skønnede dækningsgrad.

I massestrømsanalysen for bly, der dækker perioden 1992-94, blev blyforbruget til inddækningsformål vurderet til 2.700 - 3.700 tons bly pr. år (Lassen og Hansen, 1996), dvs. omtrent samme niveau som i 1998/-99.

Eksporten af bly med præfabrikerede inddækninger til ovenlysvinduer blev i massestrømsanalysen estimeret til 700 - 1.300 tons/år. En eventuel fortsat eksport heraf kan således være en rimelig forklaring på ovennævnte differencen på ca. 800 tons/år. Det har ikke været muligt at få oplysninger herom fra de pågældende producenter.

9.2 Blyforbrugets fordeling på inddækningstyper

Fordelingen af det årlige blyforbrug til inddækninger mellem forskellige inddækningstyper er estimeret ud fra kontakter til leverandører og brugere. Forbruget fordeler sig overordnet på præfabrikerede (fabriksproducerede) inddækninger, fx til skorstene og taghætter, og inddækninger fremstillet og tildannet til opgaven af de enkelte blikkenslagerfirmaer ud fra ruller med blyplade. Sidstnævnte forbrug af blyplade fordeler sig desuden på fremstilling af inddækninger til nye huse og reparationer/renoveringer på eksisterende huse.

Blyforbrugene til præfabrikerede inddækningstyper er estimeret på basis af specifikke mængdeoplysninger indsamlet fra leverandører, kombineret med skøn over den opnåede dækningsgrad. Oplysningerne herom er indsamlet i 1999 og dækker ca. 1998-99.

Fordelingen af forbruget i Danmark af blyplade til særligt tildannede inddækninger er anslået ud fra interviews med en række danske blikkenslagerfirmaer. Da det umiddelbart kan iagttages, at der er forskelle på brugen af blyinddækninger mellem forskellige bygningstyper og bygningsaldre, er det tilstræbt at få en geografisk spredning på de kontaktede firmaer.

De kontaktede firmaer har alle haft væsentlig beskæftigelse med bygningsinddækning. Flere af dem har haft "blik-arbejde" (pladearbejde, herunder bly) på bygninger som speciale. De fleste har været store firmaer. De interviewede personer har hovedsageligt været direktører/mestre i firmaerne, enkelte har været andre medarbejdere med detaljeret indsigt i firmaets opgavetyper (fx tilbudsbergnere). Der er i alt spurgt 11 firmaer, heraf 3 hjemmehørende i hovedstadsområdet og ét firma i hver af byerne Århus, Odense, Ålborg, Vejle, Tørring, Grindsted, Thisted og Vejen.

Spørgsmålene har taget udgangspunkt i det enkelte firmas eget forbrug af blyrulle over de sidste 1-2 år (dvs. ca. 1999-2000, idet interviewene er foretaget i december 2000). De interviewede er blevet bedt om at give deres skøn på fordelingen af eget blyforbrug mellem følgende seks hovedgrupper af inddækningstyper:

- Mod brandkamme, samt andre inddækninger mellem tag og væg/mur
- På kviste (alt incl.)
- På skorstene
- På ovenlysvinduer
- Taghætter og andre ventilations- og installationsinddækninger
- Andet (fx "blysten" til overgang mellem zinkskotrende og tagrende mm.)

Nogle har svaret ved at kategorisere egne blyforbrug til typerne med ord som "store", "noget", "lidt", "ingenting". Disse udsagn er af forfatterne tolket så direkte som muligt til en procentuel fordeling. Andre adspurgte har selv givet deres svar i procentuel fordeling. For hver adspurgt er summen 100% af eget forbrug.

For at kunne få et indtryk af eventuelle forskellige mønstre i besvarelserne, er der desuden spurgt om den skønnede fordeling af firmaets blyforbrug på nybyg/eksisterende bygninger samt fordeling på bygningstyperne etageboliger, andet etagebyggeri, parcelhuse og industri/landbrug.

Trods individuelle forskelle på særlige specialer og forsøg med erstatning af bly (oplyst af kilderne), er der en pæn overensstemmelse mellem besvarelserne, og det samlede billede svarer godt til de umiddelbare observationer, man kan gøre sig ved at betragte taginddækninger i forskellige typer bebyggelser. Et eksempel herpå, er at kvistinddækninger repræsenterer en relativt større andel af forbruget end skorstene i storbyområder, mens det omvendte er tilfældet på landet og i mindre byområder, hvor parcelhusbyggeri og lignende er dominerende, og der i højere grad er individuel fyring med egne skorstene.

Som det ses i tabel 5, skiller brandkamme mv., kvistinddækninger og skorstensinddækninger sig klart ud som de største enkeltanvendelse af specialtildannet blyplade. De øvrige inddækningstyper repræsenterer mindre forbrug.

Det kan supplerende oplyses, at syv af de elleve adspurgte har skønnet, at fordelingen af eget forbrug af blyplade mellem nybyg og eksisterende bygninger ligger omkring 25/75%. De øvrige fire har skønnet en ca. 50/50% fordeling.

Tabel 5

Estimeret fordeling af blyforbruget¹⁾ mellem inddækningstyper (tons/år; Danmark, ca. 1998-2000).

	% af forbrug (middelværdi) med specialtildannede blyinddækninger	Standardafvigelse på % af forbrug (middelværdi)	Estimeret forbrug i tons bly/år 4)
Specialtildannede blyinddækninger til nybyg og reparation/renovering			
Mod brandkamme, samt andre inddækninger mellem tag og væg/mur	32	3	700 - 1.100
På kviste	24	3	500 - 900
På skorstene	22	4	400 - 800
På ovenlysvinduer	8	3	100 - 300
Taghætter og andre ventilations- og installationsinddækninger	10	2	200 - 400
Andre specialtildannede inddækninger af blyplade	4	2	100 - 200
Sum, specialtildannede blyinddækninger 2)	100		2.300 - 3.200
Præfabrikerede inddækninger med bly, industrielt fremstillet i Danmark 3)			
Præfabrikerede inddækninger til skorstene			200 - 300
Præfabrikerede inddækninger til ventilations- og taghætter			60 - 80
Præfabrikerede inddækninger på kviste			5 - 10
Sum, industrielt præfabrikerede blyinddækninger (afrundet pga. datausikkerhed)			300 - 400
Blyforbrug til inddækninger, i alt			2.700 - 3.500

Noter til tabel 5:

- 1) Tallene indeholder ikke decideret blytækning af tage (fx anvendt på kirker).
- 2) Beregnet her som det estimerede totalforbrug minus delforbruget til præfabrikerede inddækninger (minimumsværdi = $total_{\min} - delsum_{\max}$; maksimumsværdi = $total_{\max} - delsum_{\min}$).

- 3) Tallene for de præfabrikerede inddækningstyper er baseret på specifikke mængdeoplysninger fra leverandører kombineret med skøn over den opnåede dækningsgrad.
- 4) Totalforbruget til specialtildannede inddækninger er beregnet som differencen mellem det totale danske forbrug (se ovenfor) og forbrugene til præfabrikerede inddækninger. Fordelingen indbyrdes mellem specialtildannede inddækningstyper er baseret på resultaterne af de gennemførte interviews med blikkenslagerfirmaer. Eksempelvis er den nedre intervalgrænse for forbruget til brandkamme mv. beregnet som følger:
Forbrug, brandkamme, min = $2.300 \text{ tons} * (32\% - 3\%) / 100\% = \text{ca. } 700 \text{ tons}$
(resultatet er afrundet pga. datausikkerhed). Her er de 32% middelværdien mellem de spurgte blikkenslagerfirmaers skøn for eget forbrug til brandkamme, mens de 3% er standardafvigelsen på samme middelværdi (dvs. de 3% er et udtryk for den relative usikkerhed på middelværdien).

Referenceliste for rapport

ABA Tagprodukter (1999). *Personlig oplysning og materiale*, set på www.aztec.dk, dec. 1999.

Br. Dahl (2000): *Personlig oplysning om grossistpriser på inddækningszink og bly*. Oktober 2000.

Dansk VVS (1997): *Fagbeskrivelse, detaljer ved tagarbejder*. Dansk VVS. 1. udgave 1997.

Kjærgaard, P. (red.) (1954): *Byggebogen*. Nyt Nordisk Forlag, 1954.

Lassen, Carsten og Hansen, Erik (1996): *Massestrømsanalyse for bly*. Miljøprojekt nr. 327, Miljøstyrelsen, København.

Rheinzink (2000): *Produktinformation om inddækningszink*. Rheinzink, Danmark.

Tagbogen (1999): *Tagbogen* (produktkatalog). B & C Danmark. Set 1999.

TOR-anvisning 22 (1997): *Projektering af tage med tagpap og tagfolie*. Tagpapbranchens Oplysningsråd, Lyngby, 2000.

USGS (2000): *Mineral Commodity Summaries*. US Geological Survey, Washington DC. Set på <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>, september 2000.

V&S prisbogen (1999): *V&S priser husbygning – Brutto 1999*. V&S Byggedata, Brøndshøj.

Bilag 1

Produktdata

Bilaget indeholder supplerende tekniske oplysninger om en række af de vurderede materialer. Oplysningerne stammer fra indsamlet produktinformationsmateriale og kan af denne grund variere lidt i detaljeringsgrad og stil. Det er ikke forsøgt at ensrette ordvalget systematisk. Variationer i ordvalget, fx "OK", "er OK" og lignende er således ikke udtryk for nogen form for rangordning eller sammenligning mellem de omtalte produkter. Af hensyn til fortrolighed er data om den i rapporten nævnte polymerinddækning, der er under udvikling, udeladt her. Se omtalen i rapporten. Sidst i bilaget er data for beton- og teglhætter samt bly desuden vist til sammenligning.

Indhold

ALMINDELIG ZINK (TITANZINK)	2
INDDÆKNINGSZINK	4
MASTERFLASH/STRIPFLASH	6
PLAST TIL TAGHÆTTER OG FORMSTYKKER	9
FIBERCEMENT	11
MAGE FLEX-ALU	13
WAKAFLEX	16
EPDM TAGFOLIE	18
SBS TAGPAP	20
APP-TAGPAP	22
BETONTAGSTEN (HÆTTER)	24
TEGLHÆTTER	26
BLY (TIL SAMMENLIGNING)	28

Bilag 1, Produktdata

Almindelig zink (titanzink)	Medtaget her, fordi det håndværksmæssigt tildannes til inddækninger ude på byggepladsen (det er fx ikke tilfældet for almindelig, stiv aluminiumsplade).	
Densitet	7200 kg/m ³	
Smeltepunkt	419 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	0,022 mm/m/°C	
Hårdhed	40N/mm ²	BRINELL
Trækbrudstyrke	120N/mm ²	For valset zink
Brudforlængelse	50%	
Flydespænding	90 N/mm ²	
Tykkelse Zink nr 14	0,8 mm	
Zink nr 12	0,65 mm	
Farve	Gråhvid	
Holdbarhed	Levetid	Op til 80 - 100 år for zink nr. 14 (0,8 mm) oplyser en leverandør. Levetiden meget afhængig af eventuel syreholdig atmosfære. Levetiden er lavere ved mindre tykkelser, da en afgørende faktor er korrosion/erosion af overfladen.
	Korrosion	Korrosionsrisiko ved sammenbygning med kobber eller bitumenprodukter
	Revner	OK når der tages hensyn til temperaturbevægelser
	UV-stråler	Beständig
	Temperatur	max 60°C Når zink udsættes for højere temperaturer er der risiko for at der sker en krystallisering, som gør materialet mere sprødt. Der er ikke erfaring med at dette giver problemer ved inddækning af skorstene.
	Syreholdig atmosfære	Syreholdig atmosfære nedsætter levetiden betydeligt. For 10-15 år siden da vi havde megen svovlsyre i luften pga. svovl i brændselsolien skete der en hurtig tæring af tagrender mm.
	Smuds	Aflejringer af skidt mellem plader kan medføre korrosion
	Tagfald	Større end 5°

Bilag 1, Produktdata

Almindelig zink (titanzink)	Medtaget her, fordi det håndværksmæssigt tildannes til inddækninger ude på byggepladsen (det er fx ikke tilfældet for almindelig, stiv aluminiumsplade).	
	Fugt	Konstant fugt kan medføre korrosion
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersynsinterval som for tagbelægning
	Reparation	Pålodning af zinkplade
	Udskiftning	Kan udskiftes uden at ødelægge tilstødende bygningsdele.
Fastgørelse	Murhager	Rustfast stål eller varmforzinket stål
	Skruer	Rustfast stål
Samlemetoder		
	Falsning og lodning	Se TAG OG FRACADESEKTIONENS Fagbeskrivelse
Formbarhed		
	Er kun formbar med specialværktøj Kan tildannes med klippe og bukkeværktøj Montage ved temperatur over 5°C	
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved geometrisk overlæg eller lodning.	
Anvendelse	Til siderender, afdækningsprofiler, tagflader, løskanter. Specialformede stykker kan erstatte bly men på denne måde anvendes det p.t. ikke i Danmark.	
Brand	Zink er ikke brandbart. Det vurderes at zink er brandmæssigt egnet.	

Bilag 1, Produktdata

Inddækningszink	Leveres i plan og plisseret udgave	
Densitet	7200 kg/m ³	
Smeltepunkt	419 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	0,022 mm/m/°C	
Hårdhed	32N/mm ²	BRINELL
Trækbrudstyrke	110N/mm ²	Feinzink/softzink
Brudforlængelse	60%	
Flydespænding	40 N/mm ²	
Tykkelse	0,6 mm	
Farve	Gråhvid	
Holdbarhed		Holdbarheden er mindre end for zink nr. 14 pga. tykkelsen . Holdbarheden vurderes at være god op til 60 - 75 år
	Korrosion	Korrosionsrisiko ved sammenbygning med kobber og bitumenprodukter
	Revner	OK når der gives mulighed for temperatur bevægelser. Ifølge producenten er der ikke risiko for brud og revner pga. "krybning" (metaludvidelse).
	UV-stråler	Beständig
	Temperatur	max 60 C°. Ved temperaturer over denne temperatur er der risiko for rekrystallisering. Skorstene er normalt udformet så der ikke forekommer temperaturer over 60 C°
	Syreholdig atmosfære	Syreholdig atmosfære nedsætter levetiden betydeligt. For 10 år siden da vi havde megen svovlsyre i luften pga svovl i brændselsolien skete der en hurtig tæring af zinktagrender mm.
	Smuds	Aflejringer af skidt mellem plader kan medføre korrosion
	Tagfald	Større end 5 °
	Fugt	Konstant fugt kan medføre korrosion

Bilag 1, Produktdata

Inddækningszink	Leveres i plan og plisseret udgave	
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn bør foretages ifm rensning af tagrender mindst 1 gang årligt
	Reparation	Reparation udføres ved at pålodde lap af samme materiale. Kan ikke udføres på den plisserede del, her må en sektion udskiftes.
	Udskiftning	Eksisterende inddækning demonteres og leveres til genbrug. Nyt inddækningszink kan normalt monteres uden at ødelægge tilstødende bygningsdele
Fastgørelsesmetoder		
	Hafter	Zink, varmforzinket stål, rustfrit stål eller aluminium
	Murhager	Rustfast stål eller varmforzinket stål
	Skruer	Rustfast stål
Samlemetoder		
	Falsning og lodning	Se Tag og Facadesektionens Fagbeskrivelse
Formbarhed		
	Er formbar med håndværktøj, til dels blot med hånden. Kan tildannes med klippe og bukkeværktøj Montage ved temperatur over 5 °C	
Formstabil	Stivere end bly	
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved geometrisk overlæg eller lodning.	
Anvendelse	Kan anvendes til erstatning for bly. Materialet har en mindre tyngde end bly, men det opvejes af større stivhed, om end materialet stadig er formbart. Den plisserede er formbar i 3 dimensioner. Materialet kan loddes på stålskorstene tilsvarende blyplader.	
Brand	Zink er ikke brandbart. Det vurderes at zink er brandmæssigt egnet.	

