

THALE SOFIE WESTER PLESSER

Maling og beis for trefasader

Sammensetning og helse- og miljøegenskaper

Prosjektrapport 79

2011



SINTEF Byggforsk

Thale Sofie Wester Plesser

Maling og beis for trefasader

Sammensetning og helse- og miljøegenskaper

Prosjektrapport 79 – 2011

Prosjektrapport nr. 79

Thale Sofie Wester Plesser

Maling og beis for trefasader

Sammensetning og helse- og miljøegenskaper

Emneord:

Utvendig treverk, fasader, maling, beis, overflatebehandling, miljøegenskaper, helseegenskaper og LCA

ISSN 1504-6958

ISBN 978-82-536-1214-0 (pdf)

Prosjektnr.: 3B0326

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2011

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser.

Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk.

Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Adr.: Forskningsveien 3 B
Postboks 124 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: 22 96 55 55

Faks: 22 69 94 38 og 22 96 55 08

www.sintef.no/byggforsk

Forord

Dette studiet inngår som en del av FoU-prosjektet ”Klimatre – trebruk for bedre klima og økt verdiskapning”. Hovedmålene for prosjektet er å dokumentere hvilken betydning de skogbaserte verdikjedene i Norge har for klima og verdiskapning, samt å utvikle miljøvennlige løsninger for trebyggeri gjennom økt kunnskap om trekonstruksjoners miljøpåvirkning i et livsløpsperspektiv.

Klimatre finansieres av Norges forskningsråd, Skogtiltaksfondet, Treforedlingens bransjeforening, Fondet for Treteknisk forskning og Treindustrien. I tillegg bidrar mange aktører innenfor skogbasert næring og byggenæring med betydelig egeninnsats.

Denne rapporten tar for seg overflatebehandling av trefasader. Første del av rapporten beskriver de kjemiske forbindelsene som inngår i vanlig brukte beiser og malinger, og gir en del eksempler på formulering av maling og beis. Andre delen av rapporten tar for seg miljø- og helsespørsmål knyttet til disse produktene, inkludert presentasjon og diskusjon av eksisterende livssyklusanalyser.

Kjersti Folvik
Prosjektleder
SINTEF Byggforsk

Innhold

1	Overflatebehandlinger – beskrivelse	8
1.1	Oppbygging	8
1.2	Egenskaper	8
1.2.1	Beskyttelse mot nedbrytning	8
1.2.2	Estetiske egenskaper	9
1.2.3	Levetid	9
1.2.4	Påføringsegenskaper	9
1.3	Klassifisering	10
1.4	Formulering av overflatebehandlingsprodukter	10
2	Løsemiddelbaserte alkydoljeprodukter	12
2.1	Innledning	12
2.2	Alkyder	13
2.3	Løse- og tynningsmidler	13
2.4	Modifiserte alkyder	15
2.4.1	Polyamidmodifisert alkyd	15
2.4.2	Uretanmodifisert alkyd	15
2.4.3	Silikonmodifisert alkyd	16
2.5	Pigmenter og fyllstoffer	16
2.6	Biocider	18
2.7	Tørkemidler	20
2.8	Tykningsmidler basert på modifiserte leirer	21
2.9	UV-stabilisatorer	21
2.10	Anti-Skin	22
2.11	Løsemiddelbaserte alkydmalinger i Skandinavia	23
3	Vannbaserte overflatebehandlinger	24
3.1	Akrylater	24
3.2	Modifiserte alkyder	26
3.3	Tilsetningsstoffer i vannbaserte malinger	28
3.3.1	Nøytraliserende forbindelser	29
3.3.2	Organiske tykningsmidler for vannbaserte malinger	29
3.3.3	Koaleseringsmidler	30
3.3.4	Overflateaktive midler	31
3.4	Vannbaserte overflatebehandlinger i Skandinavia	31
4	Miljø- og helseegenskaper	33
4.1	Livssyklusanalyser	33
4.1.1	Resultater fra livssyklusanalyser av overflatebehandlinger	33
4.1.2	Lønner det seg å overflatebehandle? Resultater fra livssyklusanalyser	37
4.1.3	Oppsummering og vurdering av resultatene fra livssyklusanalysene	39
4.2	Øko- og humantoksikologiske egenskaper	40
5	Referanser	41

Sammendrag

I Norge er det regelen at utvendig treverk overflatebehandles. Overflatebehandlingen, som kan være i form av impregnering, olje, beis eller maling, har til oppgave å beskytte og forskjønne.

Overflatebehandlingsprodukter er blandinger av en lang rekke kjemiske forbindelser. Denne rapporten tar for seg noen av de vanligste overflatebehandlingstypene som brukes på trefasader: løsemiddelbaserte alkydoljeprodukter og vannbaserte alkydolje-, akrylat- eller hybridprodukter. Rapporten tar ikke for seg tradisjonelle produkter som linoljemaling og tretjæreprodukter. I første del av rapporten beskrives de ulike komponentene som produktene består av, det vil si bindemidler, fyllstoffer, pigmenter, eventuelle løsemidler og tillsatsstoffer. Denne delen av rapporten gir eksempler på formulering av produkter i de ulike kategoriene.

Maling og beis legges i forholdsvis tynne lag på overflaten til treet og utgjør dermed en forholdsvis liten del, vektmessig sett, av en malt eller beiset trefasade. Noen av de forbindelsene som inngår i en overflatebehandling har allikevel, fordi de samlet sett brukes i forholdsvis store mengder, en betydelig negativ innflytelse på miljøet. Det er av interesse å vite hvilken grad en overflatebehandling bidrar til miljøregnskapet for treprodukter. På den ene siden beskytter produktene og kan derfor bidra til forlenget levetid. På en annen side inneholder overflatebehandlingsproduktene forbindelser som er skadelige for miljøet. Det første gir en positiv effekt på miljøregnskapet, det andre en negativ effekt.

Summen av positivt og negativt er forhåpentligvis positivt. Hvorvidt summen av positive og negative faktorer som påvirker miljøregnskapet for overflatebehandling av trefasader er positivt eller negativt klarer ikke denne rapporten å gi et svar på. Den siste delen av rapporten tar for seg livssyklusanalyser som er utført på overflatebehandlingsprodukter og malt treverk. Studiene gir ikke grunnlag for å komme med en konklusjon, men viser at levetiden til malte fasader sammenliknet med levetiden til umalte fasader og malingens miljøbelastning sammenliknet med miljøbelastningen ved fremstilling og bruk av selve treet er viktige parametre i en totalanalyse. I en slik sammenliknende analyse vil ulike malingstyper (vann- eller løsemiddelbaserte, moderne eller tradisjonelle produkter) kunne komme til å gi ulike resultater.

1 Overflatebehandlinger – beskrivelse

1.1 Oppbygging

De fleste overflatebehandlingsprodukter er kompliserte sammensetninger av ulike kjemiske forbindelser. Denne rapporten beskriver en del av de ulike forbindelsene som inngår. Forbindelsene som brukes i overflatebehandlingsprodukter er gruppert i fire kategorier. Det er bindemiddel, fyllstoffer, tilsetningsstoffer og tynnings- og løsemidler:

- *Bindemiddel.* Bindemiddelet har fått navnet sitt fordi det binder pigmenter og andre faste forbindelser til underlaget. Det finnes mange ulike typer bindemidler. Alkyder og akrylater er mye brukte bindemidler i malinger både for treverk og for mange andre underlagstyper.
- *Fyllstoffer, også kalt ekstendere.* Til tross for den beskjedne betegnelsen er fyllstoffene viktige. De modifierer flyteegenskaper, gir volum, og påvirker mange viktige egenskaper, f.eks. dekkevne, vedheft til underlaget og glans for å nevne noen. Fyllstoffene er uorganiske mineraler. Dolomitt, talkum og silikater er mye brukte fyllstoffer.
- *Pigmenter.* Pigmentene gir farge, dekkevne og beskytter mot UV-lys. Et viktig pigment er titandioksid. Titandioksid er et hvitt pigment som gir malingen dekkevne.
- *Tilsetningsstoffer, også kalt additiver.* Tilsetningsstoffer finnes det mange av. De er også uunnværlige for overflateproduktene egenskaper. Biocider beskytter mot alger, sopp og insekter. Lysfiltre beskytter mot sollysets skadelige virkninger på treet og malingsfilmen. Andre additiver påvirker tørkeegenskaper, gjør at malingen ikke skiller seg, forhindrer skumdannelse og regulerer pH for å nevne noen.
- *Tynnings- og løsemidler.* I praksis er terminologien med hensyn til tynnings- og løsemidler noe forvirrende fordi den ikke brukes konsekvent. Bindemiddelet i mange malinger er ikke løst, men dispergert, det vil si at de eksisterer som en fase finfordelt i en annen fase. Eksempler på slike dispersjoner er olje fordelt i vann eller faste partikler fordelt i vann. Akrylater i akrylatbaserte malinger er som regel polymerpartikler dispergert i vann. I vannbaserte alkyder er alkydoljen dispergert i vann, men da i form av alkydolje dråper. Tradisjonelt er alkydoljer ikke dispergert i vann, men løst i et organisk løsemiddel. Samtidig virker det organiske løsemidlet også som tynningsmiddel. Tynnings- og løsemidlene påvirker flyteegenskaper og inntrenging i underlaget.

1.2 Egenskaper

Det finnes en rekke ulike produkter for overflatebehandling av utvendig treverk. Produktene er sammensatt på ulike måter, avhengig av hvilke egenskaper man ønsker at produktet skal ha. Spesielt vektlegges disse egenskapene:

- Produktets evne til å beskytte treet mot nedbrytning.
- Produktets evne til å gi et tiltalende utseende.
- Produktets levetid.
- Produktets påføringsegenskaper.
- Produktets HMS-egenskaper.

1.2.1 Beskyttelse mot nedbrytning

UV-stråler fra sollyset bryter ned ligninet i treet [Mattson og Larsen 2009]. Ligninet finnes i området mellom cellen og celleveggen. Det bidrar til treet mekaniske styrke. Når ligninet brytes ned dannes det vannløslige nedbrytningsprodukter som vaskes ut. Nedbrytningsproduktene er brune og gir treoverflaten en brunlig fargetone. På trevirkets overflate står det cellulosefibre igjen. Når celluloselaget tæres vekk blir nytt trevirke frilagt og prosessene med nedbrytning av lignin kan fortsette. Denne prosessen er langsom.

Oppfuktning av trevirket og etterfølgende uttørking gjør at treet sveller for deretter å krympe. Over tid fører svelling og krymping til deformasjoner og sprekkdannelse. Dersom treet ikke tørker ut etter oppfuktning oppstår det fare for soppangrep. Råtesoppene bryter ned både cellulosen og ligninet i treet, slik at trets styrke svekkes [Evans 2009]. Soppsporene trenger tilgang til fritt vann og temperaturer mellom 10 °C og 30 °C for å spire. Dersom trefuktigheten er over 20 % av tørrvekt vil råtesoppen fortsette å utvikle seg. Blåvedsopper (*Cladosporium sp.*) og svertesopper (i hovedsak *Aureobasidium Pullullans*) skader ikke treet, men gir misfargninger på overflaten. Svertesopp vokser også på overflaten til malingsfilmer.

De fleste overflatebehandlinger for utvendig trevirke beskytter trevirket mot UV-stråler og minsker vannopptaket.

1.2.2 Estetiske egenskaper

Estetiske egenskaper handler om overflatebehandlingens farge, glans og dekkevne, men også om beskyttelse mot misfarging og nedsmussing. En utendørs ubehandlet treflate vil endre farge. Svertesopper gir over tid en karakteristisk sølvgrå overflate, mens UV-stråler fører til at trevirket blir brunt. Fargeendringene vil som regel være ujevne. Hvorvidt fargeendringene oppfattes som misfarging eller ikke er individuelt, men dersom en ønsker andre farger eller mindre fargevariasjoner er det nødvendig å overflatebehandle.

1.2.3 Levetid

Produktets tekniske levetid er vanligvis det antall år som går før man må overflatebehandle på nytt fordi den gamle overflaten er slitt. Etter et visst antall ganger med overflatebehandling, kan det være aktuelt å fjerne all tidligere behandling ned til bart trevirke før overflatebehandling. Dette gjelder særlig overflater som er behandlet med dekkende produkter som maling og dekkbeis. Teknisk levetid avhenger av både værforhold og utførelsen av de konstruktive detaljene til underlaget [Edvardsen et al. 2010]. I tillegg har ulike produkttyper svært varierende evne til å tåle belastninger. Typiske levetidsintervaller for ulike malingstyper er [Plesser 2009]:

- Beis: 2-4 år
- Dekkbeis: 4-8 år
- Maling (alkyd/akrylat): 6-12 år
- Linoljemaling: 5-10 år
- Tjære og tjærebeis: 3-5 år
- Komposisjonsmaling: 3-10 år

Estetisk levetid følger motetrender som gjelder f.eks. fargevalg og ønsket dekkevne.

1.2.4 Påføringsegenskaper

Viskositet er en viktig påføringsegenskap. Viskositeten er et uttrykk for en væskes motstand mot å flyte. En væske med lav viskositet flyter lett. Tiksotrope malinger flyter lettere når de utsettes for skjærkrefter, f.eks. når man rører i boksen eller stryker malingen utover med en kost, men får sin opprinnelige viskositet når de er i ro. Tiksotropi gir malinger som drypper og siger mindre og som ikke flyter over i umalte områder, samtidig som de er flytende nok rett etter påføring til at merker etter kosten eller rullen utjevnes [Anyoagu 2010]. Tiksotropi er også fordelaktig fordi pigmentene ikke synker mot bunnen i malingsboksen under lagring dersom malingen har tilstrekkelig høy viskositet når den ikke brukes.