Bilag 1, Produktdata

Masterflash/Stripflash	Masterflash: Kappe af EPDM-gummi Stripflash: 250 mm bredt bånd af EPDM-gummi med en indlagt kantråd af aluminium. Skrues og fuges til underlaget.	
Densitet /vægt pr m ²	ikke relevant	
Smeltepunkt	ingen data	
Farve	Masterflash :sort Stripflash: grå	Andre farver teglrød og grå kan leveres på bestilling
Temperatur udvidelseskoefficient	Ingen data	Er meget elastisk
Hårdhed	ingen data	Blødt
Trækstyrke pr 50 mm	ingen data men det vurderes at styrken er god.	God brudstyrke
Brudforlængelse	25%	sejt
Tykkelse	ingen data	Afhængig af producent og kvalitet
Elasticitetsmodul	2 N/mm ²	Værdi for EPDM tagfolie. Kendes ikke for produkter
Holdbarhed		
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	O.k.
	UV-stråler	Resistent over for UV-stråler og ozon
	Temperatur	-30 til + 115C°. Der kan stilles spørgsmål om fugen kan klare differensbevægelser mellem Stripflash og underlaget.
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	Kan måske virke lidt smuds samlende.
	Tagfald	Større end 0°
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Levetid	10 års garanti fra leverandør, men EPDM holder længere, fugemasse holder næppe meget længere.

Bilag 1, Produktdata

Masterflash/Stripflash	Masterflash: Kappe af EPDM-gummi Stripflash: 250 mm bredt bånd af EPDM-gummi med en indlagt kantråd af aluminium. Skrues og fuges til underlaget.	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	Udmærket
	Svag base	god
	havvand	udmærket
	Alkohol	mindre resistent
	Organisk opløsningsmiddel	Dårlig. Er ikke resistent overfor olieprodukter både mineralske og vegetabiliske olier
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn i forbindelse med den årlige rengøring af skotrende. Specielt fuger skal holdes under observation
	Reparation	Der bør ikke laves reparationer, inddækningskappen bør udskiftes ved skader
	Udskiftning	Eksisterende fjernes ved at bortskære, afrive og fjerne mekaniske fastgørelser og tætningsmasse. Alternativt fjernes enkelte tagplader.
Fastgørelse	Skal fastgøres mekanisk til underlaget med selvskærende skruer	
Samlemetoder	Mellem kappe og tagbelægning i lægges en tætningsmasse, som holdes sammenklemt med nævnte skruer pr max 30 mm	Alle skruehuller giver en potentiel risiko for utætheder
	Omkring rørgennemføring fastholdes kappen med kabelstrip eller spændebånd	
Formbarhed		
	Er formbar med hånden Kan tildannes med hobbykniv	
Formstabil	Er ikke formstabil	Blødt og let og skal fastholdes til tagflade med skruer
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved tætningsmasse og klemmeffekt	Tæthed baseret på tætningsmasse uden geometrisk overlæg vil være usikker.

Bilag 1, Produktdata

Masterflash/Stripflash	Masterflash: Kappe af EPDM-gummi Stripflash: 250 mm bredt bånd af EPDM-gummi med en indlagt kantråd af aluminium. Skrues og fuges til underlaget.	
Anvendelse	Ved rør og skorstengennemføringer med diameter på 0 - 480 mm. Produktet er primært egnet til tage af profilerede metalplader, hvor skruer i tæthedsplanet er normal praksis.	Tagdækninger med fibercement bølgeplader og tagsten kan normalt ikke tåle en fastgørelse med selvskærende fuger. Der kan fås typer der ikke gøres mekanisk fast, men kan de holde tæt?
Brand	Det fremgår ikke af brochure-beskrivelser om materialet er brandmæssigt egnet, Klasse T. Materialet kan tåle temperaturer på min 115 C °	EPDM tagfolie er brandmæssigt egnet, men bærelaget i en tagfolie er ikke det samme som for Stripflash/Masterflash så det er et åbent spørgsmål.

Bilag 1, Produktdata

Plast til taghætter og formstykker	Til de fleste typer tagsten og bølgeplader fås taghætter i normalt slagfast polystyren, med en facon så de kan indbygges i tagbelægningen. Specifikke data er varierende og ikke umiddelbart tilgængelige.	
Densitet /vægt	1,05 g/cm ³ (HIBS)	
Smeltepunkt	ingen data C°	
Temperatur udvidelseskoefficient	0,08-0,10 mm/m°C	
Hårdhed	35kj/m ²	
Trækstyrke	14,5 N/mm ²	
Brudforlængelse	30%	
Tykkelse	1-2 mm	
Farver	De kan leveres i et farve sortiment der svarer til farverne på tagsten og bølgeplader	
Holdbarhed	Erfaringsmæssigt har plasttaghætter en lang holdbarhed, når de er monteret korrekt. De har været anvendt i mere end 20 år uden at give dårlige erfaringer.	
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	ok
	UV-stråler	ok
	Temperatur	Maks. 60- , hhv. 80C° (afhængigt af materialekvalitet)
	Syreholdig atmosfære	Stabil ?
	Smuds	Overfladen er glat
	Tagfald	som taget
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	Udmærket
	Svag base	
	havvand	udmærket
	Alkohol	måske et problem

Bilag 1, Produktdata

Plast til taghætter og formstykker	Til de fleste typer tagsten og bølgeplader fås taghætter i normalt slagfast polystyren, med en facon så de kan indbygges i tagbelægningen. Specifikke data er varierende og ikke umiddelbart tilgængelige.	
	Organisk opløsningsmiddel	data kendes ikke
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersynsinterval som for tagbelægning
	Reparation	Normalt ved udskiftning
	Udskiftning	Kan udskiftes uden at ødelægge tilstødende bygningsdele. Eventuel plastisk fugemasse mellem plastdel og tagplade afrenses grundigt for at have en ren hæfteflade for ny fuge
Montage	Mekanisk	Fastgøres med skruer
Samlemetoder	Ikke aktuel	
Formbarhed	Formfast	Nogle har en regulerbar aftrækshætte som kan indstilles efter taghældningen.
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved geometrisk overlæg	
Anvendelse	<p>Taggennemføringer for faldstammeudluftning, rumaftræk og tagudluftninger</p> <p>Desuden leveres og anvendes formstykker til vandrette inddækninger for bølgetagplader.</p> <p>Når og hvis efterspørgslen kommer kan der også leveres formstykker til sidetilslutninger (skrå inddækninger). Dette leveres til det belgiske marked.</p>	
Brand	<p>Plast er næppe et materiale som kan klare en test så det kan klassificeres som brandmæssigt egnet. (Klasse T-tagdækning)</p> <p>Taghætter vil normalt kunne accepteres, når den omkringliggende tagbelægning er ubrændbar.</p> <p>Inddækninger ved vandrette sammenskæringer kan være et problem, selvom man har brugt formstykker her i en årrække</p>	

Bilag 1, Produktdata

Fibercement (Tagbølgeplader, formstykker mv.)	Fremstillet af cement, uorganiske fyldstoffer, cellulosefibre og vand	
Densitet /vægt	2600 kg/m ³ / 17Kg/m ²	
Smeltepunkt	-°C	Meget højt
Temperatur udvidelseskoefficient	Ingen data men som tagplader	
Hårdhed		relativt hårdt
Trækstyrke	4400 N/m	God brudstyrke
Brudforlængelse	Ingen data	Stift materiale med lille brudforlængelse.
Tykkelse	6,5 mm	
Farver	Afhængig af fabrikat	
Holdbarhed	45 år	Flere forskellige kvaliteter, med og uden imprægnering, så levetiden varierer.
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	kan være et problem
	UV-stråler	ok
	Temperatur	ok
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	Overfladen er glat
	Tagfald	Minimum 14°
	Fugt	Fugtstabil, men ubehandlede plader kan have problemer med frost - tøj
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	ok
	Svag base	ok
	havvand	ok
	Alkohol	ok
	Organisk opløsningsmiddel	ok

Bilag 1, Produktdata

Fibercement (Tagbølgeplader, formstykker mv.)	Fremstillet af cement, uorganiske fyldstoffer, cellulosefibre og vand	
Vedligeholdelse	Eftersyn	Producenterne fordrer ingen eftersyn eller vedligeholdelse, selvom der gives 15 års garanti.
	Reparation	Normalt ved udskiftning
	Udskiftning	Kan udskiftes uden at ødelægge tilstødende bygningsdele.
Samlemetoder	Mekanisk	Med skruer
Formbarhed	Formfast	Er formet, støbt efter behov.
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved geometrisk overlæg	Ved formstykker tættes desuden med fuge- eller skumbånd
Anvendelse	Bølgetagplader og formstykker til bølgetagplader kan anvendes til erstatning af blyinddækning. Ikke alle fabrikanter kan levere formstykker af fibercement.	
Brand	OK	

Bilag 1, Produktdata

MAGE Flex-Alu	Bølgeformet aluminiumsplade, lakeret med polyester, 12-15 g/m ² på begge sider. På bagsiden kan være påført butylklæber i ca. 2mm tykkelse. Leveres i op til 600 mm bredde.	
	Aluminium er et uædelt metal som naturligt beskyttes med en oxydhinde. Tilsætning af andre metaller i små mængder kan ændre på aluminiummet egenskaber. MAGE har oplyst at de anvender ren aluminium.	
Densitet	1490 kg/m ³	
Smeltepunkt	660 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	24 1*10 ⁻⁶ /°C	Aluminium har en stor temperaturbevægelse
Hårdhed		Er meget blødt pga. det tynde materiale
Flydespænding	kendes ikke	
'Brudspænding	40 N/mm ²	Brudstyrke, som bly
Brudforlængelse	35 %	
Tykkelse	0,15 mm Alu	
Levetid	større end 30 år if. leverandør	Leverandøren giver 30 års garanti i Belgien. Virker mekanisk lidt sårbart.
Holdbarhed		
	Korrosion	Kun svagt ved specielle påvirkninger
	Revner	OK
	UV-stråler	Beständig
	Temperatur	-50 til +80 C ° (for klæbestoffet)
	Migration	Ingen
	Smuds	Overflade er glat og smudsafvisende
	Bestandighed:	
	Fugt	god
	Vand	Udmærket
	Svag syre	god. Aluminium kan ikke tåle saltsyre, overfladebehandling beskytter
	Svag base	meget god, overfladebehandling beskytter
	Stærk base	ikke god, men

Bilag 1, Produktdata

MAGE Flex-Alu	Bølgeformet aluminiumsplade, lakeret med polyester, 12-15 g/m ² på begge sider. På bagsiden kan være påført butylklæber i ca. 2mm tykkelse. Leveres i op til 600 mm bredde.	
		overfladebehandling beskytter
	havvand	god
	Alkohol	udmærket
	Organisk opløsningsmiddel	udmærket
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn foretages som for tage generelt, mindst 1gang årligt ifm rensning af tagrender
	Reparation	Det vurderes at reparation nemmest og bedst udføres ved at udskifte et stykke inddækning
	Udskiftning	Udskiftning udføres ved at bortskære det defekte inddækningsstykke. Afrense butylklæber fra underlaget. Det kan være besværligt og arbejdeskrævende at fjerne butylklæberen. Alternativt fjernes enkelte tagsten/-plader. Herefter monteres nyt inddækningsstykke som samles med tilstødende MAGE Flex alu ved falsning. Der klæbes til underlaget med butylklæberen.

Bilag 1, Produktdata

MAGE Flex-Alu	Bølgeformet aluminiumsplade, lakeret med polyester, 12-15 g/m ² på begge sider. På bagsiden kan være påført butylklæber i ca. 2mm tykkelse. Leveres i op til 600 mm bredde.	
Fastgørelsesmetoder		
	Klemliste eller traditionel løskant	Aluminium, rustfast stål, zink
	Klæber	Butylklæber påført
	Skruer	Rustfast stål
Samlemetoder		
	Falsning	Se arbejdsanvisning fra leverandør. PT på tysk
Formbarhed		
	Er formbar med hånden eller håndværktøj Montage ved temperatur mellem -5°C og +80°C	
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Er selvtætnende med butylklæber Tæthed opnås ved geometrisk overlæg og klæbning med butyl.	
Anvendelse	Kan anvendes som direkte erstatning for bly ved vandrette og skrå inddækninger samt ved murede skorstene og mindre taggenemføringer. Desuden anvendelig ved skotrender hvor der er behov for mindre specialstykker (fx overgang til tagrender)	
Brand	MAGE Flex-Alu er ikke brandbart og giver ingen tilskud til en brand. Det er klassificeret som Baustoffklasse A i Tyskland. Det forventes at det vil kunne bestå en test, så det kan godkendes som brandmæssigt egnet.	