En annen viktig påføringsegenskap er tørke- og herdetid. Vannbaserte malinger med akrylat som bindemiddel tørker ved at vannet fordampes. Når vannet fordampes trekkes polymerpartiklene i malingen sammen og danner, ved hjelp av et koaleseringsmiddel, en film. Tørketiden avhenger av temperatur og luftfuktighet, men de fleste vannbaserte malinger tørker i løpet av 2-4 timer ved romtemperatur. En alkydmaling basert på et organisk løsemiddel tørker ved at løsemiddelet

fordamper, men i tillegg dannes det kryssbindinger ved en mekanisme som involverer oksygen fra luften (oksidativ tørking). Tørketiden for en løsemiddelbasert alkydoljemaling er ca. 24 timer ved romtemperatur. Ved lavere temperaturer er tørketiden lengre.

1.3 Klassifisering

Produktene kan klassifiseres på ulike måter. De mest alminnelig brukte klassifiseringsmetodene tar utgangspunkt enten i bindemidlet, i tynnings- eller løsemidlet, dekkevnen eller bruksområde, se tabell 1.3.1.

Tabell 1.3.1. Klassifisering av overflatebehandlingsprodukter.

Klassifisering	Eksempler på klasser
Bindemiddel	- Akrylat - Alkyd (olje)
Tynnings- eller løsemiddel	- Vann
Dekkevne	- Maling - Dekkbeis - Beis
Bruksområde	- Vegg - Terrassegulv - Vindu, dør, list - Innvendig/utvendig tre

1.4 Formulering av overflatebehandlingsprodukter

Den nøyaktige sammensetningen til produktblandinger som selges ønsker de fleste produsenter å holde for seg selv. Informasjonen om hvordan overflatebehandlingsprodukter er satt sammen er derfor hentet fra andre kilder. Det finnes en del faglitteratur som tar for seg formulering av overflatebehandlingsprodukter. Vitenskapelige artikler er en annen kilde. Produsentenes HMS- og produktdatablader, samt byggvarudeklarasjoner inneholder informasjon om en del av de forbindelsene som finnes i malinger og beiser. Den viktigste kilden til informasjon har vært råvareleverandørenes, f.eks. bindemiddelprodusentenes, formuleringsforslag.

Når en vurderer råvareleverandørenes formuleringsforslag er det grunn til å spørre seg hvor representative formuleringene er for de faktiske produktene som selges i Norge. Dette spørsmålet er forsøkt besvart ved å sammenlikne formuleringsforslagene med tilgjengelige opplysninger om forbindelser som finnes i kommersielle produkter, det vil si HMS-datablader, produktdatablader og byggvarudeklarasjoner. Disse kildene gir et ufullstendig bilde av produktenes sammensetning fordi de fleste eller mange av forbindelsene i en produktblanding ikke er deklareringspliktige. Allikevel er de ikke unyttige i denne sammenhengen.

HMS-databladene inneholder informasjon om helse- og miljøskadelige forbindelser, som er tilsatt i mengder som overskrider eller er lik 1 vekt %. Forbindelser som er bioakkumulerende, giftige eller ikke nedbrytbare skal oppgis dersom innholdet overskrider eller er lik 0,1 vekt %. Typisk inneholder databladene opplysninger om organiske løsemidler og biocider. HMS-databladene utarbeides av produsenter og leverandører. Databladene kan inneholde feil selv om de er gjenstand for offentlig kontroll.

Byggvarudeklarasjoner er et system for egendeklarasjoner av miljø- og helseegenskaper som finnes for en del produkter som selges i Sverige. Ordningen er frivillig og dataene som oppgis blir ikke verifisert av en uavhengig instans. En typisk byggvarudeklarasjon for et overflatebehandlingsprodukt inneholder en liste der enkelte miljø- og helseskadelige forbindelser inngår, men ikke nødvendigvis alle. En sammenlikning med HMS-databladet viser noen ganger at enkelte miljø- og helse skadelige forbindelser blir utelatt fra byggvarudeklarasjonen. I tillegg inneholder kjemikalie-listen i byggvarudeklarasjonen informasjon om bindemiddel, pigmenter og fyllstoffer. Innholdet i

byggvarudeklarasjoner må omgås med en viss forsiktighet, ettersom kvaliteten på informasjonen er helt avhengig av hvor mye arbeid produsenten har lagt i den. Enkelte byggvarudeklarasjoner inneholder åpenbart feil. Som et eksempel nevnes byggvarudeklarasjonen for et white spirit-holdig alkydoljeprodukt der VOC var satt til 0,5 g/l. Normalt inneholder denne produkttypen mer enn 30 vekt % white spirit.

En rekke forbindelser som inngår i mange formuleringer vil man ikke finne verken i byggvarudeklarasjoner, HMS-datablader eller tekniske datablader. Dette gjelder for eksempel forbindelser som regulerer flytegenskaper og overflateaktive forbindelser.

2 Løsemiddelbaserte alkydoljeprodukter

2.1 Innledning

Et eksempel på resepten til en alkydoljebasert maling for utvendig treverk er gitt i tabell 2.1.1. Dette er en standardmaling, hentet fra EN 927-3:2006. Den brukes som referanse når værbestandigheten til nye malingsystemer skal prøves ut. Bindemiddelet og løsemiddelet utgjør de to største andelene i blandingen. I tillegg inneholder formuleringen to pigmenter som til sammen gir en rødbrun farge, en tilsats basert på bentonittleire som regulerer flytegenskapene, en blanding av sikkativer som er nødvendige for at malingen skal tørke, et soppdrepende middel (biocid), en UV-stabilisator som forhindrer at malingsfilmen blir ødelagt av sollys, og en forbindelse som forhindrer at malingen størkner i boksen. Denne resepten er typisk for alkydoljemalinger og beiser. Det som skiller ulike produkter fra hverandre er mengdeforhold og de spesifikke kjemiske forbindelsene som brukes i hver blanding, her kommer noen eksempler på det siste:

- Det finnes mange ulike alkydoljer, noen er mer værbestandige, andre har bedre inn-trengningsevne i underlaget.
- Tolyfluamid er et mye brukt soppdrepende middel, men det finnes flere alternativer.
- HALS er betegnelsen på en gruppe forbindelser som gjør at nedbrytning på grunn av UV-stråler i sollys går langsommere. Enkelte pigmenter, f.eks. jernoksider som denne formuleringen inneholder, beskytter også mot sollys. Det finnes en rekke kjemiske forbindelser som beskytter mot malingsfilmen og underlaget mot skadelig UV-stråling.

Valgmulighetene blir behandlet nærmere i senere avsnitt.

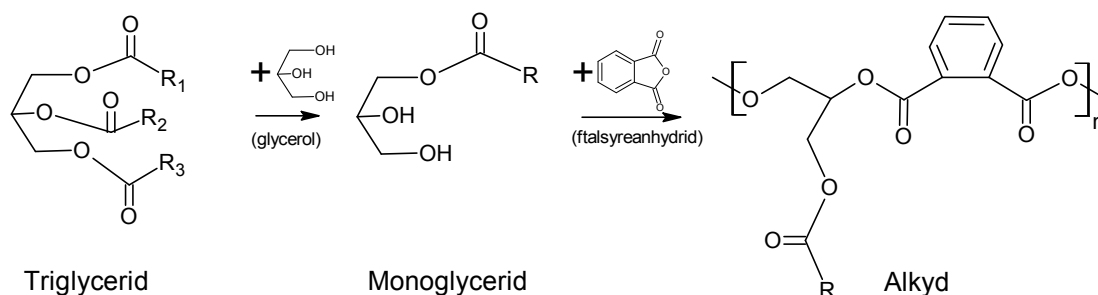
Tabell 2.1.1. Oppskriften til en alkydoljebasert maling for utvendig treverk, hentet fra EN 927-3:2006.

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse
Synolac™ 6005 W	Cray Valley	52,82	Bindemiddel basert på alkydolje. 65 % ikke-flyktig materiale. Flyktig materiale er white spirit.
Sicoflush™ L2817	BASF	4,63	Transparent rødt pigment i pastaform. Pastaen inneholder 40 % pigment. Pigmentet er rødt jernoksid, Fe ₂ O ₃ (pigment red 101, CAS 1309-37-1)
Sicoflush™ L1916	BASF	2,30	Transparent gult pigment i pastaform. Pigmentet er gult jernoksid, Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O (pigment yellow 42, CAS 51274-00-1)
Bentone™ 34	Rheox	0,60	Påvirker flytegenskapene, gjør malingen tiksotrop. Basert på bentonittleire
Nuodex™ Ca 5 %	Servo	2,77	Sikkativ med 5 % kalsium. Inneholder blant annet kalsiumoktoat (CAS 68409-80-3) og nafta (tung)
Nuodex™ Co 10 %	Servo	0,37	Sikkativ med 10 % kobolt. Inneholder blant annet koboltoktoat (CAS 13586-82-8) og nafta.
Nuodex™ Zr 12 %	Servo	0,30	Sikkativer med 12 % zirconium. Inneholder blant annet zirkoniumoktoat (CAS 22464-99-9) og nafta.
Preventol™ A5	Bayer	0,72	Biocid. Inneholder blant annet tolyfluamid (CAS 731-27-1) som er en bredspektret soppdrepende forbindelse.
Tinuvin™ 292	Ciba-Geigy	0,45	UV-stabilisator - HALS (Hindered Amine Light Stabilizer). Inneholder bis(1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidyl)sebakat (75-85 vekt %, CAS 041556-26-7) og metyl-1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidylsebakat (15-25 %, CAS 082919-37-7)
Exkin™ 2	Servo	0,20	Anti-skin. Forhindrer at det dannes en malingsfilm øverst i malingsboksen. Methyl ethyl ketoxim (CAS 96-29-7).
Varsol™ 40	Exxon	34,84	Løsemiddel (nafta, CAS 64742-82-1). Hydrokarbonblanding av n-alkaner, isoalkaner, sykliske alkaner og aromatiske forbindelser. Kjedelengde er C9-C12.

2.2 Alkyder

Alkyd, også kalt alkydolje, lages på to ulike måter [Weldon 2009]: monoglyceridprosessen eller fettsyreprosessen:

- I monoglyceridprosessen reagerer triglycerid, f.eks. linolje som er en blanding av triglycerider, med glycerol slik at det dannes et monoglycerid, derav navnet på prosessen. Monoglyceridet får reagere videre med en syre, f.eks. ftalsyreanhydrid. Resultatet er et alkyd, se figur 2.2.1. Alkyder tilhører en klasse av kjemiske forbindelser som kalles polyestere.
- I fettsyreprosessen er utgangspunktet en fettsyre som reagerer med et polyol og en dibasisk syre. Et polyol er et alkohol med flere OH-grupper. Glycerol er et eksempel på et polyol, den har tre OH-grupper, se figur 2.2.1. Fettsyreprosessen brukes når man ønsker en annen alkohol enn glycerol.



Figur 2.2.1. Monoglyceridprosessen [Bentley og Turner 1998]. Et triglycerid reagerer med glycerol og danner monoglycerid. Monoglyceridet reagerer videre med ftalsyreanhydrid og danner et alkyd. Sidegrenene på alkydmolekylet (merket med R) er en fettsyre, f.eks. linolsyre. Fettsyrener inneholder dobbeltbindinger.

Alkydene klassifiseres etter hvilken olje (triglycerid) som ble brukt og hvor mye oljen utgjør av den totale mengden alkyd. Vanlig brukte oljer er linolje, sojabønneolje eller tallolje. Alkydene herder ved at de reagerer med oksygen fra luften. Til utvendig behandling av treverk brukes det som regel alkyder med mer enn 40 % triglycerid (medium eller long oil).

2.3 Løse- og tynningsmidler

Tradisjonelt har alkydmalinger inneholdt organiske løsemidler. Det mest brukte organiske løsemidlet i alkydmalinger er nafta. Nafta er destillasjonsprodukter fra petroleum. Det finnes flere ulike naftakvaliteter som brukes i malinger [Ash 2007]:

- Tung, hydrogenavsvovlet nafta. CAS nr. 64742-82-1. Blanding av alifatiske og aromatiske hydrokarboner med 7-12 karbonatomer i strukturen. Kokepunkt: 90-230 °C.
- Tung, hydrogenbehandlet nafta. CAS nr. 64742-48-9. Blanding av iso- og n-paraffiner med 6-13 karbonatomer i strukturen og naftener med 9 til 13 karbonatomer i strukturen. Kokepunkt: 155-217 °C.
- Lett aromatisk nafta. CAS nr. 64742-95-6. Blanding av aromatiske hydrokarboner med 8 til 10 karbonatomer i strukturen. Kokepunkt: 135-210 °C.

Nafta går også under navnet white spirit. White spirit som selges i butikk er av typen tung, hydrogenavsvovlet nafta, CAS nr. 64742-82-1.

Krav til helse og miljø har gjort at organiske løsemidler blir byttet ut, helt eller delvis, med vann. I 2004 ble det vedtatt et direktiv om flyktige organiske løsemidler (VOC) fra maling og lakk (direktiv 2004/42/CE fra Europarlamentet). Bakgrunnen for direktivet er et ønske om lavere innhold av organiske løsemidler i malings- og lakkprodukter. Organiske løsemidler kan medføre

både helseskader og skader på miljøet. Direktivet stiller krav om maksimum innhold av flyktige organiske forbindelser i et produkt, se tabell 2.3.1. Et resultat av disse kravene er at malingsprodusenter har arbeidet med å redusere innholdet av organiske løsemidler i sine produkter. Dette gjøres dels ved å lage produkter med vann i stedet for organiske løsemidler, og dels ved å lage produkter med redusert innhold av organiske løsemidler.