Bilag 1, Produktdata

Wakaflex	Butylgummiinddækning med aluminiumsstrækgritter	
Densitet	ca 1250 kg/m ³	som plast 3 kg/m ² i 2mm tykkelse
Smeltepunkt	ikke relevant	
Temperatur udvidelseskoefficient	24 *10 ⁻⁶ /°C mm/m/°C	For aluminium, værdier for polymer kendes ikke
Hårdhed	Ingen eksakte data	Er blødt
Flydespænding	eksakte værdi kendes ikke N/mm ²	God brudstyrke, men præcise tal kendes ikke
Tykkelse	2-3 mm	
Holdbarhed		
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	OK
	UV-stråler	Beständig i henhold til DIN 16726 og DIN 16731
	Temperatur	-50 til + 90 C°
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	Overfladen er glat men let klæbrig. Tilsmudsning kan være et estetisk problem
	Tagfald	
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	ingen data
	Svag base	ingen data
	havvand	udmærket
	Alkohol	ingen data
	Organisk opløsningsmiddel	Dårlig

Bilag 1, Produktdata

Wakaflex	Butylgummiinddækning med aluminiumsstrækgitter	
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn bør foretages ifm rensning af tagrender mindst 1 gang årligt
	Reparation	Skader kan repareres ved at påklæbe en lap efter forudgående rengøring. Det bedste resultat opnås ved at udskifte en hel bredde fra indskud til tagbelægning.
	Udskiftning	Efter demontage skal gammel butylklæber afrenses af eks. tagbelægning, det kan være besværligt, alternativt udskiftes enkelte plader eller tagsten.
Fastgørelsesmetoder		
	Klemliste	Fastgøres mekanisk med aluminiumsklemliste til mur og beton
	Butylklæber (selbklæbende i kant)	Butylklæber klæber til tagflade
	Skruer	Rustfast stål og aluminium
Samlemetoder		
	Klæbning med butylklæber	
Formbarhed		
	Er formbar med hånden Kan tildannes med saks og rulle	
Formstabil	OK	Blødt og let og skal fastholdes til tagflade med klæber.
Tætningsevne	Tæthed opnås ved geometrisk overlæg og de selvtætnende egenskaber ved overlæg.	
Anvendelse	Til vandrette og skrå inddækninger og skorstensinddækninger af kvadratiske skorstene.	Farver svarer til B&C tagsten (Lafarge Braas - dansk tag)
Brand	Der er ingen data i brochure med beskrivelser som oplyser om materialets brandmæssige egenskaber.	Det er et åbent spørgsmål om materialet kan klassificeres som brandmæssigt egnet (Klasse T-tagdækning).

Bilag 1, Produktdata

EPDM Tagfolie	Syntetisk armeret gummi bane af EPDM-gummi	
Densitet /vægt pr m ²	1,38 - 1,85 kg/m ³	
Smeltepunkt	°C	
Farve	Sort	
Temperatur udvidelseskoefficient	kendes ikke mm/m/°C	Er meget elastisk
Hårdhed	-N/mm ²	Blødt
Trækstyrke pr 50 mm	422N	God brudstyrke
Brudforlængelse	250%, er for nogle producenter større	sejt
Tykkelse	1,1 til 1,52 mm	Afhængig af producent og kvalitet
Elasticitetsmodul	2 N/mm ²	
Holdbarhed		
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	ok
	UV-stråler	Resistens overfor UV-stråler og ozon
	Temperatur	-45 til + 130 C°
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	ok
	Tagfald	større end 0°
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Levetid	25-30 år jf TOR anvisning 22 (Tagpapbranchens Oplysningsråd)
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	Udmærket
	Svag base	god
	havvand	udmærket
	Alkohol	mindre resistent

Bilag 1, Produktdata

EPDM Tagfolie	Syntetisk armeret gummi bane af EPDM-gummi	
	Organisk opløsningsmiddel	Dårlig. Er ikke resistens overfor olieprodukter både mineralske og vegetabiliske olier
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn i forbindelse med den årlige rengøring af skotrende
	Reparation	Ved vulkanisering / limning af lap af samme materiale
	Udskiftning	Eksisterende fjernes ved at bortskære, afrive og fjerne mekaniske fastgørelser . Ved pålimet gummi er det tidskrævende at fjerne.
Fastgørelsesmetoder	Ballast	Metoden anvendes ikke ved siderender, kun på flade næsten vandrette arealer.
	Limning	Neoprenbaseret lim til limning mod træ, murværk, metal mm
	Mekanisk	Med specialskruer afhængig af underlag og klemlister ved inddækninger.
Samlemetoder	Vulkanisering	Der fås diverse specialprodukter til inddækninger og samlinger
	Limning	
Formbarhed		
	Er formbar med hånden Kan tildannes med hobbykniv	
Formstabil	Er ikke formstabil	Blødt og let og skal som inddækning fastholdes med skruer eller lim
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende. Tæthed opnås ved limning eller vulkanisering	
Anvendelse	Siderender ved skrå inddækninger. Primær anvendelse tagfolie til vandrette tage (inkl. inddækning på disse).	
Brand	Er klassificeret som klasse T tagdækning og dermed brandmæssigt egnet.	

Bilag 1, Produktdata

SBS Tagpap	Data er oplyst for et lag overpap PF 5000 SBS. En tagpapdækning skal normalt bestå af 2 lag tagpap, holdbarhed og brand er vurderet ud fra en 2-lagsløsning.	
Densitet /vægt pr m ²	1,3 g/cm ³ /5,3 kg/m ³	
Smeltepunkt	100-130 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	ingen data mm/m/°C	
Hårdhed	ingen data (meget temperatur afhængig)	Blødt
Trækstyrke pr 50 mm	50 N	God brudstyrke
Brudforlængelse	30-40 %	
Tykkelse	5 mm	2 lag ca 8 mm. Det underste lag er tyndere.
Farve	Sort, grå (skiferbestrøet) desuden leveres med blanke og sølv-kobberfarvede overflader	
Holdbarhed	20-40 år	Afhængig af tagfald. I h. t TOR anvisning 22
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	-20 C° Ø30 mm ingen revner
	UV-stråler	Skiferbestrøning medfører UV-bestandighed
	Temperatur	-15 til + 70 °C men kortvarigt op til 130 °C
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	Overfladen er bestrøet med skifer, som kan fange skidt
	Tagfald	større end 5°
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	Kan ikke tåle salpetersyre og koncentreret svovlsyre samt organiske syre
	Svag base	god
	havvand	udmærket
	Alkohol	mindre resistent

Bilag 1, Produktdata

SBS Tagpap	Data er oplyst for et lag overpap PF 5000 SBS. En tagpapdækning skal normalt bestå af 2 lag tagpap, holdbarhed og brand er vurderet ud fra en 2-lagsløsning.	
	Organisk opløsningsmiddel	Dårlig
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn i forbindelse med den årlige rengøring af skotrende
	Reparation	Ved påklæbning/svejsning af lap af samme materiale
	Udskiftning	Normalt pålægges ny tagpap ovenpå eksisterende
Fastgørelsesmetoder		
	Svejsning	Påsvejses ved opvarmning af klæbelag på bagside
	Klæbning	Klæbning med flydende varm asfalt
	Mekanisk	Med specialskruer afhængig af underlag (på krydsfiner anvendes papsøm)
Samlemetoder		
	Svejsning ved opvarmning af klæbekant	
	Klæbning af overlæg med flydende varm asfalt	
Formbarhed		
	Er formbar med hånden. Kan tildannes med hobbykniv	
Formstabil	OK	Blødt og let og skal fastholdes til tagflade med klæber.
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende. Tæthed opnås ved geometrisk overlæg eller lodning.	
Anvendelse	Siderende ved skrå inddækninger. Primær anvendelse tagdækning på flade tage.	
Brand	Tagproducenterne har testet deres produkter og kan levere en erklæring om at pappen er brandmæssigt egnet, når blot der anvendes de rette kombinationer af pap og underlag.	

Bilag 1, Produktdata

APP-tagpap	Forhandles under navnet Derbigum	Der kan henvises til AGR 1998/0015
APP-tagpap består af 3 delelementer: glasfiber, polyesterfilt og polymerasfalt - en blanding af bitumen og Atactic Polypropylene.		
Densitet /vægt pr m2	1,03 g/cm ³ /3 kg/m ²	som plast
Smeltepunkt	større 150 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	ingen data	
Hårdhed	ingen data	Blødt
Trækstyrke pr 50 mm	50 N	God brudstyrke
Brudforlængelse	20-35% %	Fin elasticitet
Tykkelse	3, 4 og 5 mm	
Farver	Sort	Derbicolor (4 mm) fås tillige i lysegrå, mørkegrå, grøn, rødbrun og hvid.
Holdbarhed	25 - 40 år afhængig af tagfald	Efter ETA Agreement 1998/0015 er levetiden mindst 25 år
	Korrosion	Ingen korrosion
	Revner	-15 C° Ø30 mm ingen revner
	UV-stråler	Glasfilt beskytter mod UV-stråler
	Temperatur	-15 til + 140C°
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	Overfladen er bestrøet med skifer, som kan fange skidt
	Tagfald	10 års garanti på vandrette tage. IHT Agreement skal der være 2° fald.
	Fugt	Fugtstabil
	Levetid	Mere end 25 år
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	god
	Svag base	god
	havvand	udmærket

Bilag 1, Produktdata

APP-tagpap	Forhandles under navnet Derbigum	Der kan henvises til AGR 1998/0015
	Alkohol	mindre resistent
	Organisk opløsningsmiddel	Er ikke modstandsdygtig mod olie, benzin og opløsningsmidler
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersyn i forbindelse med rengøring af siderende
	Reparation	Skader kan repareres ved påsvejsning af lap af samme materiale
	Udskiftning	Ved nedslidt belægning kan man normalt pålægge nyt ovenpå det eksisterende
Fastgørelsesmetoder		
	Svejsning	Påsvejses ved opvarmning af klæbelag på bagside
	Kold klæbning	Klæbning med flydende varm asfalt
	Mekanisk	Med specialskrue afhængig af underlag
Samlemetoder		
	Svejsning ved opvarmning af klæbekant	
	Klæbning af overlæg med flydende varm asfalt	
Formbarhed		
	Er formbar med hånden. Kan tildannes med hobbykniv	Materialet er stift i et plan
Formstabil	OK er mere formstabil end SBS-tagpap ved høje temperaturer.	Blødt og let og skal fastholdes til tagflade med klæber eller mekanisk.
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende. Tæthed opnås klæbning eller svejsning med brænder	
Anvendelse	Siderende. Primær anvendelse til flade tage med begrænset fald.	
Brand	Tagproducenterne har testet deres produkter og kan levere en erklæring om at pappen er brandmæssigt egnet, når blot der anvendes de rette kombinationer af pap og underlag.	

Bilag 1, Produktdata

Betontagsten (hætter)	Special tagsten af beton leveres til de fleste tagstentyper i begrænset udvalg f ex vandret tudsten, typisk med små udluftningsarealer (78 cm ²)	
Densitet	2400 kg/m ³	
Smeltepunkt	Meget højt	
Temperatur udvidelseskoefficient	11*10 ⁻⁶ /°C	
Hårdhed	N/mm ²	Hårdt
Flydespænding	ingen data	
'Brudspænding	ingen data	
Brud	ingen data	
Tykkelse	Som tagsten,	
Levetid	60 år	
Farver	Som tagsten	
Holdbarhed	Holdbarhed som resten af taget 60 år	
	Korrosion	Beständig
	Revner	OK
	UV-stråler	Beständig
	Temperatur	OK
	Migration	Ingen
	Smuds	Tilsmudses som betontagsten
	Bestandighed:	
	Fugt	
	Vand	Udmærket
	Svag syre	ok men afhængig af type
	Svag base	meget god
	havvand	udmærket
	Alkohol	Udmærket
	Organisk opløsningsmiddel	Udmærket
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersynsinterval som for tagbelægning
	Reparation	Normalt ved udskiftning

Bilag 1, Produktdata

Betontagsten (hætter)	Special tagsten af beton leveres til de fleste tagstentyper i begrænset udvalg f ex vandret tudsten, typisk med små udluftningsarealer (78 cm ²)	
	Udskiftning	Kan udskiftes uden at ødelægge tilstødende bygningsdele
Samlemetoder	Som tagsten	
Fastgørelsesmetode	som tagsten	
Formbarhed	Er ikke formbar	
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Tæthed opnås ved geometrisk overlæg	
Anvendelse	Til små udluftninger kan specialsten anvendes ved gennemføring så blyinddækning undgås.	
Brand	Er OK	

Bilag 1, Produktdata

Teglhætter	Special tagsten af brændt ler leveres til de fleste tagstenstyper til de almindeligt forekommende taggennemføringer (faldstammeudluftning, tagrumsudluftning og lodret tudtagsten).	
Densitet	1500 kg/m ³	
Smeltepunkt	-°C	
Temperatur udvidelseskoefficient	5 1*10 ⁻⁶ /°C	
Hårdhed	N/mm ²	Ok som tegltagsten
Flydespænding	ikke relevant	Ok som tegltagsten
'Brudspænding	ikke relevant	Ok som tegltagsten
Brud	ikke relevant	Ok som tegltagsten
Tykkelse	Som tagsten,	
Levetid		
Holdbarhed	Som resten af taget (60 år)	
	Korrosion	Beständig
	Revner	OK
	UV-stråler	Beständig
	Temperatur	OK
	Migration	Ingen
	Smuds	Tilsmudses som tegltage
	Bestandighed:	
	Fugt	
	Vand	Udmærket
	Svag syre	god - tegl
	Svag base	meget god
	havvand	udmærket
	Alkohol	Udmærket
	Organisk opløsningsmiddel	Udmærket
Vedligeholdelse	Eftersyn	Eftersynsinterval som for tagbelægning
	Reparation	Normalt ved udskiftning
	Udskiftning	Kan udskiftes uden at ødelægge tilstødende bygningsdele

Bilag 1, Produktdata

Teglhætter	Special tagsten af brændt ler leveres til de fleste tagstenstyper til de almindeligt forekommende taggennemføringer (faldstammeudluftning, tagrumsudluftning og lodret tudtagsten).	
Fastgørelsesmetoder		
	Fastgøres som tagsten	(Rustfast stål)
Samlemetoder		
	som tagsten	
Formbarhed	Er ikke formbar	
Formstabil	OK	
Tætningsevne	Tæthed opnås ved geometrisk overlæg	
Anvendelse	Mindre taggennemføringer i form af faldstammeudluftninger og tagrumsudluftninger. Kan ikke anvendes ved rumudluftninger da åbningen er for lille	
Brand	Er OK	

Bilag 1, Produktdata

Bly (til sammenligning)		
Densitet /vægt	11400	
Smeltepunkt	327 °C	
Temperatur udvidelseskoefficient	29 mm/m/°C	
Hårdhed	ingen data	blødt
Elasticitetsmodul	0,017 10 ⁻⁶ MPa	
Trækstyrke	10 MN/m ²	Svagt
Brudforlængelse		
Tykkelse	1,25 mm	
Farver	Blågrå/hvidgrå	
Holdbarhed	Erfaringsmæssigt har bly en lang holdbarhed på tage	Op til 60 - 70 år
	Korrosion	Bly er et halvædelt metal. I atmosfæren overtrækker bly sig med en beskyttende hinde.
	Revner	ok
	UV-stråler	-
	Temperatur	ok
	Syreholdig atmosfære	Stabil
	Smuds	ok
	Tagfald	som taget
	Fugt	Fugtstabil
	Bestandighed:	
	Fugt	Udmærket
	Vand	Udmærket
	Svag syre	Udmærket
	Svag base	Baser angriber svagt
	havvand	udmærket
	Alkohol	udmærket
	Organisk opløsningsmiddel	

Bilag 1, Produktdata

Bly (til sammenligning)		
Vedligeholdelse	Eftersyn	Bly inddækninger bør efterses for revner og mekaniske skader
	Reparation	Mekaniske skader kan lappes ved pålodning af lap.
	Udskiftning	Blyinddækninger kan udskiftes når de er nedslidt uden ødelæggelse af tilstødende bygningsdele
Fastgørelsesmetoder		
	Mekanisk	Med skruer.
Samlemetoder	Lodning	
Formbarhed	Ok	Bly kan formes og deformationhærdes kun i begrænset omfang, hvorfor bearbejdeligheden bevares.
Formstabil	Ok	Bly's store densitet bidrager til at bly kan holde faconen når det anvendes som inddækning
Tætningsevne	Er ikke selvtætnende Tæthed opnås ved geometrisk overlæg	
Anvendelse	Inddækninger i bred forstand	
Brand	Er formentlig i orden. Bly er ubrandbart	

Bilag 2

Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

De identificerede inddækningsmaterialers miljøegenskaber over livscyklus er i projektet vurderet og beskrevet kortfattet. Formålet hermed har været at afdække eventuelle særligt alvorlige miljø- eller ressourceforhold ved løsningerne, og samtidigt give brugerne en indgang til at inddrage miljø og ressourcer i deres valg af inddækningsløsninger til et konkret byggeprojekt (fx i forbindelse med miljørigtig projektering). Det skal understreges, at der alene er tale om en hurtig miljøscreening, idet der ikke har været mulighed for at lave en detaljeret livscyklusvurdering af produkterne i dette projekt. Omtalen af de enkelte materialer er i bilaget disponeret således, at hovedkonklusionerne (som også er gengivet i selve rapporten) er præsenteret øverst. Derefter følger en oversigtstabel, der viser hvilke miljøeffekter, der er fokuseret på i miljøscreeningen. Endeligt følger en kortfattet beskrivelse af de udvalgte miljøeffekter. Screeningen omfatter langt fra alle miljøeffekter i materialets livscyklus. Det er dog tilstræbt at præsentere de væsentligste miljøeffekter for det pågældende materiale anvendt til inddækningsformål. Der er hovedsageligt anvendt kilder, hvor oplysningerne i forvejen har været præsenteret på sammenfattende niveau. Oplysningerne givet her, kan af brugerne suppleres yderligere efter eget valg, afhængigt af den ønskede detaljeringsgrad.

Indhold

1	ZINKPLADER TIL INDDÆKNING	2
1.1	KONKLUSION	2
1.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	2
2	ALUMINIUM TIL INDDÆKNINGSFORMÅL	7
2.1	KONKLUSION	7
2.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	7
3	EPDM-PRODUKTER TIL INDDÆKNING	11
3.1	KONKLUSION	11
3.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	11
4	SELVKLÆBENDE BUTYLGUMMI-INDDÆKNING MED ALUMINIUMSARMERING	15
4.1	KONKLUSION	15
4.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	15
5	SBS-TAGPAP SOM INDDÆKNINGSMATERIALE	20
5.1	KONKLUSION	20
5.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	20
6	PVC TAGFOLIER TIL INDDÆKNING	24
6.1	KONKLUSION	24
6.2	MILJØPÅVIRKNINGER I LIVSCYKLUS	24

1 Zinkplader til inddækning

Almindelige plader af zink fremstilles af finzink, der er tilsat (legeret med) små mængder af kobber og titan. Denne type kaldes også titanzink. Finzink er elektrolytisk fremstillet (99,995% ren zink).

Det såkaldte inddækningszink er lavere legeret end titanzink, dvs. tilsætningen af andre metaller er meget lille. Derfor er denne type zinkplade blødere.

1.1 Konklusion

Zinks overflade korroderes ligesom bly langsomt, hvorved der frigives opløste zinksalte med moderat giftighed. Derfor er der sat grænser for indholdet af zink i blandt andet spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord. Zink er dog ikke så giftigt som bly, og zinkindholdet i spildevandsslam i Danmark er fortsat generelt længere under grænseværdien end det er tilfældet for bly. Zinks giftighed kombineret med den relativt store spredning til miljøet er ugunstig i forhold til dets egnethed som erstatning for bly til inddækningsformål. Det skal bemærkes, at forbruget af zink til inddækningsformål kun vil bidrage med en begrænset del af spredningen af zink til miljøet, idet der er store bidrag fra den udbredte anvendelse af zink til galvanisering af stål.

De kommercielt attraktive reserver af zink er anslået til 25 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 250 års forbrug (USGS, 2000).

En betydelig del af zinkinddæknings masse tabes til miljøet over levetiden, men derudover må zinkplade anses som velegnet til frasortering og genanvendelse efter endt brug.

1.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

I tabel 1 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i en zinkplades livsforløb. I de efterfølgende afsnit er de enkelte miljøforhold beskrevet.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinding og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af zinkplader	Brug af zinkplader	Bortskaffelse af zinkplader
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	Brug af zinkmalmreserver			
Energiforbrug	Energiforbrug til mekaniske processer til udskillelse af zinkforbindelser fra malmen samt energiforbrug til elektrolyse eller termiske processer ved udvinding af zink fra koncentrat	Energiforbrug til smeltning af zink og valsning af plader		
Miljøbelastninger				
Globale	Drivhuseffekt fra energiproduktion Biprodukt ved brydning og raffinering af zink er cadmium, der udgør risiko ved spredning til miljøet			
Regionale	Nærings saltbelastning, forsuring og affald fra energiproduktion Biprodukt ved brydning og raffinering af zink er cadmium, der udgør risiko ved spredning til miljøet			
Lokale	Luftemission af bly, zink og arsen Volumenaffald fra udvinding fra zinkmalm		Udvaskning af zink og cadmium til jord og spildevand	
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning	Dannelse af zinkoxid ved ophedning af zink kan give metalrøgsfeber. Cadmium er biprodukt ved brydning og raffinering af zink. Cadmium er et giftigt metal.			
Forbruger				

Tabel 1
Væsentlige miljøbelastninger i zinkinddæknings livsforløb.

Materialeforbrug og genanvendelighed

Zink er en knap, ikke-fornyelig ressource og forbrug af primær ny zink vil tære på de globale reserver af zinkmalm. De kommercielt attraktive reserver af zink er anslået til 25 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 250 års forbrug (USGS, 2000).

Zink kan genbruges. For zinkprodukter fremstillet i Tyskland er ca. 80 % i dag fremstillet af primær zink, mens 20% er fremstillet af zinkaffald og -skrot (BPS, 1998).

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Det er sandsynligt, at inddækninger af titanzink og det blødere inddækningszink vil blive frasorteret og indsamlet til genanvendelse efter endt brug. En del af zinken vil dog blive tabt ved korrosion i løbet af anvendelsestiden.

Energiforbrug

Ud fra koncentrat fra zinkmalm fremstilles zink enten ved en elektrolytisk eller en termisk proces. Begge processer bruger stort set samme mængde energi. Energiforbruget til råstofudvinding og produktion af råmaterialer og fremstilling af zinkplade er 48 GJ/t. Det skønnes at energiforbruget til brydning og oparbejdning udgør ca. 20 % af det totale energiforbrug til fremstilling af zink fra malm (BPS, 1998).

Ved genanvendelse af zink er energiforbruget stærkt afhængigt af restproduktets karakter. Ved oprensning af zink fra slagge fra galvanisering kræves et energiforbrug på 3-10 GJ/t. Ved udvinding af zink fra filterstøv fra stålværker (stammende fra galvaniseret stål) anvendes en proces svarende til den oprindelige udvinding af zink og energiforbruget er højere, omkring 30 GJ/t (BPS, 1998). Gensmeltning af rent zinkaffald, som zinkplade fra inddækninger, formodes at kræve et energiforbrug, der maksimalt er på niveau med oprensningen af slagge. Der er således væsentlige energimængder sparet ved genanvendelse af zinkplade.

Vandforbrug

Der findes ikke sikre data for vandforbruget til oparbejdning af zink samt til fremstilling af byggevarer (BPS, 1998).

Emissioner til eksternt miljø

Udvindingen af primær zink giver anledning til væsentlige udledninger af drivhuseffekt-skabende gasser. Gasser fra energifremstillingen bidrager også regionalt til forurening og næringssaltbelastning. Der er desuden en betydelig risiko for miljøpåvirkninger ved skimming af smeltebadet fra rensning af zinken. Herfra kan spredes tungmetaller og svovlsyre til det eksterne miljø (BPS, 1998).

Når zinkplader er i brug på tagene, sker der en langsom korrosion af zinkoverfladen. De opløste zinksalte følger med nedbøren til spildevands- eller regnvandssystemet, eller direkte til jord.

Zink er et essentielt sporstof for levende organismer, men har også en moderat giftvirkning (som zinksalte). Derfor er der sat grænser for indholdet af zink i blandt andet spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord. Som det ses i tabel 2 er zinkindholdet i spildevandsslam i Danmark fortsat generelt længere under grænseværdien end det er tilfældet for bly (og kobber). Ved at sammenligne de målte indhold af metaller i Dansk slam (vist i højre kolonne) med grænseværdierne (i venstre kolonne), ses det at en pæn del af slammet indeholder mere bly end tilladt, mens det generelt ikke indeholder mere kobber og zink end tilladt.

	Grænseværdi	95% af slammet indeholder mindre end denne koncentration (95% fraktil)
Bly	120 mg pr. kg tørstof	183 mg pr. kg tørstof
Kobber	1.000 mg pr. kg tørstof	492 mg pr. kg tørstof
Zink	4.000 mg pr. kg tørstof	1.078 mg pr. kg tørstof

Tabel 2

Gældende grænseværdier for indholdet af en række stoffer i spildevandsslam, der skal anvendes til jordforbedring på landbrugsjord, sammenholdt med målinger af koncentrationsniveauer af samme stoffer i dansk spildevandsslam i 1997 (ud fra Slambekendtgørelsen, 2000 og Miljøstyrelsen, 1999).

Et indtryk af zinks giftighed kan også fås i tabel 3, hvor kvalitetskriterier for jord og grundvand er givet for en række metaller: Zink, bly, kobber og cadmium (medtaget for sammenlignings skyld). Jo lavere tal indenfor samme kolonne i tabellen, jo mere giftigt er stoffet vurderet at være. Det ses, at zink er på niveau med kobber (undtagen overfor jordorganismer), mens bly er vurderet som noget giftigere og cadmium er væsentligt giftigere.

Stof 1)	"Jordkvalitetskriterie" (mg/kg tørstof)	"Grundvands- kvalitetskriterie" (µg/l)	"Økotoxikologisk jordkvalitetskriterie" (mg/kg tørstof)
Zink	500	100	100
Kobber	500	100	30
Bly	40	1	50
Cadmium	0,5	0,5	0,3

Tabel 3

Relativ giftighed af en række metaller i jord og grundvand (kvalitetskriterier¹) til vurdering af jordforureninger, fra Miljøstyrelsen (1998)).

Note:

- 1) Kvalitetskriterierne er udviklet for at kunne vurdere, om jord eller vand er ugiftigt, eller om det er nødvendigt at rense eller fjerne det (i forbindelse med undersøgelse af jordforureninger). Tallene i anden og tredje kolonne er baseret på undersøgelser af stoffernes giftighed overfor mennesker. Kolonnen med "Økotoxikologiske jordkvalitetskriterier" giver et indtryk af giftigheden overfor jordlevende organismer.

Der er et restindhold af cadmium i den færdige zink. Dette kan udvaskes til jord og spildevand ved korrosion af zinken. Problemet kan mindskes ved at vælge zink med mindst muligt restindhold af cadmium (såkaldt "special high grade" zink med cadmiuinindhold på mindre end 0,0005 vægtprocent).

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Affald

Ved elektrolyse frembringes 0,4 t affald for hver produceret ton finzink. Ca. 75-80 % af alt zink fremstilles ved den elektrolytiske proces. Ved elektrolyse frembringes en større affaldsmængde end ved termisk fremstilling af zink.

Efter begge produktionsprocesser skal der efterfølgende ske en renseproces for at fjerne urenheder som bly, jern og cadmium. Hovedparten af urenhederne er blyulfat, der oparbejdes til bly. Cadmiumindholdet oparbejdes ligeledes. Begge er giftige tungmetaller, hvis forbrug forventes at falde fremover. Der kan således blive tale om, at de må opbevares som affaldsprodukt fra zinkfremstillingen.

Zinkinddækninger forventes som nævnt overvejende at blive indsamlet til genanvendelse. Eventuel tilførsel af zink til affaldsforbrænding eller deponering vil kunne medføre et potentiale for gradvis udvaskning med lossepladsperkolat og dermed zink-belastning af spildevandsslam mv.

Arbejds miljø

Der er risiko for sundhedsskader og ulykker for arbejdere ved brydning af zinkmalm og fremstilling af primær zink. Som ved andet arbejde med brydning og håndtering af silikatholdige mineraler, kan der ved brydning af zink være en risiko for lungelidelsen silikose, også kaldet stenlunge (Hansson og Hellsten, 1995).

Ved svejsning eller ophedning af materiale, som indeholder zink, kan der dannes zinkoxid, som kan give anledning til metalrøgsfeber. Zinkrøg er den mest udbredte årsag til metalrøgsfeber. Symptomerne kan være en influenzalignende tilstand med høj feber og ildebefindende (Hansson og Hellsten, 1995).

Levetid

Alle nævnte effekter mindskes ved længere levetid. Yderligere miljø- og arbejdsmiljøpå-virkning mindskes ved intet/lavt vedligeholdelsesbehov.

Referencer vedr. zink

BPS (1998): Håndbog i miljørigtig projektering 1.1.1998. BPS publikation nr. 121.

Hanson, S.O. og Hellsten, E. (1995): Arbejds miljø fra A til Ø. Fremad.