Vannbaserte alkyder blir behandlet i et eget kapittel. Det er også utviklet produkter med høyt tørrstoffinnhold som inneholder mindre mengder løsemidler enn tidligere. For å få til et høyere tørrstoffinnhold er det to mulige veier å gå [Wicks et al. 2007]:

- Redusere effekten av hydrogenbindinger. Alkyder inneholder grupper, spesielt hydroksyl. Disse gruppene kan inngå i intermolekulære hydrogenbindinger, det vil si hydrogenbindinger mellom enheter i det samme molekylet. Intermolekulære hydrogenbindinger fører til øket viskositet. Dersom nafta blandes med et løsemiddel som kan danne hydrogenbindinger med alkydet, f.eks. mindre mengder keton, ester eller alkohol, trengs det mindre løsemiddel totalt for å oppnå ønsket viskositet (flytegenskaper).
- Modifisere alkydet slik at en kan få ønsket viskositet med mindre mengde løsemiddel. Alkyder kan modifiseres på flere ulike måter: redusere molekylvekten til alkydet, lage alkyder med mindre spredning i molekylvekten.

I tabell 2.3.2 er det gitt et eksempel på en maling for utendørs treverk. Malingen i tabell 2.3.2 har høyt tørrstoffinnhold og lavt innhold av organiske løsemidler. Denne resepten inneholder i underkant av 3 vekt % nafta. Til sammenlikning inneholder resepten fra EN 927-3:2006 i underkant av 35 vekt % nafta.

Tabell 2.3.1. Maksimum innhold av flyktige organiske forbindelser (VOC) i produkter for utvendig treverk etter 1.2.2010 iht. direktiv 2004/42/CE – VOC direktivet.

Produkt	Maksimum innhold VOC [gram VOC per liter ferdig produkt]	
	Vannbaserte maling	Løsemiddelbaserte maling
Dekkende maling	130	300
Beiser og dekkbeiser	130	400
Beiser med tykkelse < 5 µm	130	700
Grunninger	30	350

Tabell 2.3.2. Oppskriften til en maling med høyt tørrstoffinnhold og lavt innhold av organiske løsemidler [Cytec (a)].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Vialkyd® SAF 724/78 SD60	Cytec	18,0	Alkyd, linoljebasert, 78 % ikke-flyktig materiale
Vialkyd® VAF 6091	Cytec	20,0	Alkyd, linoljebasert, 100 % ikke-flyktig materiale
Vialkyd® AS 533tix/50 SD60	Cytec	22,0	Alkyd, soyaoljebasert, 50 % ikke-flyktig materiale
Cozirk® 69 HF	OMG	0,9	Sikkativ
Additol® XL 297	Cytec	0,2	Forhindrer tidlig filmdannelse. Metyl etyl ketoxim (CAS 96-29-7).
Additol® XL 121	Cytec	0,2	Reologisk additiv. Silikonglykol.
Kronos® 2190	Kronos	35,0	Titandioksid
Tint Ayd® AL 234A	Elementis Specialities	0,02	Pigmentkonsentrat beregnet på løsemiddelbaserte alkydmalinger
Shellsol® D60	Shell Chemicals	2,88	Nafta, tung (CAS 64742-48-9)
VOC	250 g/l		
Tørrstoff	80 %		

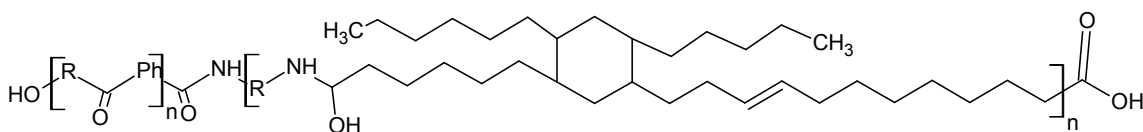
¹⁾ Hentet fra HMS-datablader og tekniske datablader for produktene og fra <http://www.specialchem4coatings.com/product-directory/>.

2.4 Modifiserte alkyder

Alkyder kan reagere med andre kjemiske forbindelser via hydroksyl og karboksylgruppene, men også via dobbeltbindingene på de umettede fettsyrene, se figur 2.2.1.

2.4.1 Polyamidmodifisert alkyd

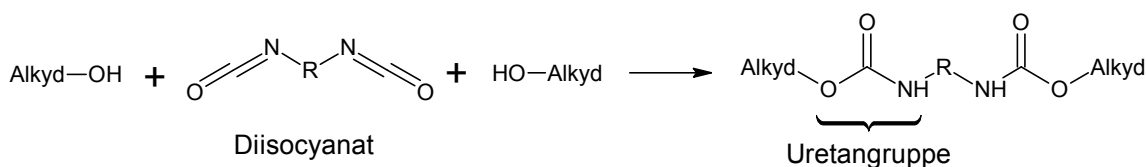
Når alkydet reagerer med et diamin dannes det et polyamidmodifisert alkyd [Anyagou et al. 2010], se figur 2.4.1.1. Polyamidmodifiserte alkyder er, i motsetning til ikke modifiserte alkyder, tiksotrope. Det er en fordel å bruke tiksotrope alkyder i stedet for ikke tiksotrope alkyder fordi det er lettere å oppnå reproducerbare flyteegenskaper når alkydet er tiksotrop enn når tilsetningsstoffer benyttes for å oppnå tiksotropi.



Figur 2.4.1.1. Polyamidmodifisert alkyd.

2.4.2 Uretanmodifisert alkyd

Hydroksylgruppene i alkydet kan reagere med isocyanater [Stoye et al. 1997], se figur 3.4.2.1. Det dannes da uretan-, urea- og biuretgrupper, og resultatet er et uretan eller uretan-urea modifisert alkyd. Disse alkydene er harde, tørker fort, danner filmer med god elastisitet og har god kjemikalieresistens. Uretanmodifiserte alkyder brukes mye i malinger for betonggulv, men kan også brukes i overflatebehandlinger for tre. Et eksempel på en beis som er formulert med et uretan-urea modifisert alkyd er gitt i tabell 2.4.2.1.



Figur 2.4.2.1. Fremstilling av uretanmodifisert alkyd.

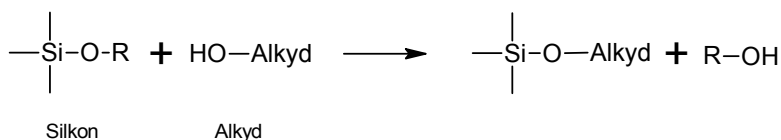
Tabell 2.4.2.1. Beis med uretanmodifisert alkyd [Cray Valley].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Super Gelkyd 6009 WDA 49	Cray Valley	46,7	Tixotrop uretan-urea modifisert alkyd.
Synolac 6005 WDA 70	Cray Valley	22,2	Alkyd.
Sicoflush Yellow L 1916 C4	BASF	9,1	Pigment. Gult jernoksid, Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O (pigment yellow 42, CAS 51274-00-1)
Octa Soligen Cobalt 10	Borchers	0,2	Sikkativ. Inneholder koboltoktoat (CAS 13586-82-8) og isomere.
Octa Soligen Calcium 10 basique	Borchers	0,8	Sikkativ. Inneholder kalsiumoktoat (CAS 68409-80-3) og isomere.
Octa Soligen Zirconium 10	Borchers	0,6	Sikkativ. Inneholder zirkoniumoktoat (CAS 22464-99-9) og isomere.
Polyphase 920	Troy	1,6	Soppdrepende middel. Aktiv ingrediens er 3-iodo-2-propynyl butylkarbammat (CAS 55406-53-6)
CGL 777 MPA D	Ciba	1,4	Lysstabilisator
Tinuvin 99-2	Ciba	0,7	Lysstabilisator basert på benzotriazol (CAS 127519-17-9)
Tinuvin 5100	Ciba	1,0	Lysstabilisator. HALS.
Spiridane D60	Total	14,3	Løsemiddel. Nafta (CAS 64742-48-9)
Propylen glykol	Acros	1,2	Løsemiddel
Borchi Nox M2	Borchers	0,3	Forhindrer tidlig filmdannelse.
VOC	477 g/l		
Tørrstoff	49 vekt %, 40 vol %		

¹⁾ Hentet fra HMS-datablader og tekniske datablader for produktene og fra <http://www.specialchem4coatings.com/product-directory/>.

2.4.3 Silikonmodifisert alkyd

Silikonmodifiserte alkyder fremstilles ved at hydroksylgrupper i alkydet får reagere med et silikon [Stoye 1996], se figur 2.4.3.1. Resultatet er et bindemiddel med gode vannavvisende egenskaper og bedre bestandighet enn ikke modifiserte alkyder har.



Figur 2.4.3.1. Fremstilling av silikonmodifisert alkyd.

2.5 Pigmenter og fyllstoffer

Pigmentene gir overflatebehandlingen farge, mens fyllstoffene modifiserer tekniske egenskaper som f.eks. flyt og styrke. Pigmentene deles i to grupper, de uorganiske og de organiske. Skillet mellom uorganiske pigmenter og fyllstoffer eller inerte pigmenter er glidende. Fyllstoffene bidrar

ikke til overflatebehandlingens opasitet (ugjennomsommelighet). En oversikt over et utvalg av tilgjengelige pigmenter og fyllstoffer er gitt i tabell 2.5.1.

I malinger og dekkbeiser for utvendig overflatebehandling av treverk brukes særlig titandioksid. Titandioksid gir overflatebehandlingen god dekkevne. I tillegg er det vanlig å tilsette silikater av ulike slag, f.eks. talkum. En del produsenter leverer også malinger og beiser som inneholder dolomitt eller kalsiumkarbonat, selv om dette ikke anbefales til utvendige overflatebehandlinger fordi kalsiumkarbonat i nærvær av vann og karbondioksyd danner kalsiumbikarbonat [Wicks 2007]. Kalsiumbikarbonat er vannløselig og vil transporteres til overflaten av overflatebehandlingen. Noen malinger inneholder sinkoksid, dette gjelder spesielt linoljemalinger. Sinkoksiden, som er hvit, virker også soppdrepende.

Tabell 2.5.1. Eksempler på pigmenter og fyllstoffer [Bulian og Graystone 2010, Christie 2001].

Forbindelse	Kommentar
<i>Uorganiske pigmenter</i>	
Jernoksider	Finnes i rødbrune, røde og gule fargetoner. De finpartiklede variantene er transparente, det vil si at underlaget skinner gjennom fargen.
Titandioksid	Hvit. God dekkevne.
Ultramarin	Blått pigment. Kjemisk formel er $\text{Na}_8\text{-}_{10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{S}_{2-4}$.
Carbon black	Svart pigment. Består av finpartiklet amorft karbon.
<i>Organiske pigmenter</i>	
Kobber ftalocyaniner	Komplekse ringstrukturer som gir blå og grønne forbindelser.
Quinacridon	Rød farge.
Azo pigmenter	Finnes i gule, orange og røde fargetoner.
<i>Fyllstoffer – inerte pigmenter</i>	
Sulfater	F.eks. bariumsulfat
Karbonater	F.eks. kalsiumkarbonat (kritt), magnesium-kalsium karbonat (dolomitt)
Silikater	F.eks. talkum (magnesium silikat), nefelinsyenitt

2.6 Biocider

Biocidene kan ha flere oppgaver:

- beskytte malingen mot bakterievekst og soppangrep når den er i boksen
- beskytte malingsfilmen mot sopp- og algeangrep
- beskytte underlaget (trevirket) mot soppangrep

Biocider som ofte brukes i overflatebehandlinger for tre er:

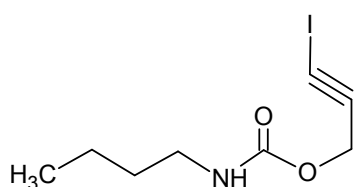
- karbamater
- isotiazolinoner
- haloalkyltioforbindelser
- diuron

Blant karbamatene er 3-iodo-2-propynyl butylkarbammat (IPBC), se figur 3.6.1, et av de mest effektive sopp- og algedrepende midlene. Under uheldige omstendigheter kan IPBC føre til gulning av hvite overflatebehandlinger.

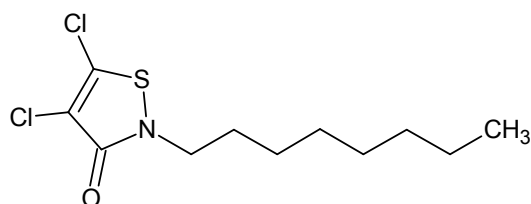
Isotiazolinoner er samlebegrepet på en gruppe forbindelser som virker mot sopp, alger og bakterier. Av isotiazolinonforbindelsene er 4,5-diklor-2-n-oktyl-4-isotiazolin-3-on, se figur 3.6.1, mye brukt i utendørsmalinger og beiser på det norske markedet. Andre isotiazolinoner blir også brukt, f.eks. blandinger av 5-klor-2-metyl-4-isotiazolin-3-on og 2-metyl-4-isotiazolin-3-on i et forhold på 3 til 1, solgt kommersielt under navnet kathon, eller 1,2-bezotiazol-3(2H)-on. Isotiazolinoner er vannløselige, og vil derfor vaskes ut av malingsfilmen når de brukes utendørs. Isotiazolinoner kan brukes sammen med sinkoksid (ZnO). Sinkoksidet forsterker den soppdrepende effekten.

Haloalkyltioforbindelsene utgjør en viktig gruppe av soppdrepende midler. Mye brukte forbindelser i denne gruppen er tolylfuanid, se figur 3.6.1, og diklofluamid.

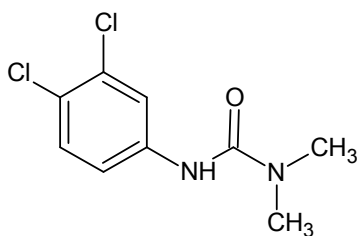
Diuron, se figur 2.6.1, er et algedrepende middel som må kombineres med soppdrepende midler, f.eks. tolylfuanid eller IPBC, for å få en god beskyttelse av malingsfilmen.



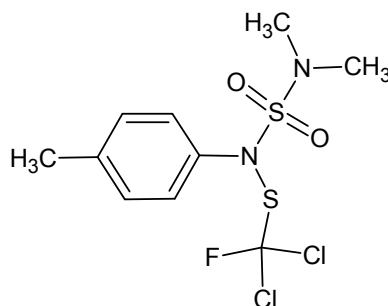
3-iodo-2-propynyl butylkarbammat, CAS nr 55406-53-6



4,5-dikloro-2-n-oktyl-isotiazolin-3-on, CAS nr. 64359-81-5



Diuron, CAS nr 330-54-1



Tolylfuanid, CAS nr 731-27-1

Figur 2.6.1. Eksempler på sopp-, alge- og bakteriedrepende midler som brukes i overflatebehandlinger for tre.

I 1998 innførte EU-kommisjonen biociddirektivet [Directive 98/8/EC]. Biociddirektivet angir harmoniserte regler for godkjenning av biocider i Europa. Biociddirektivet er innført i Norge gjennom biocidforskriften [FOR 2003-12-18-1848]. For at et biocid skal være tillatt brukt i Europa må det være vurdert med hensyn til risiko for helse og miljø. Risikovurderingen skjer i forhold til hvordan biocidet brukes. Derfor er det definert fire hovedgrupper. Disse gruppene er desinfeksjonsmidler, konserveringsmidler, skadedyrbekjempelsesmidler og andre biocidprodukter. Under hver produktgruppe er det definert produkttyper. Produkter for overflatebehandling av tre tilhører hovedgruppe 2, konserveringsmidler, produkttype 6, 7 og 8:

- PT 6: *Konserveringsmidler til bruk i lukkede beholdere*. Produkter som brukes til konservering av industriprodukter, unntatt næringsmidler og fôr, i beholdere for å hindre mikrobiell nedbrytning og forlenge holdbarheten.
- PT 7: *Konserveringsmidler for overflatemidler*. Produkter som brukes til konservering av filmer eller belegg ved å bremse mikrobiell nedbrytning for å beskytte de opprinnelige overflateegenskapene til materialer som maling, plast, tetningsmidler, klebemidler til vegg eller mur, bindemidler, papir og kunstverker.
- PT 8: *Treimpregneringsmidler*. Produkter som brukes til å beskytte treverk, fra og med på sagbruket, eller treprodukter ved å bekjempe organismer som ødelegger eller deformerer treverk. Denne produkttypen omfatter både preventive og helbredende midler.

De biocidene som var på markedet i EU/EØS-landene før 14.5.2000 kalles eksisterende aktive stoffer, og er plassert under de aktuelle produkttypene. En risikovurdering gjennomføres for disse biocidene i prioritert rekkefølge. Inntil risikovurderingen er ferdigstilt er biocidet tillatt brukt for de produkttypene det tilhører. En oversikt over eksisterende aktive stoffer og produkttyper er gitt i Anneks 1 i Commission regulation (EC) No 1451/2007. For hvert eksisterende aktive stoff må industrien sende inn en søknad med dokumentasjon. Enkelte eksisterende aktive stoffer er i etterkant blitt trukket tilbake for enkelte bruksområder fordi ingen søkere har vist sin interesse. Biocidene som er akseptert etter en risikovurdering føres opp på biociddirektivets positivlister (Substances included in Annex I or IA to Directive 98/8/EC). Produkter som er blitt trukket tilbake på grunn av manglende interesse plasseres på listen over produkter som ikke skal inkluderes i positivlistene (Existing active substances for which a decision of non-inclusion into Annex I or Ia of Directive 98/8/EC has been adopted). Så langt er ingen eksisterende aktive stoffer blitt forbudt fordi risikovurderingen viser at forbindelsene er forbundet med uakseptabel risiko for helse og/eller miljø.

Samme biocid kan forekomme i forskjellige grupper samtidig fordi biocidet har ulike bruksområder og derfor skal vurderes i henhold til forskjellige scenarier. Av denne grunnen skal f.eks. tolylfluanid vurderes tre ganger, som et PT 7, PT 8 og PT 21 biocid. Opprinnelig skulle den også vært vurdert som PT 10 biocid, men vurderingen ble ikke gjennomført på grunn av manglende interesse. Vurderingen av tolylfluanid som PT 8 biocid er fullført. Tolylfluanid ble 27.9.2009 tillatt brukt i EU/EØS-land og biocidet ble ført opp på positivlisten. Vurderingen av tolylfluanid som PT 7 og PT 21 biocid er ennå ikke ferdigstilt. Tabell 2.6.1. viser status for en del mye brukte biocider fra listen over eksisterende aktive stoffer.

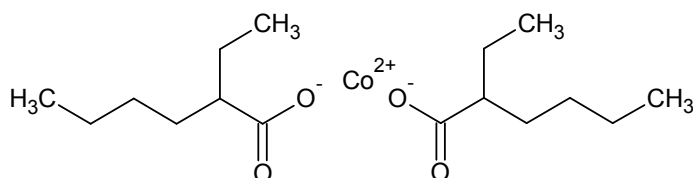
Tabell 2.6.1. Status for risikovurderinger av eksisterende aktive stoffer som er brukt i malinger og beiser for utendørs treverk i Norge. Tabellen tar bare for seg produkttype 6, 7 og 8. Flere av biocidene er vurdert eller skal vurderes i andre grupper også, men disse er utelatt.

Biocid	CAS nummer	Produkttype og status ¹⁾
Jodpropynylbutylkarbammat (IPBC)	55406-53-6	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Risikovurdering ikke ferdig • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert og godkjent
1,2-Benzisotiazolin-3(2H)-on	2634-33-5	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Risikovurdering ikke ferdig • PT 7: Trukket tilbake
Kathon. Blanding av 5-klor-2-metyl-4-isotiazolin-3-on og 2-metyl-4-isotiazolin-3-on	55965-84-9	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Risikovurdering ikke ferdig • PT 7: Trukket tilbake
4,5-Diklor-2-n-oktyl-4-isotiazolin-3-on (DCOIT)	64359-81-5	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Trukket tilbake • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert. Godkjenning anbefales.
n-Oktyl-isotiazolin-3-on	26530-20-1	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Risikovurdering ikke ferdig • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig
Propikonazol	60207-90-1	<ul style="list-style-type: none"> • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert og godkjent
Bronopol	52-51-7	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Risikovurdering ikke ferdig • PT 7: Trukket tilbake
Tolyfluanid	731-27-1	<ul style="list-style-type: none"> • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert og godkjent
Diklofluanid	1085-98-9	<ul style="list-style-type: none"> • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert og godkjent
Diuron	330-54-1	<ul style="list-style-type: none"> • PT 6: Trukket tilbake • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig
Tebuconazol	107534-96-3	<ul style="list-style-type: none"> • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig • PT 8: Risikovurdert og godkjent
Terbutryn	886-50-0	<ul style="list-style-type: none"> • PT 7: Risikovurdering ikke ferdig

¹⁾ Produkter som er "risikovurdert og godkjent" er oppført på Anneks I til Direktiv 98/8/EC (Positivlisten). Produkter som er "trukket tilbake" blir ikke risikovurdert pga. manglende interesse/dokumentasjon fra industrien. Disse produktene er oppført på listen over produkter som ikke skal inkluderes i Anneks I eller IA til Direktiv 98/8/EC (Positivlisten).

2.7 Tørkemidler

Alkydoljemalinger, enten de er vannbaserte eller basert på organiske løsemidler, danner film ved at væsken, det vil si vann eller organisk løsemiddel fordamper. Deretter dannes det kryssbindinger mellom alkydkjedene ved hjelp av oksygen fra luften. Kryssbindingsprosessen, som ikke er fullstendig kartlagt, kalles oksidativ tørking [Bentley og Turner 1998]. Oksidativ tørking er en forholdsvis langsom prosess, og for å øke hastigheten for dannelse av kryssbindinger tilsettes tørkemidler (også kalt sikkativer) i mengder mindre enn 1 vekt % av den ferdige malingen. Koboltkarboksylat er et mye brukt sikkativ. Strukturen til koboltkarboksylat er vist i figur 2.7.1.



Figur 2.7.1. Koboltkarboksylat, CAS nr 13586-82-8. Koboltkarboksylat går også under navnene koboltoktanoat og kobolt-2-etylheksanoat.

Når koboltkarboksylat brukes alene kan de være vanskelig å oppnå en gjennomtørket film [Bieleman 2000]. Derfor blir koboltforbindelsen som regel kombinert med andre metall-

karboksylater. En effektiv blanding er koboltkarboksylat sammen med kalsiumkarboksylat og/eller zirkoniumkarboksylat. Kalsium- og zirkoniumkarboksylaten virker ikke direkte som tørkemidler, men virker gunstig effektiviteten til koboltforbindelsen.

Det forskes for å finne alternativer til koboltholdige sikkativer fordi koboltforbindelser er mistenkt for å være kreftfremkallende [Micciché et al 2005]. Dessuten blir koboltsikkativer mindre effektive som tørkemidler når malingen har vært lagret en stund. Det sistnevnte gjelder spesielt for vannbaserte alkydmalinger.

2.8 Tykningsmidler basert på modifiserte leirer

Tykningsmidler tilsettes for å regulere de reologiske egenskapene til en blanding. Modifiserte leirer av typen hektoritt og bentonitt utgjør en viktig gruppe tykningsmidler som brukes i løsemiddel-baserte alkydmalinger [Bieleman 2000]. Disse kan brukes for å gjøre alkydoljemalinger tiksotrope. Bentonitt er en blanding av montmorillonitt og vulkansk aske. Montmorillonitt er en lagstruktur med aluminiumoksidlag og silisiumoksidlag. Hvert aluminiumoksidlag ligger mellom to silisiumoksidlag. Grupper av to silisiumoksidlag og et aluminiumoksidlag er så stablet oppå hverandre i en laminær struktur. I montmorillonitt er noen av aluminiumionene byttet ut med magnesiumioner. Strukturene inneholder også natrium og ofte kalsium. Hektoritt har en struktur som likner mye på strukturen til montmorillonitt, men med magnesiumoksidlag i stedet for aluminiumoksidlag. Noen av magnesiumionene i hektoritt er byttet ut med litiumioner.

Metallionene i montmorillonitt og hektoritt kan byttes ut med organiske ioner. Forholdsvis små mengder (< 1 vekt % av den totale resepten) av de organiske modifiserte leirene kan tilsettes i en malingsblanding sammen med små mengder (< 1 vekt % av den totale resepten) metanol, etanol, propylenkarbonat eller aceton og danner da en gel-liknende struktur når malingen utsettes for skjærkrefter (f.eks. når blandingen røres eller strykes utover underlaget). Den gel-liknende strukturen gjør blandingen mer viskøs. Når skjærkreftene opphører, forsvinner den gel-liknende strukturen og malingen blir igjen viskøs.

2.9 UV-stabilisatorer

UV-stråling i bølglengdeområdet 280-400 nm kan absorberes av bindemiddelet i malingen og starte en nedbrytningsreaksjon som kalles fotooksidering. Ved absorpsjon av UV-strålingene kan to ting skje [Pospíšil og Nešpurek 2000]. Enten brytes bindingen mellom et karbonatom og et hydrogenatom, eller bindingen mellom to karbonatomer i hovedkjeden brytes. Det dannes dermed frie radikaler. De frie radikalene reagerer med oksygen fra luften. Resultatet av reaksjonen mellom det frie radikalet og oksygen er et peroksyradikal som igjen kan reagere med bindemiddel-polymeren slik at det dannes et nytt radikal. Nedbrytningsprosessen fortsetter ved at det nye radikalet reagerer med oksygen fra luften, hvor produktet kan reagere med bindemiddelet. Syklusen avbrytes ved at to radikaler reagerer med hverandre, i stedet for å angripe bindemiddelpolymeren.

Når bindemiddelet brytes ned, bindes ikke lengre pigmenter og fyllstoffer til underlaget. Hvis man stryker hånden over flaten, blir den dekket av et fint støv av fyllstoffer og pigmenter. Dette fenomenet kalles krittning. I gjennomslittige overflatebehandlinger beregnet på tre, f.eks. beiser og lakker, er det ikke bare bindemiddelet som trenger beskyttelse mot UV-stråling. Treet i underlaget kan også degraderes under påvirkning av UV-lys.