Miljøstyrelsen (1998): Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind. Vejledning nr. 6, 1998, fra Miljøstyrelsen

USGS (2000). Mineral Commodity Summaries. US Geological Survey, Washington DC. Set på <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>, september 2000.

Slambekendtgørelsen (2000): Bekendtgørelse om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål. BEK nr.49 af 20/01/2000.

Miljøstyrelsen (1999): Spildevandsslam fra kommunale og private renselanlæg i 1997. Miljøprojekt nr. 473, 1999, Miljøstyrelsen.

2 Aluminium til inddækningsformål

Aluminium er i dag et udbredt inddækningsmateriale til visse formål, hvor det optræder som forholdsvis stive profiler eller plader. Desuden er det nyere fleksible inddækningsprodukt Mage flex-alu fremstillet af aluminium.

Aluminium til inddækning er i nogen tilfælde lakeret. Det gælder fx standard-inddækninger til ovenlysvinduer og Mage flex-alu.

2.1 Konklusion

Der er et stort energiforbrug og væsentlige miljøpåvirkninger ved fremstillingen af ny alu-minium (såkaldt primær aluminium). Derfor er optimal mulighed for genanvendelse vigtigt, når man bruger aluminium. Af samme årsag bør aluminiumsprodukter med stort indhold af genbrugt (såkaldt sekundært) aluminium foretrækkes, idet det samtidigt skal sikres at produkterne har tilstrækkelig korrosionsbestandighed (levetid). Inddækninger med normal stiv aluminiumsplade eller profiler er egnet til genanvendelse, såfremt de monteret således, at det er enkelt og hurtigt at afmontere og frasortere aluminiumen ved nedrivning eller reno-vering.

Mage alu-flex bruger med sin noget tyndere godstykkelse (0,15 mm) mindre aluminium pr. m² inddækning, men på grund af den ringe mængde vurderes det som mindre sandsynligt, at det i praksis vil blive frasorteret til genanvendelse. Producenten oplyser, at inddækningsproduktet har indhold af genbrugsaluminium.

De globale aluminiumsreserver er relativt store sammen lignet med fx zink og kobber. De kommercielt attraktive reserver af råmaterialet bauxit er anslået til 200 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 530 års forbrug (USGS, 2000).

Der kan være væsentlige miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ved uhensigtsmæssige lakeringsprocesser. Minimal anvendelse af organiske opløsningsmidler og sikker beskyttelse af medarbejdere (lukkede malekabiner) bør foretrækkes. Der henvises i øvrigt til anden litteratur herom.

2.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

I tabel 4 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i produktets livsforløb. I de efterfølgende afsnit er de enkelte miljøforhold beskrevet.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinding og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af aluminiumplader	Brug af aluminiumplader	Bortskaffelse af aluminiumplader
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	Brug af bauxitreserver			
Energiforbrug	Energiforbrug til elektrolyse af primæraluminium			
Miljøbelastninger				
Globale	Drivhuseffekt fra energiproduktion			
Regionale	Næringssaltbelastning, forsurening og radioaktivt affald fra energiproduktion			
Lokale	Volumenaffald fra udvinding bauxit og fremstilling af aluminiumoxid Arealforbrug til vandkraft til energiproduktion Miljøskader fra luftemissioner fra elektrolyse			
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning	Håndtering af bauxit og aluminiumsstøv kan give anledning til støvlunge. Ergonomiske og termiske påvirkninger	Potentiel påvirkning med opløsningsmidler og farlige stoffer ved evt. lakering		
Forbruger				

Tabel 4
Væsentlige miljøbelastninger i aluminiumsinddæknings livsforløb.

Materialeforbrug og genanvendelighed

Kommercielt tilgængelige reserver af bauxit er relativt store. De kommercielt attraktive reserver af råmaterialet bauxit er anslået til 200 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 530 års forbrug (USGS, 2000). En del af aluminiumsforbruget genbruges i dag. For hver genbrugscyklus mistes omkring 20% (omsmeltningstab: 5-10% + diffust tab med affald). Plader af denne art er velegnede til omsmelting.

Indhold af andre materialer (metaller, plast mv.) mindsker muligheden for genanvendelse til kvalitetsformål. Høj legeringsgrad mindsker muligheden for genanvendelse til kvalitetsformål. Normal lakering og eloxering forringer ikke genanvendelsesmulighederne i væsentlig grad.

Foretræk plader med størst muligt indhold af sekundært (genbrugs-) aluminium med tilstrækkelig kvalitet (korrosionsbestandighed mv.).

Mage flex-alu klæbes til tagmaterialet og er muligvis svært at fjerne fra tagmaterialet. Derfor forventes produktet efter brug at blive bortskaffet sammen med tagmaterialet, som det er klæbet på. Herved vil aluminiumen gå tabt for videre genanvendelse.

Samtidigt kan klæbningen til tagmaterialet betyde, at det ved eventuel udskiftning af inddækningen indenfor tagmaterialets levetid, også er nødvendigt at udskifte tagmateriale med klæberester på. Dette medfører et tab af en del af de ressourcer og miljøpåvirkninger, der er investeret i tagmaterialets fremstilling.

Aluminiumstætningslisten vil kunne frasorteres og bortskaffes til genvinding.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Energiforbrug

Energiforbruget til fremstilling af primær (ny) aluminium er højt 190 GJ/ton. Størstedelen går til elektrolytisk udvinding af selve aluminiumen. Energiforbruget til omsmelting og bearbejdning af sekundær (dvs. genbrugs-) aluminium er derimod kun omkring 10 GJ/ton.

Dette har betydning for forbrug af ikke-fornyelige brændsler (samt heraf følgende emissioner), arealanvendelse til vandkraft og radioaktivt affald fra kernekraft.

For primær aluminium (dvs. ikke-genbrugsaluminium) bør foretrækkes aluminium fremstillet med høj andel af vandkraft-energi. Det skal dog bemærkes, at der er uenighed om såvel vurderingsmetoden for energiallokeringen som om selve vægtningen af dette forhold.

Vandforbrug

Især udvaskning af bauxit er ret vandforbrugende. Ved at vælge genbrugsaluminium mindsker man det totale vandforbrug

Emissioner til luft (eksternt miljø)

For aluminium stammer størstedelen af udledningerne fra energiproduktionen. De væsentligste udledninger til luft er kuldioxid (CO₂), kulmonoxid og svovldioxid (se nedenfor). Samtidigt udledes bl.a. fluorgasser, der giver vegetationsskader i områderne omkring elektrolyseværkerne.

Udvalgte emissioner til luft fra aluminiumsproduktion: 4014 g CO₂/kg Al; 60 g CO/kg Al; 32 g SO₂/kg Al (UMIP, 1999).

Kuldioxid, methan og kulmonoxid bidrager til dannelse af drivhuseffekt, og svovldioxid samt nitrogenoxid bidrager til forurening og human toksicitet. Nitrogenoxid bidrager tillige til næringssaltbelastning.

Ved eventuel anvendelse af opløsningsmiddelbaserede lakeringsprodukter, kan der ske udledning af VOC (organiske stoffer), der bidrager til dannelse af fotokemisk "smog".

Affald

Udvidningen af bauxit, som er det vigtigste råstof til aluminiumfremstilling, skaber meget store mængder inert "sten-affald". Oprensningen til mellemproduktet aluminiumoxid skaber desuden store mængder "rødslam". Tendensen er nu, at stenaffald (og så vidt vides også rødslam) fyldes tilbage i udvindingshullerne (åbne miner). I visse tilfælde søges vegetation mv. genskabt, men det er uvist om det nu gøres generelt, eller det fortsat blot efterlades som goldt land.

Ved produktion af aluminium i lande med stor anvendelse af kernekraft, produceres radio-aktivt affald som udgør en risiko ved transport og deponering.

Arbejds miljø

Ved håndtering af aluminiumsminerale, som bauxit og pulver af rent metallisk aluminium er der risiko for at få støvlunge, også kaldet Sharvers sygdom. Indåndes og ophobes aluminium kan dette medføre hjerneskader (Hansson og Hellsten, 1995).

Ved fremstilling af primær aluminium er der potentielt meget kraftige arbejdsmiljøpåvirkninger i form af nedslidning, varmepåvirkning, stærk elektromagnetisk stråling, arbejdsulykker mv.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Der kan være væsentlige miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ved uhensigtsmæssige lakeringsprocesser. Minimal anvendelse af organiske opløsningsmidler og sikker beskyttelse af medarbejdere (lukkede malekabiner) bør foretrækkes. Der henvises i øvrigt til anden litteratur herom.

Levetid

Alle nævnte effekter mindskes ved længere levetid. Yderligere miljø- og arbejdsmiljøpå-virkning mindskes ved intet/lavt vedligeholdelsesbehov.

Referencer vedrørende aluminium

BPS (1998): Håndbog i miljørigtig projektering 1.1.1998. BPS publikation nr. 121.

Hanson, S.O. og Hellsten, E. (1995): Arbejdsmiljø fra A til Ø. Fremad.

UMIP (1999): Fremstilling af aluminium ved elektrolyse af alumina (Al₂O₃), UMIP-databasen version 2.11, 1999.

USGS 2000. Mineral Commodity Summaries. US Geological Survey, Washington DC. Set på <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>, september 2000.

3 EPDM-produkter til inddækning

EPDM-gummi kaldes også ethylen-propylen-gummi. Ud over ethylen og propylen indgår forskellige stoffer af typen "diener" som råmaterialer.

EPDM-gummi er almindeligt anvendt til tagfolier (den anden almindelige type er blød PVC). EPDM-tagfolier sammenføjes ved limning eller vulkanisering. Stofferne anvendt til dette er ikke undersøgt nærmere.

Inddækningsprodukterne Masterflash, Retrofit masterflash og Stripflash er eksempler på formstøbte inddækninger af EPDM-gummi med et stabiliserende aluminiumsbånd indstøbt i kanten. Masterflash produkterne er bløde taginddækninger til runde gennemskæringer. Stripflash fremstilles i bånd til inddækning af fx. vandrette eller skrå sammenskæringer. Aluminiumskanten på inddækningsfoden gør det muligt at tilpasse inddækningen til tag-profilet og holde den nye form. Inddækningen fastgøres til tagfladen med en tætnings-masse, og hvis det er muligt med skruer.

3.1 Konklusion

EPDM-gummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Ikke desto mindre må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer med oprindelse fra naturgas og olie.

Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begræn-sede reserver af. Ved affaldsforbrænding genvindes en del af energiindholdet i materialet dog, hvorved der spares andre energibrændsler. Der mangler oplysninger om forbruget af procesenergi til fremstilling af EPDM-gummi.

Det er væsentligt at der vælges EPDM-kvaliteter uden indhold af phthalat-blødgørere, da disse anses for at have en række miljø- og sundhedseffekter, og i øvrigt ligesom bly optræder i kritiske niveauer i spildevandsslam.

De formstøbte EPDM-produkters aluminiumskant vil gå tabt ved bortskaffelse til affalds-forbrænding. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra alumini-umsfremstillingen efter endt brug af produktet.

3.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

I tabel 5 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i EPDM's livsforløb. I de efterfølgende afsnit er de enkelte miljøforhold beskrevet.

Vedrørende aluminiums miljøpåvirkninger henvises til bilagets beskrivelse af dette mate-riale. Det skal bemærkes, at aluminium i EPDM-inddækninger efter al sandsynlighed ikke vil blive genanvendt, men vil gå tabt til deponi (losseplads) ved affaldsbehandlingen.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinning og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af EPDM-produkter	Brug af inddækning	Bortskaffelse af inddækning
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	EPDM fremstilles udfra naturgas og mineralsk olie – begge er ikke-fornyelige ressourcer			EPDM kan ikke genbruges
Energiforbrug	Energiforbrug til fremstilling og vulkanisering			Energigenvinding ved affaldsforbrænding
Miljøbelastninger				
Globale	Drivhuseffekt fra energiproduktion			Drivhuseffekt ved affaldsforbrænding
Regionale	Forsuring fra energiproduktion			
Lokale	Emission af benzen	Emission af organiske opløsningsmidler		
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning / Sikkerhed	Brand- og eksplosionsfare ved fremstilling af råvarer. Støv og dampe fra blanding af gummi. Der anvendes hexan til fremstilling, der kan give skader på nervesystemet. Der kan være udsættelse for benzen og andre organiske opløsningsmidler	Der kan være udsættelse for benzen og andre organiske opløsningsmidler.	Fugemasse til fastgørelse indeholder opløsningsmiddel der kan give hudirritation.	
Forbruger				

Tabel 5
Væsentlige miljøbelastninger i livsforløbet for inddækninger af EPDM-gummi.

Materialeforbrug og genanvendelighed

Råmaterialerne til EPDM-fremstilles er hovedsageligt kulbrinterne ethylen og propylen, der udvindes fra naturgas eller ved krakning af oliedestillater. Tilsvarende antages for de anvendte typer af diener, der indgår i polymeren i mindre mængder. EPDM-gummi kan indeholde væsentlige mængder blødgørende olie, der ligeledes er fremstillet ud fra mineralsk olie.

Hverken naturgas eller mineralsk olie er fornyelige ressourcer. Materialet fremstilles ved kemisk syntese, compounding, dvs. opblanding med tilsætningsstoffer, samt vulkanise-ring.

EPDM-gummi kan ikke genbruges. Ved vulkaniseringen sker der en ikke-reversibel kemisk reaktion og omsmeltning er ikke mulig (Miljøstyrelsen, 1990). Affald og monteringspild skal bortskaffes til affaldsforbrænding.

De formstøbte EPDM-produkters aluminiumskant vil gå tabt ved bortskaffelse til affaldsforbrænding. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra alumini-umsfremstillingen efter endt brug af produktet.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Energiforbrug

Ressource- og energiforbruget til fremstilling af EPDM-gummi er ikke kendt, men det for-modes at være betydeligt alene i kraft af de indgående materialers energiindhold. Der er heller ikke fundet oplysninger om ressource- og energiforbrug i de øvrige livscyklusfaser.

Brændværdien for EPDM er 21,6 MJ/kg (UMIP, 1999). Denne energimængde kan genvindes ved affaldsforbrænding.

Vandforbrug

Forbruget er ikke kendt.

Emissioner til luft (eksternt miljø)

Anvendelse af hexan ved syntesen af EPDM-gummi, samt udvikling af støv kan give anledning til effekter i arbejdsmiljø og ydre miljø. Syntesen af EPDM-gummi foregår dog i dag i lukkede systemer, hvorfor udledningerne formodes at være begrænsede.

Ved fremstilling af halvfabrikata udvikles benzen, der afhængigt af produktionsmetoderne, kan give udledninger til det ydre miljø.

Ved produktion af færdigvarer kan der udvikles/forbruges organiske opløsningsmidler, der kan udledes til det ydre miljø.

Affald

EPDM-gummi kan som nævnt ikke genanvendes. Affald og montagespild skal føres til affaldsforbrænding. Her genvindes en del af materialets energiindhold.

Materialet er acceptabelt til affaldsforbrænding, om end det kan have et vist indehold af tilsætningsstoffer, der skaber sure gasser ved forbrændingen (svovl, chlor, brom) med deraf følgende røggasrensningsbehov og produktion af restprodukter.

Arbejdsmiljø

Etylen og propylen er blandt de mindre skadelige basisstoffer i plast. En af de diener, der kan være anvendt i EPDM, er klassificeret som miljø- og sundhedsskadelig (dicyclopentadien) (Miljø- og Energiministeriet, 1999). Fremstillingen foregår dog i lukkede systemer og stoffet er kemisk bundet i det færdige gummi.

Der anvendes hexan som hjælpestof ved syntesen af EPDM-gummi. Ved hudkontakt kan der ske udtørring af huden med sprækker og eksem til følge. Udsættelse for n-hexan kan desuden give skader på nervefibrene (Hansson og Hellsten, 1995). Syntesen af EPDM-gummi foregår dog i dag i lukkede systemer, hvorfor udledningerne formodes at være begrænsede.

Ved blandingen med tilsætningsstoffer (compoundering) er der risiko for afgivelse af støv fra tilsætningsstoffer og gummi (Miljøstyrelsen, 1990). Ved fremstilling af halvfabrikata (vulkanisering) og ved færdigvarefabrikation kan der forekomme udsættelse for benzen og evt. andre organiske opløsningsmidler (Miljøstyrelsen, 1990).

Til nogle formål kan EPDM-gummi være tilsat phthalater, for at forbedre bearbejdningsegenskaberne. Phthalater kan frigives ved fremstillingen af EPDM-produkterne og til miljøet fra det færdige produkt. Phthalater er på Miljøstyrelsens liste over uønskede stoffer og mistænkes for at have en række miljø- og

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

sundhedsskadelige effekter (Miljøstyrelsen, 1999a). EPDM-produkter uden indhold af phthalater bør foretrækkes. De omtalte Stripflash og Masterflash inddækningsprodukter indeholder ifølge den danske importør ikke phthalater (ABA Tagprodukter, 2000).

Visse tagfolier er tilsat bromerede flammehæmmere for at give det større modstandsdygtighed overfor brand. Nogle af de bromerede flammehæmmere har miljø- og sundhedsskadelige effekter, og begrænsninger i deres anvendelse er under forberedelse i EU. Tagfolier med andre typer flammehæmmere bør foretrækkes.

Der foreligger dog ikke oplysninger om anvendte hjælpe- og tilsætningsstoffer (additiver) for specifikke tag- og inddækningsprodukter.

Tætningsmassen der leveres til montering af flashprodukterne på tagmaterialet indeholder opløsningsmidlet xylen, der kan virke irriterende på hud og luftveje.

Levetid

Alle nævnte effekter mindskes ved længere levetid. Yderligere miljø- og arbejdsmiljøpå-virkning mindskes ved intet/lavt vedligeholdelsesbehov.

Referencer vedrørende EPDM-produkter

Miljøstyrelsen (1990): Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Miljøprojekt nr. 131, Miljøstyrelsen.

Hanson, S.O. og Hellsten, E. (1995): Arbejdsmiljø fra A til Ø. Fremad.

UMIP (1999): Fremstilling af aluminium ved elektrolyse af alumina (Al₂O₃), UMIP-databasen version 2.11, 1999.

Miljø- og Energiministeriet (1999): Listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 510 af 18 juni 1999.

Miljø- og Energiministeriet (1999a): Handlingsplan for at reducere og afvikle anvendelsen af phthalater i blød plast. Miljø- og Energiministeriet, København, juni 1999.

ABA Tagprodukter (2000): Kurt Forslund, mundtlig oplysning. Oktober 2000.

4 Selvklæbende butylgummi-inddækning med aluminiumsarmering

Aluminiumsarmeret butylgummi består af polyisobutylen med et aluminiumsstrægitter og en tætningskant af butylklæber.

Butylgummi er en syntetisk gummi, som i forkortet form benævnes PIB (fra dets kemiske navn polyisobutylen). Butylgummien er iblandet uorganisk fyldstof samt pigment.

Ved tilslutning til lodrette murede flader anvendes en korrosionsbestandig metal tætnings-liste af fx. aluminium, og tilslutningskanten tætnes yderligere med en fugemasse.

Ud fra viden om at 1m² aluminiumsarmeret butylgummi af ca. 2 mm vejer 3 kg, er produk-tets sammensætning estimeret. Ren butylgummi har en densitet på 0,92 g/cm³, og 1m² i 2 mm vejer således max. 1,84 kg. Sammensætningen for aluminiumsarmeret butylgummi estimeres på denne baggrund til ca. 50 vægt-% butylgummi (incl. tilsætningsstoffer) og 50% aluminium.

4.1 Konklusion

Butylgummi er ikke uden miljøpåvirkninger i livscyklus. Dog må det regnes som blandt de mindre miljøbelastende kunststofmaterialer, fordi det overvejende består af relativt ufarlige stoffer med oprindelse fra naturgas og olie. Det vil samtidigt sige, at det er fremstillet af ikke-fornyelige ressourcer, som der er begrænsede reserver tilbage af.

Derfor er det væsentligt, at materialet efter endt brug føres til affaldsforbrænding, hvor der genvindes en del af energiindholdet, således at der spares andre energibrændsler. Inddæk-ningsmaterialets klæbning til tagmaterialet giver dog en risiko for, at det i nogen tilfælde ikke vil blive frasorteret, men vil blive bortskaffet med tagmaterialet (fx tagsten) til deponering.

En ulempe ved dette sammensatte produkt er, at den indgående aluminium med stor sandsynlighed ikke vil kunne genvindes. Derved tabes de investerede energiforbrug og miljøpåvirkninger fra aluminiumsfremstillingen efter endt brug af produktet.

Der mangler oplysninger om forbruget af procesenergi til syntesen af butylgummi.

4.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

Det har ikke været muligt at få data for selve produktionen af aluminiumsarmeret butyl-gummi. Den efterfølgende miljøbeskrivelse er hovedsageligt baseret på fremstilling af råvarerne aluminium og buten. De væsentligste miljøbelastninger stammer fra alumi-niumsproduktionen og især fra den hertil relaterede energiproduktion.

I tabel 6 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i produktets livsforløb.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinding og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af inddækningsmateriale	Brug af indækning	Bortskaffelse af inddækning
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	Forbrug af bauxit og råolie			Evt. deponi sammen med tagmaterialet
Energiforbrug	Energiforbrug til aluminiumsfremstilling			Evt. energigevinst ved forbrænding
Miljøbelastninger				
Globale	Drivhuseffekt primært fra aluminiums energiproduktion ¹			Drivhuseffekt ved affaldsforbrænding af polyisobutyl.
Regionale	Forsuring primært fra aluminiums energiproduktion			
Lokale	Volumenaffald fra udvinding bauxit og af aluminiumoxid Arealforbrug til vandkraft til energiproduktion Miljøskader fra luftemissioner fra elektrolyse af aluminium			Slagge/aske til deponi fra forbrænding af aluminium.
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning / Sikkerhed	Håndtering af bauxit og aluminiumsstøv kan give anledning til støvlunge. Ergonomiske og termiske påvirkninger fra aluminiumsproduktion. Risiko for åndenød og forfrysning ved uheld med flydende buten.			
Forbruger				

Tabel 6
Væsentlige miljøbelastninger i livsforløbet ved aluminiumsarmeret butylgummi som inddækningsmateriale.

Ressourcer og genanvendelighed

I sin struktur og tildels egenskaber minder PIB meget om de mere kendte plastktyper polyethylen (PE) og polypropylen (PP), som regnes blandt de mindst miljøbelastende plastmaterialer.

Butylgummi fremstilles ved polymerisering af isobutylene tilsat lidt naturgummi (isoprene). Isobutylene (isobutene) er et raffineret olieprodukt, som dannes som et biprodukt ved benzin og ethylen produktion (Ullmann, 1999).

Råolie hentet fra undergrunden betragtes som en ikke fornyelig ressource, da den dannes meget langsomt og i væsentlig mindre mængder end der årligt forbruges.

Aluminium udvindes fra bauxit, der under komplicerede kemiske processer og ved til-sætning af forskellige stoffer omdannes til rent aluminium. Bauxit er en ikke fornyelig ressource. De kommercielt attraktive reserver af råmaterialet bauxit er

¹ Aluminiums elproduktion er jævnfør UMIP-databasen version 2.11 baseret på 61,3% vandkraft; 3,2% atomkraft og 35,5% konventionelle kraftværker, og uden afsvovling af røggassen ved forbrænding af kul og olie.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

anslået til 200 års forbrug (ved nuværende årligt globalt forbrug). De teknisk udnytbare ressourcer er anslået til 530 års forbrug (USGS, 2000).

Affald fra monteringen i form af aluminiumsarmeret butylgummi kan bortskaffes til for-brænding, hvorved gummiets energiindhold kan udvindes. Det er usandsynligt, at aluminium i produktet vil kunne genanvendes. Aluminiumen vil ende som fast affald fra for-brændingen, som sendes til deponi.

Aluminiumsarmeret butylgummi klæbes til tagmaterialet og er svært at fjerne fra tagmaterialet. Derfor forventes produktet efter brug at blive bortskaffet sammen med tagmaterialet, som det er klæbet på. Bortskaffelsen er således delvist afhængig af anvisningerne for tagmaterialet.

Samtidigt kan klæbningen til tagmaterialet betyde, at det ved eventuel udskiftning af ind-dækningen indenfor tagmaterialets levetid, også er nødvendigt at udskifte tagmateriale med klæberester på. Dette medfører et tab af en del af de ressourcer og miljøpåvirkninger, der er investeret i tagmaterialets fremstilling.

Aluminiumstætningslisten vil kunne frasorteres og bortskaffes til genvinding.

Energi

Energiforbruget til fremstilling af primær (ny) aluminium er højt, 190 MJ/kg. Størstedelen går til elektrolytisk udvinding af selve aluminiumen. Energiforbruget til omsmelting og bearbejdning af sekundær (dvs. genbrugs-) aluminium er derimod kun omkring 10 MJ/kg. Der er sandsynligvis anvendt primær aluminium til produktet (tyndt valsed aluminiums-folier er følsomme overfor uønskede legeringselementer og fremstilles ofte af ren (ulegeret) aluminium, der er derfor næppe tilsat genbrugsaluminium).

Det har ikke været muligt at få data for energiforbrug til fremstilling af butylgummi, men for råmaterialet butene er det gennemsnitlige energiforbrug til fremstillingen 65,5 MJ/kg, og materialernes energiindhold ligger på ca. 46,8 MJ/kg (APME, 1995).

For aluminium med en godstykkelse over 50 µm – som der er tale om her – regnes der ikke med at der opnås en energigevinst ved forbrænding af aluminium (ved lagtykkelser under 50 µm, regnes materialets energiindhold på 30,9 MJ/kg for at kunne genvindes ved for-brænding). Energiindholdet i butylgummi kan genvindes ved affaldsforbrænding.

Vandforbrug

Ved udvaskning af bauxit ved aluminiumsproduktionen er der et stort vandforbrug.

Udledning til luft (emission)

For både aluminium og buten stammer størstedelen af udledningerne fra energiproduktionen.

De væsentligste udledninger til luft relateret til aluminiumsfremstillingen er kuldioxid (CO₂), kulmonoxid og svovldioxid (se nedenfor). Samtidigt udledes bl.a. fluorgasser, der giver vegetationsskader i områderne omkring elektrolyseværkerne.

Væsentligste emissioner til luft fra aluminiumsproduktion: 4014 g CO₂/kg Al; 60 g CO/kg Al; 32 g SO₂/kg Al (UMIP, 1999).

Ved fremstillingen af 1 kg buten udledes der 1.200 g kuldioxid, 6,7 g nitrogenoxid (NO_x), 5,8 g svovldioxid og 4,5 g methan (CH₄) (APME, 1995).

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Kuldioxid, methan og kulmonoxid bidrager til dannelse af drivhuseffekt, og svovldioxid samt nitrogenoxid bidrager til forurening og human toksicitet. Nitrogenoxid bidrager tillige til næringssaltbelastning.

Affald

Udvinningen af bauxit, som er det vigtigste råstof til aluminiumfremstilling, skaber meget store mængder inert "sten-affald". Oprensningen til mellemproduktet aluminiumoxid skaber desuden store mængder "rødslam". Tendensen er nu, at stenaffald (og så vidt vides også rødslam) fyldes tilbage i udvindingshullerne (åbne miner). I visse tilfælde søges vegetation mv. genskabt, men det er uvist om det nu gøres generelt, eller det fortsat blot efterlades som goldt land.

Ved produktion af aluminium i lande med stor anvendelse af kernekraft, produceres radio-aktivt affald som udgør en risiko ved transport og deponering.

Fremstillingen af raffinerede olieprodukter herunder buten til polyisobutylene frembringes der primært mineralisk affald, industriaffald, kemikalieaffald samt slagge og aske.

Aluminiumsarmeret butylgummi klæbes til tagmaterialet og er svært at fjerne fra tagmateriale-rialet. Derfor forventes produktet efter brug at blive bortskaffet sammen med tagmaterialet, som det er klæbet på. Bortskaffelsen er således delvist afhængig af anvisningerne for tag-materialet. Såfremt aluminiumsarmeret butylgummi bortskaffes til forbrænding, kan gummiets energiindhold udvindes.

Arbejds miljø

Ved håndtering af aluminiumsminerale, som bauxit og pulver af rent metallisk aluminium er der risiko for at få støvlunge, også kaldet Sharvers sygdom. Indåndes og ophobes aluminium kan dette medføre hjerneskader (Hansson og Hellsten, 1995).

Butylen (buten) er brandfarlig og danner eksplosive blandinger med luft. Butylen opbevares flydende under tryk, og blot stænk af væsken kan give forfrysningsskader. Væsken er flygtig og evt. spild fordamper hurtigt. Indånding af høje koncentrationer kan medføre åndenød (Hansson og Hellsten, 1995).

Der foreligger ikke oplysninger om anvendte hjælpe- og tilsætningsstoffer (additiver) for de specifikke produkter.

Ved monteringen af den aluminiumsarmerede butylgummi formgives produktet med hænderne eller med metal trykrulle. Produktet er selvsvejsende, det vil sige, at det automatisk smelter sammen ved overlæg og samling, og derved undgås lime- eller loddeprocesser på taget.