Det finnes en rekke kjemiske forbindelser som beskytter mot fotooksidering. I overflate-behandlinger som skal brukes på tre er følgende grupper av forbindelser i bruk [Wicks et al. 2007, Bieleman 2000]:

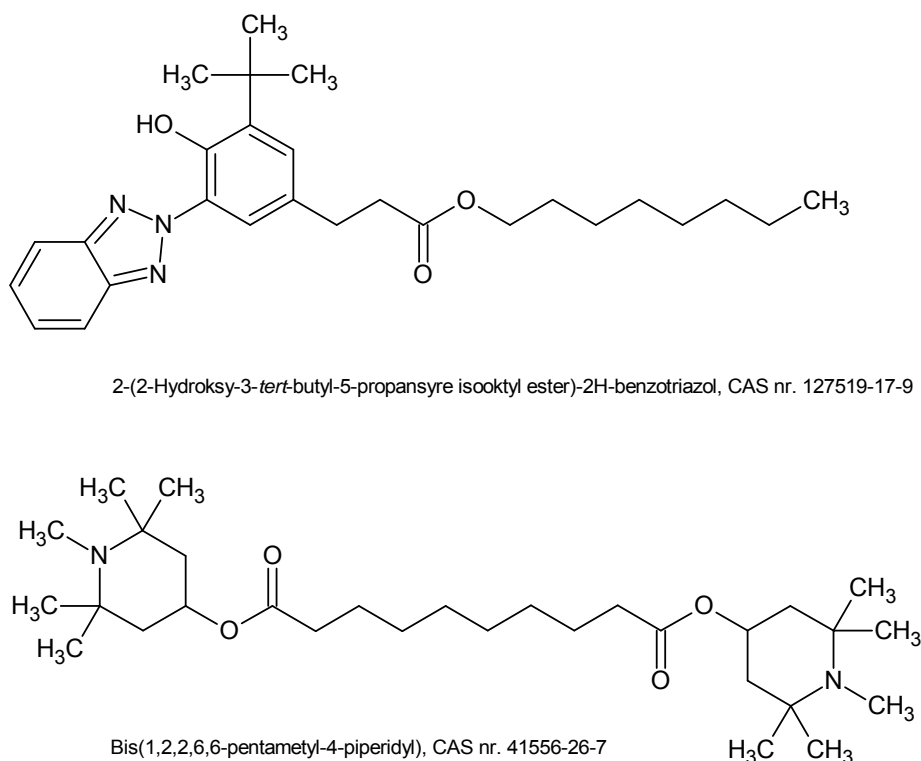
- Enkelte pigmenter: transparente jernoksider, carbon black og rutilt jernoksid.
- Benzotriazol (BTZ)
- Hindered amine light stabilizers (HALS)

Transparente jernoksider, carbon black, og rutilt titanoksid absorberer UV-stråling effektivt. Transparente jernoksider brukes mye i utendørs beiser og motvirker fotonedbrytning av tre. Fordi de er transparente er treets struktur synlig, samtidig som de gir farge.

Titanoksid kan fremskynde nedbrytning av bindemiddelet ved å virke som katalysator for dannelse av frie radikaler fra oksygen og vann. Disse radikalene kan inngå i reaksjonene som beskrevet over for fotooksidering. Ved å legge et tynt lag aluminiumoksid eller silisiumoksid rundt titanoksidpartiklene unngår man at titanoksidet virker katalytisk.

Benzotriazoler virker som UV-absorbenter. De absorberer UV-strålingen før den blir absorbert av bindemiddelpolymeren. Dette forhindrer at fotooksideringsprosessen settes i gang. Det finnes en rekke ulike benzotriazoler, et eksempel er vist i figur 2.9.1.

HALS er en gruppe kjemiske forbindelser som reagerer med de frie radikalene som dannes som et resultat av fotooksidering. Et eksempel er vist i figur 2.9.1.

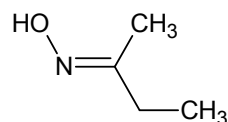


Figur 2.9.1. Eksempler på UV-stabilisatorer. Øverst et bezotriazol. Nederst en HALS-forbindelse.

2.10 Anti-Skin

Alkydmalinger er utsatt for filmdannelse når malingen fremdeles er i boksen [Bieleman 2000]. Det dannes da et lag av størknet maling øverst i boksen. Dette er uønsket av flere grunner, men først og fremst fordi denne filmen inneholder mye sikkativer på bekostning av sikkativmengden i resten av malingen. Resultatet er at malingen som er igjen i boksen tørker langsommere ved påføring. For å forhindre tidlig filmdannelse blir alkydmalinger som regel tilsatt metyl etyl ketoxim (MEKO eller 2-butanonoxim), se figur 2.10.1. Typisk mengde tilsatt er < 0,5 vekt %. På engelsk kalles denne typen forbindelser "anti-skinning agents". MEKO danner komplekser med metallet i sikkativene,

først og fremst kobolt og mangan. Når malingen påføres fordamper ketoximet umiddelbart og sikkativet frigjøres slik at malingen kan herde.



Figur 2.10.1. Metyl etyl ketoxim (MEKO, CAS 96-29-7, også kalt 2-butanonoxim).

2.11 Løsemiddelbaserte alkydmalinger i Skandinavia

Produktdatablader, HMS-datablader og byggvarudeklarasjoner for 28 løsemiddelbaserte alkydprodukter fra åtte produsenter ble gjennomgått. Se kapittel 2.4 for nærmere beskrivelse av disse og diskusjon av begrensninger og datakvalitet. Følgende forbindelser ble funnet:

- Bindemidler: I hovedsak alkyd uten nærmere angivelse, noen silikonmodifiserte alkydprodukter for utvendige paneler og et tilfelle av uretanmodifisert alkyd vindusmaling. Noen produkter kombinerer alkyd med linolje eller kinesisk treolje.
- Løsemidler: Nafta, i hovedsak tung alifatisk nafta (CAS 64742-48-9) og avsvovlet tung nafta (CAS 64742-47-8).
- Biocider: De fleste produktene inneholder 0,1-1 vekt % diklofluamid og tolylfuanid. Enkelte produkter inneholder 0,1-1 vekt % isothiazolinoner eller jodpropynylbutylkarbamat (CAS 55406-53-6).
- Beskyttelse mot UV-stråling: For de fleste produktene er det ikke oppgitt innhold av midler som motvirker effekten av UV-stråling. Det finnes noen produkter som inneholder 0,1-1 vekt % HALS.
- Tørkestoffer: De fleste produktene inneholder koboltkarboksylat (CAS 13586-82-8, 0,1-1 vekt %).
- Pigmenter og fyllstoffer: Titandioksid (CAS 13463-67-7), dolomitt (CAS 16389-88-1), talkum (CAS 14807-96-6).
- Anti-skin: Alle produktene inneholder 0,1-1 vekt % 2-butanonoxim (CAS 96-29-7).

3 Vannbaserte overflatebehandlinger

For å møte kravene til mindre bruk av organiske løsemidler er det de siste årene kommet en rekke vannbaserte alkydmalinger på markedet. De vannbaserte malingene som brukes til overflatebehandling av utvendig treverk i Norge kan deles i to grupper basert på bindemiddel:

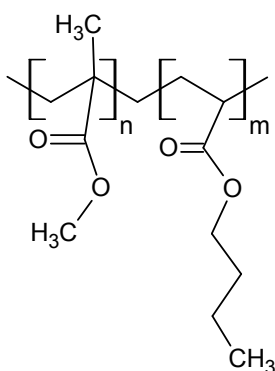
- Akrylater
- Modifiserte alkyder

3.1 Akrylater

Det finnes produkter for tre der bindemiddelet er en akrylat kopolymer, se figur 3.1.1. Hvilke monomere kommersielle akrylatbaserte kopolymerer er basert på blir det sjelden gitt opplysninger om. Metylmetakrylat er som regel en av bestanddelene [Wicks et al. 2007]. I tillegg til metylmetakrylat kan polymeren inneholde butylakrylat.

Akrylatbaserte produkter brukes som regel i kombinasjon med alkydoljebaserte produkter, slik at primeren består av en alkydolje med god inntrengningsevne i underlaget, mens det akrylatbaserte produktet legges som toppstrøk.

Akrylatene er dispersjoner av polymerpartikler i vann. Disse fremstilles ved emulsjonspolymerisering [Weldon 2001]. Første trinn i emulsjonspolymeriseringsprosessen er å røre overflateaktive forbindelser i vann. De overflateaktive forbindelsene har en hydrofob (vannavstøtende ende) og en hydrofil (vanntiltrekkende) ende. Det dannes ansamlinger (miceller) av overflateaktive forbindelser der den hydrofobe enden vender innover og den hydrofile enden utover. I neste trinn tilsettes monomere og initiativ (f.eks. kalium persulfat – $K_2S_2O_8$). Disse beveger seg til innsiden av micellene og reagerer der videre til polymere. Prosessen kan designes slik at en oppnår polymerpartikler med en kjerne av en akrylatbasert kopolymer omgitt av et skall av en annen akrylatbasert kopolymer (hard core/soft shell teknologi) [Havaux et al. 2010]. Eksempler på formuleringer laget med akrylat-kopolymer bindemiddel er gitt i tabell 3.1.1- 3.1.3.



Figur 3.1.1. Kopolymer av methylmetakrylat og n-butylakrylat.

Tabell 3.1.1. Beis basert på akrylat kopolymer [Havaux et al. 2010].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Polymer	-	32,0	Akrylat kopolymer
BYK 023	BYK-Chemie GmbH	0,4	Skumdempende middel basert på siloxan
Deionisert vann	-	54,7	
Butyl diglykol	-	5,2	Kosolvent.
Surfynol 104E	Air Products and Chemicals	0,5	Ikke-ionisk fuktemiddel og skumdempende middel, CAS 126-86-3.
Acrysol RM8-W	Dow Chemical Company	2,7	Modifiserer flytegenskapene.
Mergal S99	Troy	1,5	Alge- og soppdrepende middel
Pigmenter:		3,6	Gir rødbrun farge.
<ul style="list-style-type: none"> • Napronyl red • Mapronyl yellow • Luconyl black 		<ul style="list-style-type: none"> • 1,9 • 1,2 • 0,03 	

Tabell 3.1.2. Fasademaling basert på akrylat [Formulering #46 PVC / 38 VS, Rohm and Haas].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Vann	-	17,7	
Triton CF-10	Dow Chemical Company	0,1	Ikke ionisk, overflateaktiv forbindelse. Inneholder: 75 % benzyl polyeten glykol tert-oktylfenyl eter (CAS 60864-33-7), 15 % polyetenglykol oktylfenyl eter (CAS 9036-19-5), 10 % vann og < 3 % polyetenglykol (CAS 25322-68-3).
Colloid 643	Colloids Inc.	0,4	Skumdempende middel.
Tamol 731A	Dow Chemical Company	1,3	Dispergeringsmiddel for pigmenter. Natrium salt av en maleinsyre anhydrid kopolymer.
Ti-Pure R-706	DuPont	18,1	Hvitt pigment. Rutilt titandioksid (TiO ₂).
Minex 4	Unimin Speciality Minerals	12,6	Fyllstoff. Naturlig forekommende natrium kalium aluminium silikat.
Diafil 525	World Minerals	1,8	Kiselgur (diatomitt). Amorf silika (SiO ₂). Regulerer produktets matthet.
Natrosol 250 MHR	Hercules-Aqualon	5,1	Tykningsmiddel. Hydroxyetyl cellulose.
Kathon LX (1,5 %)	Rohm and Haas	0,2	Bakterie- og soppdrepende middel for dispersjonmalinger. Blanding av 5-kloro-2-metyl-4-isotiazolin-3-on (CAS 26172-55-4) og 2-metyl-4-isotiazolin-3-on (CAS 2682-20-4).
Rozone 2000	Rohm and Haas	0,5	Sopp- og algedrepende middel. Inneholder 4,5-dikloro-2-n-oktyl-4-isotiazolin-3-on (CAS 64359-81-5).
Rhoplex Multilobe 200	Rohm and Haas	32,5	Akrylat kopolymer bindemiddel. Blandingen inneholder 53-54 % akrylat kopolymer, vann og ≤ 0,2vekt % ammoniakk (CAS 1336-21-6).
Ropaque Ultra	Dow Chemical Company	6,0	Pigment basert på organisk polymer. Bidrar til øket lysspredning, slik at malingen kan oppnå god dekkevne med mindre bruk av titanoksid.
Texanol	Eastman	1,2	Koaleseringsmiddel. 2,2,4-Trimetyl-1,3-pentadiol monoisobutyrat (CAS nr. 25265-77-4).
Propylen glykol	-	1,5	Frysevæske, senker frysepunktet til malingen. Reduserer tørkehastigheten til malingen og letter dermed påføringen.
Acrysol RM-2020 NPR	Dow Coating Materials	1,2	Tykningsmiddel. HEUR. Bidrar også til at malingsoverflaten blir glatt ved påføring.
VOC	100 g/l		
Tørrestoffinnhold	38,2 vol %		