Ved montering af metalskinne mod murværk tættes øverst med fugemasse. Visse typer fugemasse kan give eksem ved kontakt med huden, hvorfor hudkontakt bør undgås, fx ved anvendelse af handsker. Nogle fugemasser afgiver sundhedsskadelige dampe under påførslen. Men da monteringen foregår udendørs – og som regel kortvarigt – antages problemet at være minimalt. Risiko ved hudkontakt og indånding af skadelige dampe kan mindskes ved at vælge fugemasser med lav MAL-kode. Holdbare fugemasser med lav MAL-kode er på markedet.

Levetid

Aluminiumsarmeret butylgummi er forholdsvis nyt på markedet og dets gennemsnitlige levetid er endnu ikke kendt. Der er 6-8 års erfaringer med produktet i udlandet og leverandører mener, at levetiden er over 10 år. Det skal bemærkes, at alle nævnte effekter mindskes ved længere levetid.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Referencer vedrørende butylgummiinddækning

Ullmann (1999): Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, 1999 Electronic Release, BUTENES - Ressources and Raw Materials, Fritz Obenaus et. al.

APME (1995): Eco-profiles of the European plastics industry, Butenes (mixed), The European Center for Plastics in the Environment, 1995 -1998.

Hanson, S.O. og Hellsten, E. (1995): Arbejdsmiljø fra A til Ø. Fremad.

UMIP (1999): Fremstilling af aluminium ved elektrolyse af alumina (Al₂O₃), UMIP-databasen version 2.11, 1999.

USGS 2000. Mineral Commodity Summaries. US Geological Survey, Washington DC. Set på <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb/>, september 2000.

5 SBS-tagpap som inddækningsmateriale

Produktet, kaldes i daglig tale også tagmembraner af visse leverandører. Tagpap og tagmembraner er stort set ens opbygget. De består af bitumen (asfaltprodukt) armeret med polyesterfilt eller glasfiber, og er øverst belagt med skifergranulat eller sand.

Der findes standard tagpap og polymer tagpap, som har lidt forskellige brugsegenskaber. I begge typer er bitumenen blandet med kunststoffet SBS-gummi (Styren-Butadien-Styren), der gør materialet mere holdbart. Tagpap der udsættes for sollys (overpap) er belagt med stengranulat, der beskytter mod solens stråler.

Tagpap består af ca. 70-80 % bitumen, 10 % polyesterfilt/glasfiber og 10-20 % sand/skifer.

5.1 Konklusion

Tagpap er - ligesom andre asfaltprodukter - et velkendt produkt, der ved uhensigtsmæssig håndtering under fremstilling og montering kan have en række miljø- og sundhedseffekter. Årsagen er dets indhold af visse skadelige stoffer.

Tagpap består hovedsageligt af stoffer udvundet fra mineralsk olie, som er en begrænset, ikke-fornyelig ressource. Det er derfor væsentligt, at den bundne olie i produktet kan gen-anvendes til energiproduktion ved affaldsforbrænding efter endt brug. Ifølge de indsamlede oplysninger er ikke alle danske affaldsforbrændingsanlæg teknisk i stand til at modtage tagpap. Ved eventuel deponering tabes denne energiressource.

5.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

I tabel 7 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i tagpaps livsforløb. I de efterfølgende afsnit er de enkelte miljøforhold beskrevet.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinning og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af tagpap	Brug af tagpap	Bortskaffelse af tagpap
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	Tagpap fremstilles ud fra mineralisk olie – en ikke fornyelig ressource.			Kan ikke genanvendes
Energiforbrug			Energiforbrug til montering	Energiindholdet i råmateriale (olie) kan i nogen tilfælde genvindes
Miljøbelastninger				
Globale	Drivhuseffekt fra energiproduktion			Drivhuseffekt ved eventuel affaldsforbrænding
Regionale	Vandforbrug ved fremstilling af armeringsdel. Forsuring som følge af energiproduktion			
Lokale		Emission af org. opløsningsmidler og PAH'er		Volumenaffald: Affald og spild skal i nogen tilfælde deponeres.
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning		Styren, butadien og PAH'er i arbejdsmiljø. Er eller mistænkes for at være kræftfremkaldende.	Emission af PAH'er ved svejsning	
Forbruger				

Tabel 7
Væsentlige miljøbelastninger i tagpaps livsforløb.

Materialeforbrug og genanvendelighed

Bitumen i tagpap fremstilles ud fra mineralisk olie, der er en ikke fornyelige ressourcer. Bitumen er den tungeste fraktion fra raffineringen af råolie. De kommercielt tilgængelige reserver af mineralisk olie er begrænsede. Forsyningshorisonten er beregnet til 43 år ud fra nuværende kendte reserver og forbrugstakster /4/.

Armeringsdelen består af et glas- og polyesterfiber. Polyesterfibre fremstilles ligeledes af råmaterialer fra mineralisk olie.

Tagpap kan ikke genanvendes. Monteringsspild og nedtaget tagpap skal deponeres.

Energiforbrug

Energiforbruget til fremstilling af SBS-tagpap ligger i området 130-180 MJ/m² tagpap afhængig af produkttype. Heraf er 80-130 MJ/m² energiindholdet i de forbrugte råmaterialer og resten procesenergi /3/.

Det primære energiforbrug til selve fremstillingen af tagpap er beskedent, 0,71 MJ/kg svarende til 3,55 MJ/m² /1/.

Energiforbruget til montage af tagpap ligger på ca. 10 MJ/m² /3/.

Energiindholdet i de indgående materialer kan genvindes ved affaldsforbrænding i de tilfælde, hvor tagpap-affaldet føres til affaldsforbrændingsanlæg, der teknisk er i stand til at modtage og behandle det. Der er regionale forskelle på, om tagpap skal bortskaffes til affaldsforbrænding eller til deponering /3,6/.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Vandforbrug

Til fremstilling af armeringsfilten forbruges vand. Forbruget er 1,72 l/kg, svarende til 9 l/m² /1/.

Ligeledes anvendes vand til køleformål ved fremstilling af tagpappen. Forbruget ligger på 0,5 l/m² /1/.

Emissioner til luft (eksternt miljø)

Tagpap har de største miljøbelastninger ved produktion af byggevaren og ved montering af tagpap.

Ved produktion af råvarer giver energiforbruget anledning til globale effekter (drivhuseffekter mv.). Ligeledes giver energiforbrug regionalt og lokalt anledning til påvirkning af det omgivende miljø i form af emission af bl.a. svovl og støv.

Ved smeltning af bitumen for pålægning af armeringsfilten sker der emission af PAH'er, der er kræftfremkaldende ved indånding. Benz(a)pyren ophobes i miljøet og er giftigt både i vand og på land. Det er giftigt for såvel organismer der lever i vand, som for pattedyr /2/.

Ved montage af tagpap bruges gas til svejsning, dette giver emission af kulilte samt emission af PAH'er.

Affald

Ifølge oplysninger fra en producent er der regionale forskelle på, om tagpap skal bortskaffes til affaldsforbrænding eller skal deponeres. Ikke alle affaldsforbrændingsanlæg kan modtage tagpap. Årsagen er oplyst at være tekniske problemer med indfødningsanlæg af tagpappen i ovnene (tilstopning af indfødningssegle) /3,6/.

Produktet skal fjernes manuelt fra taget.

Arbejds miljø og sikkerhed

Under fremstilling af tagpap vil der kunne optræde arbejdsmiljøpåvirkninger i form af påvirkninger af organiske opløsningsmidler.

Den bitumen, der indgår i tagpappen er tilsat SBS-gummi, der er fremstillet ud fra styren og butadien. Begge stoffer er opført på Arbejdstilsynets liste over stoffer, der anses for at være kræftfremkaldende. Derudover kan butadien virke irriterende på luftveje, øjne og hud /2/. Produktionen af SBS-gummi foregår dog formodentligt i lukkede systemer, hvorved risikoen er minimeret.

Ved montage af tagpap opvarmes bitumen, hvilket kan medføre afdampning af PAH'er og butadien. En stor del af PAH'erne er kræftfremkaldende eller under mistanke for at være kræftfremkaldende.

Idet der anvendes åben ild ved montering af tagpap, er der en potentiel fare for uheld.

Risikoen ved arbejde med montering af tagpap kan mindskes ved at følge Arbejdstilsynets bekendtgørelser og anvisninger om arbejde med asfaltmaterialer /5/.

Levetid

Levetiden for tagpap er ca. 30 år. Tagpap skal vedligeholdes med en tagasfalt med indhold af kunstgummi. Dette stryges på tagpappen manuelt.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Referencer vedrørende SBS tagpap

/1/ Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 23 1997. Miljørigtig projektering af boligforbedring og boligfornyelse i Kolding.

/2/ Arbejdsmiljø fra a til ø. Opslagsbog om arbejdsmiljø. 1995. Sven Ove Hansson og Eva Hellsten.

/3/ Miljøvaredeklarationer for diverse tagpap typer. Icopal a/s, Herlev. Marts 1999. Suppleret med personlige oplysninger fra Icopal a/s.

/4/ UMIP-databasen version 2.11, 1999.

/5/ Bekendtgørelse nr. 1062 af dec. 1994 om Arbejde med asfaltmaterialer og ændring hertil af dec. 1997, samt At-meddelelse nr. 4.04.22 om Arbejde med asfaltmaterialer.

/6/ Fynsværket (2000): Personlige oplysninger. Fynsværket, september 2000.

6 PVC tagfolier til inddækning

PVC fremstilles ud fra ethylen (fra olie og naturgas) og chlor, eller ud fra acetylen og hydrogenchlorid - resultatet bliver det samme. Produktion af råmaterialer og mellemprodukter foregår ikke i Danmark.

Ved tilsætning af additiver er det muligt at tilpasse PVC til specifikke formål, som kræver fleksibilitet, stabilitet ved temperaturændringer, farve, brand- og flammehæmmende egenskaber. I mange tilfælde tilsættes inaktive fyldstoffer i form af kridt mv. for at reducere prisen på det færdige produkt /4/.

PVC-folie fremstilles ved valsning af opvarmet PVC. Herved formes et produkt med den ønskede tykkelse.

Til bløde PVC-typer som fx. tagfolier tilsættes et blødgøringsmiddel, oftest de såkaldte phthalater.

6.1 Konklusion

Bløde PVC-produkter som PVC-tagfolier har en række væsentlige miljøpåvirkninger, der gør at deres anvendelse ikke kan anbefales ud fra et miljømæssigt synspunkt. Her skal især fremhæves spredningen af blødgørere (fra stofgruppen "phthalater") til miljøet, samt materialets uegnethed til affaldsforbrænding. Området er prioriteret af Miljøstyrelsen, der arbejder for erstatning af phthalat-blødgjort PVC på områder, hvor alternativer eksisterer. Det anbefales at anvende tagfolier af EPDM-gummi i stedet. Kvaliteter uden indhold af phthalater og bromerede flammehæmmere bør foretrækkes.

6.2 Miljøpåvirkninger i livscyklus

I tabel 8 er der givet en oversigt over de væsentligste miljøforhold, der indgår i PVC livsforløb. I de efterfølgende afsnit er de enkelte miljøforhold beskrevet.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

	Udvinding og produktion af råvarer og materialer	Fremstilling af PVC-folie mv.	Brug af PVC-folie	Bortskaffelse af PVC
Ressourceforbrug				
Materialeforbrug	Forbrug af olie- og naturgasressourcer			
Energiforbrug				
Miljøbelastninger				
Globale	Forsuring og drivhuseffekt fra udledning af CO ₂			Forsuring ved afbrænding af PVC.
Regionale				Emission af dioxin ved afbrænding
Lokale	Udledning af dioxiner, vinylchloridmonomer mv. med spildevand.		Udledning af blødgørere til vandmiljøet. Indhold af blødgørere i spildevandsslam.	Affaldsprodukt fra røggasrensning
Sundhedsbelastninger				
Arbejds miljøbelastning	Risiko for eksponering med udgangstoffer og additiver (blødgørere, pigmenter, stabilisatorer mv.)		Svejsning i PVC kan give astmalignende symptomer og irritation af øjne, næse og hals	

Tabel 8
Væsentlige miljøbelastninger i aluminumsinddæknings livsforløb.

Materialeforbrug og genanvendelighed

Til fremstilling af PVC forbruges olie og naturgas, der er ikke fornybare ressourcer.

PVC er principielt forholdsvist enkelt at genanvende, forudsat at man kender tilsætningsstofferne, da disse bestemmer materialets egenskaber og har indflydelse på dets miljøforhold. Det er vigtigt at materialetyperne holdes adskilt eller at der foretages en omhyggelig sortering før materialerne genanvendes. Genbrug af blandet PVC-affald skal justeres ved tilsætning af ny PVC og tilsætningsstoffer der kendetegner den specifikke plasttype.

Der har i det seneste årti været iværksat en række initiativer til fremme af genanvendelse af PVC. Det er især PVC-affald fra byggebranchen, der er fokus på, fordi der her er tale om større ensartede mængder. Genanvendelsen af PVC i Danmark har hidtil været relativt begrænset, men den forventes at stige fremover efter nye initiativer.

PVC der ikke frasorteres til genbrug skal deponeres, idet det ikke anses som forbrændings-egnet. Den væsentligste årsag hertil er dets indhold af klor. Klor danner sur røggas ved forbrændingen. Derfor giver PVC et større behov for røggasrensning på affaldsfor-brændingsværkerne. De resulterende røggasrensingsprodukter er farligt affald, som skal deponeres specielt. Et kilo afbrændt PVC-affald resulterer i omkring to kilo restaffald /9/.

Energiforbrug

Til udvinding og fremstilling af PVC-råmateriale kræves et energiforbrug på 66,8 MJ/kg /1/.

Til kalandrering (valsning) af folier anvendes ca. 6 MJ/kg materiale /4/.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

Emissioner til eksternt miljø

PVC kan ikke anvendes uden at der tilsættes stabilisator. Der anvendes typisk diverse sæber (salte af fede syrer) for eksempel calcium-, zink- eller bariumsæber. Tidligere blev også anvendt cadmiumforbindelser. Dette har været omfattet af et forbud siden 1987 /3/, men cadmium kan fortsat være anvendt i ældre PVC, der er i brug.

Ved fremstilling af PVC er de mest miljøbelastende forhold spildevandsemissioner med dioxiner, og risiko for spredning af klor/klorede forbindelser, herunder udgangsstoffet vinylchloridmonomer, (VCM) ved uheld /5/.