Tabell 3.1.3. Fasademaling basert på akrylat [Formulering W-400-1 Rohm and Haas].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Vann	-	1,2	
Triton CF-10	Dow Chemical Company	0,2	Ikke ionisk, overflateaktiv forbindelse. Inneholder: 75 % benzyl polyeten glykol tert-oktylfenyl eter (CAS 60864-33-7), 15 % polyetenglykol oktylfenyl eter (CAS 9036-19-5), 10 % vann og < 3 % polyetenglykol (CAS 25322-68-3).
Colloid 643	Colloids Inc.	0,4	Skumdempende middel.
Tamol 850 (30,0 %)	Dow Chemical Company	1,0	Dispergeringsmiddel for pigmenter. Natrium salt av en maleinsyre anhydrid kopolymer.
Kalium tripolyfosfat	-	0,1	Dispergeringsmiddel for pigmenter. CAS 7790-53-6.
Ti-Pure R-706	DuPont	16,7	Hvitt pigment. Rutilit titandioksid (TiO ₂).
Minex 4	Unimin Speciality Minerals	16,2	Fyllstoff. Naturlig forekommende natrium kalium aluminium silikat.
Icecap K	Burgess	4,8	Fyllstoff for formuleringer med titandioksid. Kalsinert kaolin. Inneholder typisk: 51,0-52,4 % SiO ₂ , 42,1-44,3 % Al ₂ O ₃ , 0,5 % Fe ₂ O ₃ og 1,6-2,5 % TiO ₂ .
Attagel 50	BASF	0,5	Modifiserer flyteegenskapene – gjør blandingen tiksotrop. Basert på leire med ideell formel 3MgO-1.5Al ₂ O ₃ -8SiO ₂ -9H ₂ O.
Natrosol 250 MHR	Hercules-Aqualon	17,4	Tykningsmiddel. Hydroxyetyl cellulose.
Skane M-8	Rohm and Haas	0,2	Soppdrepende middel. Inneholder minimum 45 vekt % 2-n-oktyl-4-isothiazolin-3-on (CAS 26530-20-1) i propylen glykol. Avgir ikke formaldehyd.
Eagle Zinc 417W		2,4	Soppdrepende middel i kombinasjon med isothiazolinoner. Sinkoksid (ZnO).
Rhoplex Multilobe 400	Rohm and Haas	32,7	Akrylat kopolymer bindemiddel. Blandingen inneholder 53-54 % akrylat kopolymer, vann og ≤ 0,2vekt % ammoniakk (CAS 1336-21-6).
Ropaque Ultra	Dow Chemical Company	4,8	Pigment basert på organisk polymer. Bidrar til øket lysspredning, slik at malingen kan oppnå god dekkevne med mindre bruk av titanoksid.
Texanol	Eastman	0,4	Koaleseringsmiddel. 2,2,4-Trimetyl-1,3-pentadiol monoisobutyrat (CAS nr. 25265-77-4).
Propylen glykol	-	1,1	Frysevæske, senker frysepunktet til malingen. Reduserer tørkehastigheten til malingen og letter dermed påføringen.
VOC	50 g/l		
Tørrestoffinnhold	39 vol %		

3.2 Modifiserte alkyder

Akrylatmodifiserte alkyder kombinerer de gode egenskapene fra begge bindemiddeltypene. Alkyddelen gir malingen høy glans og god inntrengning i treverket i underlaget. Akrylatdelen gir god værbestandighet og kort tørketid.

Malinger basert på alkydoljeemulsjoner består av alkydoljedråper som er fordelt i vann (emulsjon er en væske som er fordelt i en annen væske). For å få til en stabil emulsjon er det nødvendig å tilsette overflateaktive forbindelser. Alkyd emulsjonen kan modifiseres ved at den blandes mekanisk med en akrylat dispersjon [Overbeek 2010]. Slike blandinger gir ofte overflatebehandlinger med dårlig glans.

Alkyd-akrylat hybrider kan fremstilles på flere ulike måter [Overbeek 2010]. En måte å fremstille hybrider på er ved å løse alkydet monomerblandingen som brukes ved fremstilling av en akrylat polymer [Tsavalas 2004]. Deretter tilsettes initiator slik at akrylat monomeren eller monomerene kan polymerisere til en akrylat kopolymer. Alkydenhetene er kjemisk bundet til akrylatkjeden. Det dannes partikler med alkyd i kjernen. Alkydkjernen er omgitt av et skall av akrylat.

I tabell 3.2.1 og 3.2.2 er det gitt resepteksempler for vannbaserte produkter med akrylatmodifisert alkyd bindemiddel.

Tabell 3.2.1. Terrassebeis, semitransparent. Beregnet på trykkimpregnerte bord [Cytec (b)].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Resydrol® AY 586w/45WA	Cytec Surface Specialities	43,3	Alkyd, modifisert med akrylat. Dispersjon. Partikler med alkyd kjerne omgitt av akrylat skall.
Nafta		2,9	
Arcosolv DPM	Lyondell	2,9	Kosolvent. Inneholder dipropylen glykol metyl eter (CAS nr. 34590-94-8).
Trietylamin		0,4	Nøtraliserende forbindelse. CAS nr. 121-44-8
Additol® VXW 6206	Cytec Surface Specialities	0,4	Sikkativ for alkydemulsjoner (kombitørrer). Inneholder blanding av: <ul style="list-style-type: none"> – 20,3 – 26,5 vekt % zirkoniumkarboksylat (CAS nr. 22464-99-9) – 22,8 vekt % koboltborat neodekanoat komplekser (CAS nr. 68457-13-6) – 6,3 – 6,8 vekt % litium neodekanoat (CAS nr 27253-30-1) Inneholder også 13-20 vekt % nafta (CAS nr. 64742-48-9).
Additol® XL 250	Cytec Surface Specialities	1,2	Anionisk fukte- og dispergeringsmiddel. Forhindrer at pigmenter og fyllstoffer sedimenterer. Inneholder modifisert fosforsyreester. Inneholder også 45,5 vekt % etanol (CAS nr. 64-17-5).
Additol® XL 297	Cytec Surface Specialities	0,3	Forhindrer tidlig filmdannelse. Inneholder metyl etyl ketoxim (CAS 96-29-7).
Additol® VXW 6210	Cytec Surface Specialities	0,1	Skumdempende middel. Inneholder silikonglykolmodifisert flytende hydrokarbon.
Additol® XW 329	Cytec Surface Specialities	0,3	Forhindrer filmdefekter og gir bedre glans. Inneholder silikonglykol. Inneholder også ca. 51 vekt % 2-butoksyetanol (CAS nr. 111-76-2).
Polyphase 662	Troy Chemical Corp.	0,9	Sopp- og algedrepende middel.
Tinuvin 1130	Ciba	0,5	UV-absorberende middel. Inneholder hydroksyfenylbenzotriazol (CAS nr. 104810-48-2).
Tinuvin 292	Ciba	0,3	HALS (lysstabilisator). Inneholder blanding av: <ul style="list-style-type: none"> – bis(1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidiny)sebakat (CAS nr. 41556-26-7) – metyl(1,2,2,6,6-pentametyl-4-piperidiny)sebakat (CAS nr. 82919-37-7). Inneholder også polyetylen glykol (CAS nr. 25322-68-3).
Acrysol RM-8W	Rohm & Haas	0,4	Tykningsmiddel. HEUR. Inneholder: <ul style="list-style-type: none"> – 17-18 vekt % polyuretan – 4-5 vekt % modifisert stivelse – 78-80 vekt % vann
Acematt TS 100	Degussa	1,8	Modifiserer flyteegenskaper og gir bedre stabilitet ved lagring. Inneholder 99,8 vekt % silika (SiO ₂). Partikler med diameter lik 4 µm.
Super Seatone Trans-oxide Yellow	Noveon	0,4	Pigmentdispersjon. Inneholder 35 vekt % jernoksid (Fe ₂ O ₃ ·H ₂ O, CAS nr. 51274-00-1, pigment yellow 42)
Deionisert vann		43,9	

1) Hentet fra HMS-datablader og tekniske datablader for produktene og fra <http://www.specialchem4coatings.com/product-directory/>.

Tabell 3.2.2. Terrassebeis, dekkende. [Surface Specialities UCB].

Komponent	Produsent	Mengde [vekt %]	Beskrivelse ¹⁾
Resydrol® AY 586w/45WA	Cytec Surface Specialities	50,7	Alkyd modifisert med akrylat. Dispersjon. Partikler med alkyd kjerne omgitt av akrylat skall.
Ammoniakk (29 vekt % i vann)		0,4	Nøytraliserende forbindelser. CAS nr. 7664-41-7
AMP-95	Angus	0,3	Dispergeringsmiddel. Inneholder ca. 95 vekt % 2-Amino-2-metyl-1-propanol (CAS nr 124-68-5) og ca. 5 vekt % vann.
Additol® VXW 6206	Cytec Surface Specialities	0,1	Sikkativ for alkydemulsjoner (kombitørrer). Inneholder blanding av: – 20,3 – 26,5 vekt % zirkoniumkarboksylat (CAS nr. 22464-99-9) – 22,8 vekt % koboltborat neodekanoat komplekser (CAS nr. 68457-13-6) – 6,3 – 6, 8 vekt % litium neodekanoat (CAS nr 27253-30-1) Inneholder også 13-20 vekt % nafta (CAS nr. 64742-48-9).
Additol® VXW 4926	Cytec Surface Specialities	0,2	Skumdempende middel. Fettsyreester.
Anti-Skin B	Troy	0,2	Forhindrer tidlig filmdannelse. Inneholder metyl etyl ketoxim (CAS nr. 96-29-7).
Propylenglykol		4,6	CAS nr. 57-55-6. Reduserer tørkehastigheten til beisen og senker frysepunktet.
Texanol	Eastman	2,0	Koaleseringsmiddel. 2,2,4-Trimetyl-1,3-pentadiol monoisobutyrat (CAS nr. 25265-77-4).
Acrysol RM-8W	Rohm & Haas	1,2	Tykningsmiddel. HEUR. Inneholder: – 17-18 vekt % polyuretan – 4-5 vekt % modifisert stivelse – 78-80 vekt % vann
Additol® VXW 6371	Cytec Surface Specialities	0,3	Bakterie- og soppdrepende middel. Inneholder blanding av et urea formaldehyd kondensasjonsprodukt og isotiazolinon.
Acematt TS 100	Degussa	1,5	Modifiserer flytegenskaper og gir bedre stabilitet ved lagring. Inneholder 99,8 vekt % silika (SiO ₂). Partikler med diameter lik 4 µm.
Additol® VXW 6208	Cytec Surface Specialities	1,4	Ikke-ionisk dispergeringsmiddel. Modifisert akrylat i vann.
Additol® VXW 4926	Cytec Surface Specialities	0,5	Skumdempende middel. Fettsyreester.
Ti-Pure® R-706	DuPont	21,9	Pigment. Inneholder minimum 93 vekt % titaniumdioksid (TiO ₂), rutil form, 2,5 vekt % aluminiumoksid (Al ₂ O ₃) og 3 vekt % amorf silisiumoksid (SiO ₂).
Attagel® 50	Engelhard	1,4	Reologisk tilsetning. Gjør blandingen tiksotrop. Basert på leire.
Deionisert vann		13,3	

1) Hentet fra HMS-datablader og tekniske datablader for produktene og fra <http://www.specialchem4coatings.com/product-directory/>.

3.3 Tilsetningsstoffer i vannbaserte malinger

Noen av forbindelsene i tabell 3.2.1 og 3.2.2 er beskrevet i kapittelet om løsemiddelbaserte alkydmalinger:

- Sikkativer
- Sopp- og algedrepende midler
- Lysstabilisatorer
- Forbindelser som forhindrer tidlig filmdannelse

Reseptene for vannbaserte produkter, enten de er rene alkydprodukter, akrylatmodifiserte alkydprodukter eller akrylatprodukter, inneholder en del forbindelser som en ikke finner i reseptene for løsemiddelbaserte alkydoljeprodukter:

- Nøytraliserende forbindelser
- Organiske tykningsmidler, f.eks. HEUR
- Koaleseringsmidler
- Overflateaktive midler

3.3.1 Nøytraliserende forbindelser

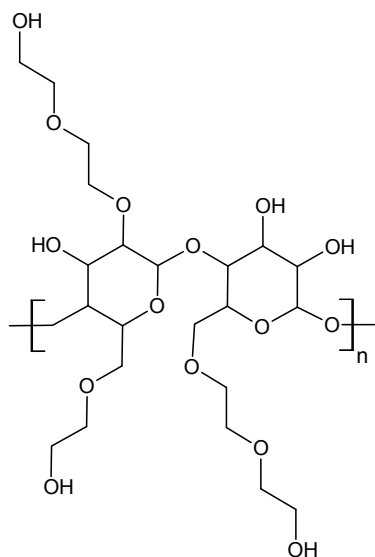
Nøytraliserende forbindelser tilsettes mange dispersjonsmalinger for å oppnå pH på rundt 9. Til dette formålet brukes aminer, f.eks. trietylamin, ammoniakk, ammoniumhydroksid eller andre hydroksider. Aminer og ammoniakk gir malinger en ubehagelig lukt og aminer bidrar dessuten til VOC-innholdet.

3.3.2 Organiske tykningsmidler for vannbaserte malinger

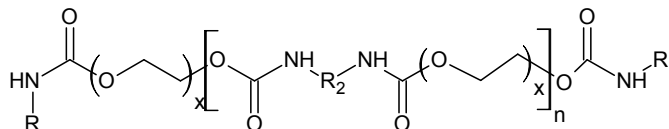
De organiske tykningsmidlene for vannbaserte malinger kan deles i to grupper avhengig av virkemåte [Bieleman 2000]:

- Tykningsmidler som bare virker i vannfasen
 - Cellulosebaserte – f.eks. hydroxyetyl cellulose (HEC)
 - Stivelsesbaserte
 - Akrylatbaserte
- Tykningsmidler som virker på de andre ingrediensene (assosiative tykningsmidler)
 - Modifiserte polyoxyetylen, mer vanlig omtalt som polyuretan tykningsmidler med forkortelsen HEUR (Hydrophobically Modified Ethoxylated Urethanes)
 - Akrylatbaserte assosiative tykningsmidler – HASE (Hydrophobically modified Alkali-swellable Emulsions)
 - Assosiative cellulose-eter, basert på hydroxyetyl cellulose eller etylhydroxyetyl cellulose.