For at forbedre plastmaterialets fleksibilitet og forarbejdelighed tilsættes blødgøringsmidler, typisk phthalater. Disse tilsættes i koncentrationer mellem 17-60%, normalt ca. 40 % /3/. Visse phthalater er under mistanke for at have kræftfremkaldende effekt. Nogle phthalater er mistænkt for at have hormonlignende effekter, og nogle kan påvirke reproduktionsevnen hos visse organismer. Phthalaterne er ikke fast bundet til plasten, hvilket bevirker at de kan udvaskes fra produktet, herved spredes de langsomt til spildevandet eller vandmiljøet.

Ved valsning af blød PVC til folie kan der ske en emission af flygtige stoffer fx phthalater.

Affald

PVC, der ikke frasorteres til genbrug, skal deponeres, idet det ikke anses som forbrændingsegnet. Den væsentligste årsag hertil er dets indhold af klor. Klor danner sur røggas ved forbrændingen. Derfor giver PVC et større behov for røggasrensning på affaldsfor-brændingsværkerne. De resulterende røggasrensningsprodukter er farligt affald, som skal deponeres specielt. Et kilo afbrændt PVC-affald resulterer i omkring to kilo restaffald /9/.

PVC kan indeholde tungmetaller i form af stabilisatorer og andre komponenter, der ikke nedbrydes i forbrændingen. Disse vil ophobes i slagge og aske fra forbrændingen. PVC med indhold af cadmium må ikke genanvendes, men skal deponeres. PVC med indhold af bly skal sorteres i en fraktion for sig og genanvendes særskilt. Således vil der i nye PVC-produkter kunne forekomme indhold af bly, der stammer fra recirkuleret PVC.

Arbejds miljø

Ved fremstilling af PVC er der risiko for emission af vinylchloridmonomerer (VCM) og dichlorethan (DCE), begge stoffer anses for at være kræftfremkaldende.

Ved fremstilling af PVC og produkter af PVC bruges mange forskellige stoffer for eksempel, blødgørere, stabilisatorer, pigmenter, biocider, brænd/flammehæmmere, smøremidler mv. Disse stoffer indgår både i selve materialet og bruges som hjælpstoffer i produktionen. En del af disse stoffer kan give arbejdsmiljøpåvirkninger fra støv (f.eks. fra pigmenter og stabilisatorer) og dampe (f.eks. fra phthalater).

Levetid

Alle nævnte effekter mindskes ved længere levetid. Yderligere miljø- og arbejdsmiljøpåvirkning mindskes ved intet/lavt vedligeholdelsesbehov.

Referencer vedrørende PVC tagfolier

/1/ UMIP –database. IPU, Miljøstyrelsen 1996.

Bilag 2 – Miljøbeskrivelse af inddækningsmaterialer

/2/ Affaldsforbrænding i forbindelse med PVC-aftalen. Arbejdsrapport nr. 39, 1995. Miljøstyrelsen.

/3/ Plast og Miljø. Lars Borch Pedersen. 1999 Teknisk forlag.

/4/ Håndbog i miljørigtig projektering BPS publikation 121. 1998.

/5/ Christiansen, K. med flere (1990): Miljøvurdering af PVC og udvalgte alternative materialer. Miljøprojekt nr. 131, Miljøstyrelsen.

/9/ Miljø- og Energiministeriet (1999): Affald 21. Miljø- og Energiministeriet, København, 1999.

Bilag 3

Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly (i kopi)

OBS!

Denne udskrift af (/datafil med) bekendtgørelsen er hentet på www.retsinfo.dk, 12. februar 2001. Ved anvendelsen af bekendtgørelsen, bør man selv sikre, at der til enhver tid er tale om den fulde, opdaterede version. Dette kan blandt andet gøres ved at hente bekendtgørelsen over internettet på <http://www.retsinfo.dk/> (søg på bekendtgørelsens nummer og årstal), eller ved at købe den i boghandelen.

Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly.
BEK nr 1012 af 13/11/2000 (Gældende)

Lovgivning som forskriften vedrører

LBK Nr. 21 af 16/01/1996

Senere ændringer til forskriften

Oversigt

- Kapitel 1 - Bekendtgørelsens område
- Kapitel 2 - Anvendelsesbegrænsninger
- Kapitel 3 - Kontrol, dispensation og klageadgang
- Kapitel 4 - Straf og ikrafttrædelse

Den fulde tekst

Bekendtgørelse om forbud mod import og salg af produkter, der indeholder bly.¹⁾

I medfør af §§ 30, 31, 45, 59 og 60 i lov om kemiske stoffer og produkter, jf. lovbekendtgørelse nr. 21 af 16. januar 1996 som ændret ved lov nr. 424 af 10. juni 1997, lov nr. 431 af 10. juni 1997 og lov nr. 231 af 21. april 1999, fastsættes:

Kapitel 1

Bekendtgørelsens område

§ 1. Denne bekendtgørelse omfatter import og salg af produkter, der indeholder bly.

§ 2. Ved bly forstås grundstoffet bly, både i metallisk form og i kemiske forbindelser.

Stk. 2. Ved produkter, der indeholder bly, forstås produkter, hvori bly indgår med mere end 100 ppm (mg/kg) i produktets homogene enkeltdele.

Stk. 3. Grænseværdien i stk. 2 finder dog ikke anvendelse for blycarbonater og blyulfater i maling.

§ 3. Bekendtgørelsens regler hindrer ikke import, salg og anvendelse af produkter, der på tidspunktet for bekendtgørelsens ikrafttræden er reguleret i medfør af anden lovgivning, der implementerer EU-direktiver²⁾, samt anden lovgivning i øvrigt, herunder bl.a. bekendtgørelse nr. 807 af 2. december 1986 om begrænsning af motorbenzins indhold af blyforbindelser og benzen, bekendtgørelse nr. 966 af 13. december 1993 om visse batterier og akkumulatører, der indeholder farlige stoffer, bekendtgørelse nr. 41 af 21. januar 1994 med senere ændringer om skydevåben og ammunition, der må anvendes til jagt m.v., bekendtgørelse nr. 568 af 6. december 1983 om anvendelse af slagger og flyveaske, bekendtgørelse nr. 823 af 16. september 1996 med senere ændringer om anvendelse af affaldsprodukter til jordbrugsformål.

§ 4. Bekendtgørelsen omfatter ikke import og salg af produkter udelukkende til eksport.

§ 5. Bekendtgørelsen omfatter ikke:

- 1) Råvarer og halvfabrikata.
- 2) Brugte produkter, der ved førstegangssalg opfyldte danske krav.

Kapitel 2

Anvendelsesbegrænsninger *Kemiske forbindelser af bly*

§ 6. Import og salg af produkter, der indeholder kemiske forbindelser af bly, er forbudt fra 1. marts 2001.

Bilag 3 – Blybekendtgørelsen (kopi, 12. februar 2001)

Stk. 2. Uanset forbudet i stk. 1 er import og salg af produkter, der indeholder kemiske forbindelser af bly, fortsat tilladt for de produktkategorier, som er nævnt i bilag 1 til denne bekendtgørelse, indtil de i bilaget anførte tidspunkter.

Metallisk bly

§ 7. Import og salg af produkter, der indeholder metallisk bly, er forbudt for de produktkategorier, som er nævnt i bilag 2 til denne bekendtgørelse, fra det tidspunkt, som er anført i bilaget.

Stk. 2. Forbudet i stk. 1 omfatter ikke produkter til reparation af eksisterende produkter, herunder reparation, om- og tilbygning på huse.

Kapitel 3

Kontrol, dispensation og klageadgang

§ 8. Miljøstyrelsen kan i ganske særlige tilfælde tillade, at reglerne i bekendtgørelsen fraviges. Miljøstyrelsen kan stille vilkår for tilladelsen.

§ 9. Tilsyn og kontrol med overholdelse af reglerne i bekendtgørelsen udøves af Miljøstyrelsen, jf. kapitel 10 i lov om kemiske stoffer og produkter.

Stk. 2. Miljøstyrelsens afgørelser efter § 8 kan ikke påklages til anden administrativ myndighed.

Kapitel 4

Straf og ikrafttrædelse

§ 10. Medmindre højere straf er forskyldt efter anden lovgivning, straffes med bøde den, der

- 1) overtræder bekendtgørelsens § 6 og § 7, eller
- 2) tilsidesætter vilkår knyttet til en tilladelse efter § 8.

Stk. 2. Straffen kan stige til hæfte eller fængsel i indtil 2 år, hvis overtrædelser er begået forsætligt eller ved grov uagtsomhed, og hvis der ved overtrædelser er

- 1) voldt skade på menneskers eller husdyrs liv eller sundhed eller fremkaldt fare derfor, eller
- 2) voldt skade på miljøet eller fremkaldt fare derfor, eller
- 3) opnået eller tilsigtet en økonomisk fordel, herunder ved besparelser, for den pågældende selv eller andre.

Stk. 3. Der kan pålægges selskaber m.v. (juridiske personer) strafansvar efter reglerne i straffelovens 5. kapitel.

§ 11. Bekendtgørelsen træder i kraft den 1. december 2000.

Stk. 2. Reglerne vedrørende bly i § 2 og § 13 i bekendtgørelse nr. 1042 af 17. december 1997 om begrænsning af salg og anvendelse af visse farlige kemiske stoffer og produkter til specielt angivne formål ophæves den 1. marts 2001.

Bilag 1

Liste over produktkategorier, der indeholder kemiske forbindelser af bly, hvor import og salg - uanset forbudet i § 6, stk.1 - er tilladt indtil de anførte tidspunkter

Produktkategorier	Tilladt indtil
1. Sikkativer, dog ikke indeholdende blycarbonat og blyulfat, i maling og lak	1. december 2001
2. Glasurer på keramiske produkter, undtagen glasurer på kunst, kunsthåndværk, tegl, klinker, mursten, tænder og produkter, som må antages at kunne finde anvendelse i forbindelse med levnedsmidler	1. december 2002
3. Emaljer og pigmenter på keramiske produkter, undtagen emaljer og pigmenter på kunst, kunsthåndværk og produkter, som må antages at kunne finde anvendelse i forbindelse med levnedsmidler	1. december 2002
4. Pigmenter i produkter til signal- og advarselsformål	1. december 2002
5. Specielle formål i elastomere: acceleratorer varmestabilisatorer	1. december 2002 indtil videre
6. Stabilisatorer i plastprodukter: profiler til døre og vinduer andre produkter tagrender og nedløbsrør tagplader	1. december 2001 1. december 2001 1. december 2002 1. december 2003 1. december 2003

Bilag 3 – Blybekendtgørelsen (kopi, 12. februar 2001)

rør elkabler, der indgår i produkter	indtil videre
7. Smøremidler, incl. i lejemetal	1. december 2003
8. Bremsebelægninger	1. december 2004
9. Produkter til katodisk lakering	1. december 2004
10. Udladningslamper	indtil videre
11. Maling til specielle formål: korrosionsbeskyttelsesmaling med under 250 ppm bly, dog ikke som blycarbonat og blyulfat antibegroningsmaling med under 1250 ppm bly, dog ikke som blycarbonat og blyulfat	indtil videre
12. Glas til specielle formål: billedrør lyskilder optik strålingsbeskyttelse bilruder plader i kopimaskiner coating af planglas krystalglas silikatglas til sandblæsning	indtil videre
13. Glasurer, emaljer og pigmenter på kunst og kunsthåndværk, der må antages ikke at kunne finde anvendelse i forbindelse med levnedsmidler	indtil videre
14. Glasur på tegl, klinker, mursten og tændrør	indtil videre
15. Elektroniske komponenter	indtil videre
16. Produkter til reparation af eksisterende produkter	indtil videre
17. Produkter til forskning, udvikling og laboratorieanvendelse	indtil videre

Bilag 2

Liste over produktkategorier, der indeholder metallisk bly, hvor import og salg
- i henhold til § 7 - er forbudt fra de anførte tidspunkter.

Produktkategorier	Forbudt fra
1. Produkter til hobbyformål	1. marts 2001
2. Fyrfadsløys og andre lys	1. marts 2001
3. Gardinvægte	1. marts 2001
4. Produkter til dekorative formål	1. marts 2001
5. Sikkerhedsploomber	1. marts 2001
6. Produkter til tagdækning af bygninger	1. marts 2001
7. Produkter til inddækning på bygninger	1. december 2002
8. Fiskeredskaber til erhvervsfiskeri	1. december 2002
9. Fiskeredskaber til lystfiskeri	1. december 2002
10. Loddelegeringer til VVS- og blikkenslagerformål, undtagen til lodning af zinkplade	1. december 2002
11. Kappe til elektriske jordkabler under 24 kV	1. december 2002

Miljø- og Energiministeriet, den 13. november 2000

Svend Auken

/Helge Andreasen

¹⁾ Bekendtgørelsen har som udkast været notificeret i overensstemmelse med Europa-parlamentets og Rådets direktiv 98/34/EF (Informationsproceduredirektivet), som senest ændret ved direktiv 98/48/EF. Bekendtgørelsen indeholder bestemmelser der gennemfører dele af Rådets direktiv 89/677/EØF (EF-tidende L 398 s. 19).

Bilag 3 – Blybekendtgørelsen (kopi, 12. februar 2001)

²⁾ Herunder Rådets direktiv 93/42/EØF om medicinske anordninger, der blandt andet er gennemført ved bekendtgørelse nr. 734 af 10. august 1994, bekendtgørelse nr. 41 af 17. januar 1995 samt bekendtgørelse nr. 139 af 1. marts 1995. Rådets direktiv 84/500/EØF om keramiske genstande, bestemt til at komme i berøring med levnedsmidler, der blandt andet er gennemført ved bekendtgørelse nr. 1064 af 4. december 1996. Rådets direktiv 94/62/EØF om emballage og emballageaffald, der blandt andet er gennemført ved lovbekendtgørelse nr. 698 af 22. september 1998 med senere ændringer, lovbekendtgørelse nr. 21 af 16. januar 1996 med senere ændringer, bekendtgørelse nr. 350 af 9. maj 1994, lov nr. 376 af 18. maj 1994, lovbekendtgørelse nr. 637 af 21. august 1998, bekendtgørelse nr. 731 af 9. oktober 1998, bekendtgørelse nr. 124 af 27. februar 1989, bekendtgørelse nr. 600 af 18. september 1987, bekendtgørelse nr. 299 af 30. april 1997, bekendtgørelse nr. 298 af 30. april 1997, bekendtgørelse nr. 583 af 24. juni 1996, bekendtgørelse nr. 1199 af 23. december 1992, bekendtgørelse nr. 692 af 22. september 1998 samt bekendtgørelse nr. 300 af 30. april 1997.