I dispersjonsmalinger blir assosiative tykningsmidler brukt, spesielt HEUR, men også cellulosebaserte ikke-assosiative tykningsmidler. Strukturen til hydroxyetyl cellulose og HEUR av forbindelsen er vist i figur 3.3.2.1.



Hydroxyetyl cellulose



Polyuretan tykningsmiddel - HEUR

R, R1 og R2 er hydrofobiske, alifatiske eller aromatiske grupper

3.3.2.1 Organiske tykningsmidler for vannbaserte malinger.

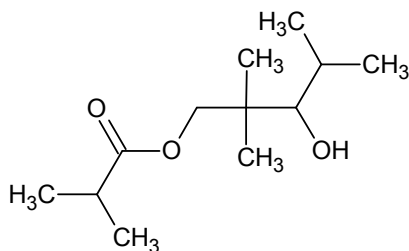
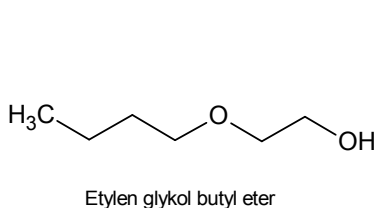
3.3.3 Koaleseringsmidler

Polymerdispersjoner består av polymerpartikler i vann. Filmdannelsen skjer i tre trinn [Bieleman 2000]:

1. Vannet fordamper eller suges opp av underlaget.
2. Etter hvert som vannet forsvinner vil polymerpartiklene pakkes sammen. Partiklene presses sammen av kapillærkrefter og deformeres.
3. Polymerpartiklene danner en sammenhengende film. De koaleserer.

Koaleseringsmidler gjør at polymerpartiklene blir mykere og gjør dermed at koaleseringsprosessen går lettere. De virker som midlertidige myknere. Når koaleseringsmidlet fordamper, blir polymerpartiklene igjen harde. Koaleseringsmidler fordeler seg på to grupper: rene hydrokarboner og organiske forbindelser med alkohol-, eter-, ester og/eller ketogrupeer. Eksempler på mye brukte koaleseringsmidler er, se også figur 3.3.3.1:

- Etylen glykol butyl eter (2-butoxyetanol, CAS 111-76-2) og andre glykol etere. Det finnes en rekke ulike glykol etere på markedet.
- 2,2,4-Trimetyl-1,2-pentandiol monoisobutyrat (Texanol, CAS 25265-77-4)



2,2,4-Trimetyl-1,2-pentandiol monoisobutyrat

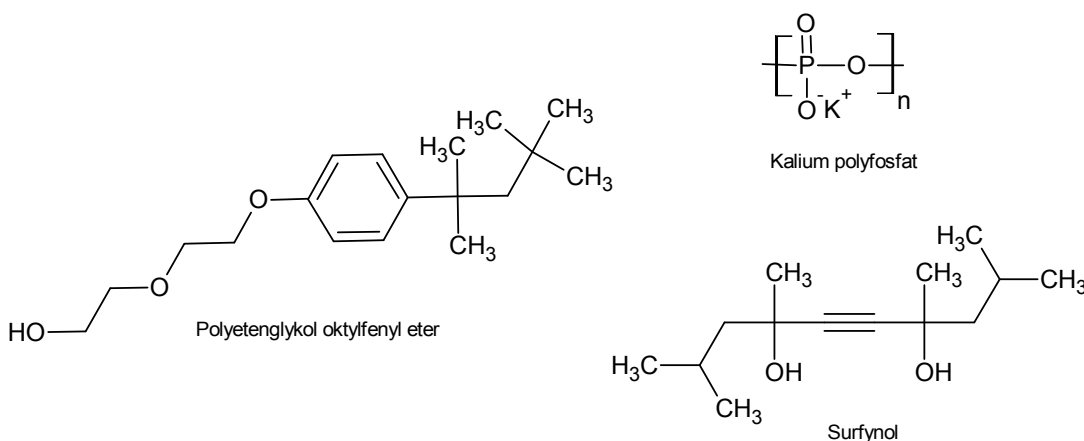
Figur 3.3.3.1. Eksempler på koaleseringsmidler.

3.3.4 Overflateaktive midler

Overflateaktive midler reduserer spenningene som kan oppstå i grenseflatene mellom substanser i en blanding. Overflateaktive midler kan f.eks. brukes for at en væske skal fukte partikler bedre, for at en væske skal spre seg bedre over en flate eller for at dråper av en væsketype skal fordele seg jevnt i en annen væske.

Dispersjonmalinger og beiser inneholder en rekke faste forbindelser: polymerpartikler, pigmenter og fyllstoffer. Disse skal fordeles i vannfasen. Separasjon, sedimentering og ansamlinger av ingrediensene er uønsket. For å kontrollere fordelingen av de faste fasene i væskefasen tilsettes dispergerings- og fuktemidler [Bieleman 2000]. Dispergerings- og fuktemidlene løses i vannfasen og adsorberes på overflatene til de faste partiklene i blandingen. De overflateaktive midlene er kjemiske forbindelser som har en hydrofil (vannelskende) og en hydrofob (vannavvisende) ende. Det finnes en rekke ulike kjemiske forbindelser som har disse egenskapene. Det skilles mellom ioniske og ikke-ioniske forbindelser. Det finnes også polymere dispergeringsmidler. Ikke-ioniske (f.eks. polyetenglykoler og polypropenglykoler) og polymere dispergeringsmidler (f.eks. salter av akrylater og polyfosfater) brukes mye, se figur 3.3.4.1.

De overflateaktive forbindelsene som tilsettes for å dispergere og stabilisere pigmenter og bindemiddel kan også, som en uønsket bivirkning, stabilisere luftbobler som fanges i malingen under fremstilling eller påføring. Derfor tilsettes skumdempende midler. De to viktigste gruppene av skumdempere er skumdempere basert på mineralolje og skumdempere basert på silikonoljer. De mineraloljebaserte skumdempere fremstilles ved å dispergere kiselsyre i mineralolje. Blandingen tilsettes ofte blant annet overflateaktive forbindelser, metallsåper, eller voks. Silikonoljer kan brukes som de er, eller modifiseres. En annen gruppe effektive skumdempende midler er polyeter siloksaner.



Figur 3.3.4.1. Eksempler på dispergerings- og fuktemidler.

3.4 Vannbaserte overflatebehandlinger i Skandinavia

Produktdatablader, HMS-datablader og byggvarudeklarasjoner for 45 vannbaserte produkter fra ni produsenter ble gjennomgått. Se kapittel 2.4 for nærmere beskrivelse av kildene og diskusjon av begrensninger og datakvalitet.

Følgende forbindelser ble funnet i produktene med bare akrylat som bindemiddel:

- Løsemidler: De fleste produktene inneholder inntil 5 vekt %, noen opptil 10 vekt % løsemidler. Disse er Texanol (CAS 25265-77-4), butyldiglykol (CAS 112-34-5), propylenglykol (CAS 57-55-6), dipropylenglykolmetyleter (CAS 34590-94-8) eller butylglykol (CAS 111-76-2).

- Biocider: Jodpropynylbutylkarbamat (CAS 55406-53-6), isothiazolinoner eller bronopol (CAS 52-51-7).
- Beskyttelse mot UV-stråling: Det ble ikke funnet produkter der det er oppgitt innhold av midler som motvirker effekten av UV-stråling.
- Pigmenter og fyllstoffer: Titandioksid (CAS 13463-67-7) og talkum (CAS 14807-96-6).
- Annet: Enkelte produkter er oppgitt å inneholde fosfater.

Følgende forbindelser ble funnet i produktene som har et alkyd eller blandinger med alkyd, f.eks. alkyd og akrylat som bindemiddel:

- Løsemidler: Propylenglykol (CAS 55-57-6, inntil 10 vekt%), nafta (inntil 1 vekt %), 3-butoksypropanol (CAS 5131-66-8, inntil 5 vekt %), Butyldiglykol (CAS 112-34-5, inntil 5 vekt %), diproylenglykolmetyleter (CAS 34590-94-8, inntil 2,5 vekt %), 3-butoksy-2-propanol (CAS 5131-66-8, inntil 10 vekt %) eller 1,2-etandiol (CAS 107-21-1, inntil 10 vekt %)
- Biocider: Nesten alle produktene inneholder isothiazolinoner. Enkelte inneholder jodpropynylbutylkarbamat (CAS 55406-53-6) eller diuron (CAS 1085-98-9).
- Beskyttelse mot UV-stråling: Det ble ikke funnet produkter der det er oppgitt innhold av midler som motvirker effekten av UV-stråling.
- Pigmenter og fyllstoffer: Mange produkter inneholder titandioksid (CAS 13463-67-7), talkum (CAS 14807-96-6), dolomitt (CAS 16389-88-1) og/eller magnesium aluminium silikat (CAS 1318-59-8). Enkelte produkter inneholder sinkoksid (CAS 1314-13-2).
- Annet: Enkelte produkter inneholder 2-butanonoksim (CAS 96-29-7) og koboltkarboksylat (CAS 13586-82-8).

4 Miljø- og helseegenskaper

4.1 Livssyklusanalyser

Livssyklusanalyser (LCA) gir mulighet for å analysere miljøpåvirkningen til et produkt gjennom hele livssyklusen – fra produksjon av råvarer til produktet har endt sin levetid:

- Utvinning av råmaterialer, f.eks. ilmenitt, olje og gass. Dyrking av soyabønner, lin og andre planter som gir oljer.
- Fremstilling av alle ingrediensene i en produktblanding, f.eks. bindemiddel eller pigmenter.
- Fremstilling av selve produktblandingen, f.eks. en beisblanding.
- Påføring av produktet på en trefasade og vedlikehold av fasaden over en tidsperiode, typisk 50 år.
- Ved endt levetid blir overflatebehandlingsproduktet til avfall som må behandles.

Livssyklusanalyser kan brukes til å sammenlikne ulike produkter og de kan brukes til å optimere produktet slik at miljøbelastningen gjennom livssyklusen blir lavere. Livssyklusanalyser utføres i henhold til EN ISO 14040 "Miljøstyring. Livsløpsvurdering. Prinsipper og rammeverk". De studiene som er referert til i denne rapporten er ikke nødvendigvis utført i henhold til EN ISO 14040. Første utgave av standarden kom i 1997, og noen av studiene ble gjennomført før dette tidspunktet.

Ved gjennomføring av livsløpsanalysene brukes som regel kommersiell programvare, databaser med miljødata og opplysninger og data fra produsenter. Kvaliteten på studiene er i høy grad avhengig av et godt datagrunnlag og av at livsløpet, fra produksjonsprosesser til bruksmåter, levetid og avhending, er tilstrekkelig nøyaktig beskrevet.

Malingene for utvendig treverk kan grupperes i fire grupper basert på bindemiddel: akrylater, akrylat-alkyd hybrider, vannbaserte alkyder og løsemiddelbaserte alkyder. Til hver gruppe knytter det seg fordeler og ulemper med hensyn på tekniske egenskaper, så vel som miljø- og helseegenskaper. Det er gjennomført livssyklusanalyser der overflatebehandlinger i disse fire kategoriene sammenliknes. Resultatene fra analysene er vist i kapittel 4.1.1.

Et spørsmål som melder seg i sammenheng med miljøegenskaper er dette: Lønner det seg å overflatebehandle? Spørsmålet er behandlet i kapittel 4.1.2.

4.1.1 Resultater fra livssyklusanalyser av overflatebehandlinger

På 1990-tallet ble det gjennomført studier av dekorative malinger og beiser i Nederland [Beetsma og Hofland 1998, Geurink 1993]. De sammenliknet fire produkttyper: tradisjonell alkyd, alkyd med høyt tørrstoffinnhold, alkyd emulsjon og akrylat dispersjon. Miljøegenskapene ble vurdert i tre kategorier: Råmaterialer (fornybare og ikke fornybare), forbruk av ikke fornybare energikilder og emisjoner. Fornybare råvarer er soyabønne- og solsikkeolje som inngår i alkydene, mens ikke fornybare råvarer er olje, gass og ilmenitt (råmaterialet til titandioksid). I studiet ble det antatt at alle produktene har samme levetid og at det blir påført et nytt lag grunning og maling hvert 5 år. Underlagets areal er 100 m². Det ble også antatt at man etter 20 år fjerner all alkydmaling ved å brenne malingen av, mens akrylatmalingen blir fjernet ved hjelp av metylenklorid. Deretter blir produktene påført på nytt og blir vedlikeholdt i nye 20 år. Bare de forbindelsene som inngår i mengder som overstiger 5 %, det vil si bindemiddel, løsemidler og pigmenter er tatt med i beregningene. Overflateaktive forbindelser, tørkemidler og biocider er utelatt. Resultatene er oppsummert i tabell 4.1.1.1.

Tabell 4.1.1.1. Oppsummering av resultatene fra et nederlandsk LCA studie [Beetsma og Hofland 1998, Geurink 1993]. Verdiene gjelder 100 m² behandlet overflate.

Miljøindikator	Benevning	Overflatebehandlinger			
		Konvensjonell alkyd	Alkyd med høyt tørrstoffinnhold	Alkyd emulsjon	Akrylat dispersjon
Forbruk av ikke fornybare råmaterialer	kg/kg ¹⁾	13E-12	11E-12	12E-12	14E-12
Forbruk av ikke fornybare energikilder	kg/kg ¹⁾	510E-12	393E-12	426E-12	628E-12
Utslipp av forsurende forbindelser	ha/år ²⁾	270	216	203	250
Utslipp av gjødsel	g nitrogen	18218	4930	17174	0
Global oppvarming	mg CFK-12 ekv ³⁾	26E-3	21E-3	22E-3	32E-3
Ozonlagsskadelige forbindelser	mg CFK-11 ekv ⁴⁾	3E-3	3E-3	3E-3	19E-3
Forbindelser som fører til fotokjemisk smog	kg	13,2	5,4	0	2,8
Andre skadelige forbindelser	m ³ /år	339	168	50	214
VOC	m ³ /l ⁵⁾	696	382	39	396

¹⁾ kg/kg – kg forbrukt materiale pr. kg tilgjengelig materiale på verdensbasis

²⁾ ha/år – areal (ha) forurenset land pr. år

³⁾ CFK-11 – triklorofluorometan

⁴⁾ CFK-12 – diklorodifluorometan

⁵⁾ Mengde luft i m³, som trenges for å fortynne flyktige organiske forbindelser fra en liter maling slik at konsentrasjonen i luft ligger under maksimum tillatte verdier (MAC-value).

Av tabell 4.1.1.1 kan det sees at ingen av produktene er best og ingen av produktene er dårligst i alle kategorier. Konvensjonelle alkyd og akrylat dispersjonsmalinger har flest kategorier med dårligste verdi, mens alkyd med høyt tørrstoffinnhold og alkyd emulsjonsmalinger har beste verdi i flest kategorier. Det dominerende bidraget i kategoriene forbruk av ikke fornybare råmaterialer og forbruk av ikke fornybare energikilder kommer fra titandioksid (forbruk og produksjon). Akrylatmalingen kommer i hovedsak forholdsvis dårlig ut fordi det antas at all malingen må fjernes ved hjelp av metylenklorid etter 20 år.

Imperial College London gjennomførte i 2003 livssyklusanalyser av malinger, beiser og grunninger beregnet på utvendig treverk fra Akzo Nobel [Akzo Nobel 2003]. Analysene ble gjennomført i henhold til EN ISO 14040. Tre av produktene skal påføres industrielt og fire produkter skal påføres med kost. En oversikt over produktenes egenskaper er gitt i tabell 4.1.1.2. Noen av resultatene er vist i tabell 4.1.1.3. Forbruk av ikke fornybare ressurser, forbruk av ikke fornybar energi og utslipp er ikke tatt med her fordi datamaterialet er for stort, men kan finnes i referansene [Akzo Nobel 2003].

Tabell 4.1.1.2. Produkter som inngikk i livsløpsanalysene [Akzo Nobel 2003]. Alle produktene er vannbaserte.

Egenskap	Industrielle produkter			Produkter som påføres med kost			
	Cetol WP 560	Rubbol WF 380	Cetol WF 955	Cetol BL 21 Plus	Cetol BL 31	Cetol BL Primer	Cetol BL Opaque
Bindemiddel	Alkyd/akrylat	Akrylat	Akrylat	Alkyd/akrylat	Akrylat	Akrylat	Alkyd/akrylat
Produkttype	Beis	Maling	Beis	Beis	Dekkbeis	Grunning	Maling
Bruksområde	Inne/ute	Inne/ute	Inne/ute	Ute	Ute	Ute	Ute
Tørrstoffinnhold, [vol %]	15	37	38	26	35	55	51
Organiske løsningsmidler ¹⁾	-	-	DPGME	PG, 2-BE	EG, 2-PE	-	PG

¹⁾ DPGME – dipropylenglykol metyleter (CAS 34590-94-8), PG – propylenglykol (CAS 57-55-6), 2-BE - 2-butoxyetanol (CAS 111-76-2), EG – etylenglykol (CAS 107-21-1), 2-PE – 2-fenoxyetanol (CAS 122-99-6)

Tabell 4.1.1.3. Livsløpseffektvurdering [Akzo Nobel 2003]. Verdiene gjelder pr 1000 kg produkt.

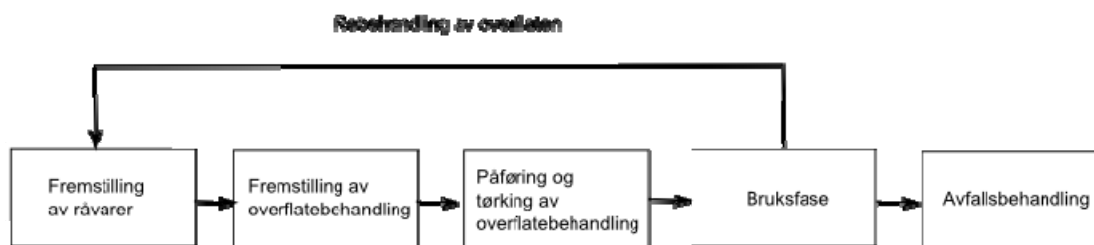
Miljøindikator	Benevning	Industrielle produkter			Produkter som påføres med kost			
		Cetol WP 560	Rubbol WF 380	Cetol WF 955	Cetol BL 21 Plus	Cetol BL 31	Cetol BL Primer	Cetol BL Opaque
Global oppvarming	kg CO ₂ ekv.	1,540	3,001	1,880	2,933	2,569	2,748	3,082
Nedbrytning av ozonlaget	kg CFC-11 ekv.	1,5E-6	2,45E-6	23,4E-6	0	3,33E-6	2,07E-6	3,43E-6
Fotokjemisk oksidasjon	kg eten ekv.	0,4	4,973	14,7	0,765	39	5,002	5,969
Forsuring	kg SO ₂ ekv.	11,1	23,048	13,1	18	16	22,169	24,192
Overgjødning	kg PO ₄ ekv.	1,2	1,650	1,27	1,73	1,58	1,527	1,582

Ved en direkte sammenlikning av dataene scorer Cetol WP 560 best i alle kategorier unntatt én. To produkter scorer dårligst i to kategorier (Cetol WF 955 og Cetol BL Opaque). En slik direkte sammenlikning av dataene er sannsynligvis misvisende fordi det ikke er tatt hensyn til ulikheter i levetid, systemoppbygging eller forskjeller i påføringsmengde. En mer detaljert analyse er nødvendig for å kunne sammenlikne produktene.

I en svensk studie ble det gjennomført livssyklusanalyser av fem ulike overflatebehandlingsprodukter for treverk [Strömberg 2004]. Basis for beregningene var 1 m² overflatebehandling på utvendig treverk i en 50-års periode. Livssyklusanalysen omfattet utvinning av råvarer, all transport av råvarer, andre kjemikalier og ferdige produkter, produksjon av de kjemiske forbindelsene som inngår i en produktblanding, påføring og tørking av overflatebehandlingen og vedlikehold av den overflatebehandlede flaten. Studiet omfattet ikke avfallsfasen eller selve sammenblandingen av komponenter til et ferdig overflatebehandlingsprodukt. Studiet omfattet heller ikke overflatebehandlingens innpakning. Det ble forutsatt at påføringen er manuell. Systemet som ble studert er vist i figur 4.1.1.1. I livssyklusanalysen ble overflatebehandlingens forventede levetid tatt med som parameter ved at antall nødvendige rebehandlinger i løpet av en femtiårsperiode inngikk. I første del av studiet ble overflatebehandlingens levetid analysert [Strömberg og Ekstedt 2004].

Produktene som ble sammenliknet var:

- Vannbasert akrylat maling, estimert levetid 10-20 år
- Løsemiddelbasert alkyd maling, estimert levetid 5-10 år
- Vannbasert akrylat beis, estimert levetid 5-10 år
- Løsemiddelbasert alkyd beis, estimert levetid 0,6-0,75 år
- Løsemiddelbasert alkyd treolje, estimert levetid 0,75-1,75 år



Figur 4.1.1.1. Systemet som ble beskrevet i livssyklusanalysen [Strömberg 2004].

Beregningsresultatene før normalisering for hele livssyklusen er gitt i tabell 4.1.1.4. Ved sammenlikning av verdiene, kan man se at treoljen har minst innvirkning på miljøet uansett antatt levetid, mens alkyd beisen har mest innvirkning.

Ved normalisering deles den beregnede verdien for miljøpåvirkning hvert produkt har i hver kategori med den totale miljøbelastningen i den samme kategorien. Normaliseringen gjør at belastningene i hver kategori kan sammenliknes med belastningen i de andre kategoriene. Etter normalisering fremkommer det at alkyd treoljen ikke er det produktet som totalt sett gir lavest miljøbelastning selv om det scorer best i de fleste kategoriene. Årsaken er at treoljen scorer dårlig i kategorien sommer smog. Også etter normalisering er alkyd beisen det produktet som scorer dårligst totalt sett. Igjen er det bidraget til sommersmog som dominerer miljøbelastningen. De akrylatbaserte produktene har lavest miljøbelastning, i hovedsak fordi de scorer lavt i kategorien sommersmog sammenliknet med alkyd treoljen og alkyd beisen, samtidig som de ikke scorer veldig høyt i noen annen kategori. Av studiet til Strömberg [2004, 2005] fremgår det også at titandoksidpigmentet har en betydelig negativ innvirkning på miljøegenskapene til produktene som inneholder dette.

Før man avgjør hvilket produkt som bør velges, er det nødvendig å gjøre et verdivalg: hvilke miljøhensyn veier tyngst? Strömberg [2004, 2005] har valgt å bruke forholdet mellom myndigheters målsetninger for en gitt kategori og de nåtidige utslippene i den samme kategorien for å vekte de normaliserte verdiene. Strömberg [2004] oppsummerer miljøbelastningen pr. år ved å summere de vektete normaliserte verdiene, se tabell 4.1.1.5.

Tabell 4.1.1.4. Oppsummering av de ikke normaliserte resultatene fra livssyklusanalysen [Strömberg 2004]. Verdiene gjelder for 1 m² malt flate. Levetiden er satt til 50 år.

Miljøindikator	Enhet ¹⁾	Vannbaserte produkter		Løsemiddelbaserte produkter		
		Akrylat beis	Akrylat maling	Alkyd treolje	Alkyd beis	Alkyd maling
<i>Levetid</i>	<i>år</i>	20	20	1,75	0,75	10
Global oppvarming	kg CO ₂	1,01	0,9	0,8	5,2	1,8
Ozonlagsskader	kg CFC-11	2,40E-07	1,20E-07	0,051E-07	0,895E-07	0,104E-07
Forsuring	kg SO ₂	0,008	0,0096	0,008	0,04	0,02
Overgjødsling	kg PO ₄	0,0007	0,0004	0,0008	0,004	0,0007
Tungmetaller	kg Pb	3,50E-06	1,80E-06	0,450E-06	2,90E-06	0,26E-06
Carcinogener	kg BaP	8,20E-10	4,50E-10	3,60E-10	110E-10	4,60E-10
Vintersmog	kg SPM	0,005	0,007	0,004	0,02	0,02
Sommersmog	kg C ₂ H ₄	0,0007	0,0005	0,6	2,14	0,24
Pesticider	kg aktive forbindelser	1,8E-11	2E-11	0	0	0
Energi	MJ	11,6	7,5	0,7	85,2	9,9
Avfall	kg	0,03	0,28	0,007	0,05	0,25
<i>Levetid</i>	<i>år</i>	5	10	0,75	0,6	10
Global oppvarming	kg CO ₂	2,35	3,54	1,78	6,47	3,36
Ozonlagsskader	kg CFC-11	2,90E-07	0,209E-07	0,117E-07	1,11E-07	8,08E-07
Forsuring	kg SO ₂	0,024	0,041	0,018	0,051	0,027
Overgjødsling	kg PO ₄	0,001	0,0014	0,002	0,005	0,002
Tungmetaller	kg Pb	4,48E-06	0,515E-06	1,04E-06	3,60E-06	11,7E-06
Carcinogener	kg BaP	1,10E-09	0,91E-9	0,84E-9	14,0E-09	2,70E-09
Vinter smog	kg SPM	2,00E-02	3,40E-02	0,80E-02	2,60E-02	2,00E-02
Sommer smog	kg C ₂ H ₄	0,0014	0,48	1,4	2,65	0,0024
Pesticider	kg aktive forbindelser	0,49E-11	0	0	0	5,95E-11
Energi	MJ	18,8	19,7	1,68	106	38,5
Avfall	kg	0,7	0,5	0,02	0,06	0,1

¹⁾ CFC-11 – triklorofluorometan, BaP – Benzo(a)pyren, SPM – Suspended Particulate Matter.

Tabell 4.1.1.5. Beregnet årlig miljøbelastning for ulike overflatebehandlingsprodukter [Strömberg 2004]. Verdiene gjelder 1 m² behandlet overflate.

Produkt	Levetid, år		Miljøbelastning		Årlig miljøbelastning	
	Dårligst	Best	Dårligst	Best	Dårligst	Best
Alkyd treolje	0,75	1,75	0,2	0,09	0,3	0,05
Alkyd beis	0,6	0,75	0,4	0,3	0,6	0,4
Alkyd maling	5	10	0,07	0,04	0,02	0,004
Akrylat beis	5	20	0,006	0,002	0,001	0,00008
Akrylat maling	10	20	0,004	0,002	0,0004	0,00009

En innledende LCA-studie der et løsemiddelbasert alkyd med høyt tørrestoffinnhold ble sammenliknet med en vannbasert akrylat-alkyd hybrid maling og en vannbasert alkydmaling viste at akrylat-alkyd hybridmalingen var det billigste og mest miljømessig gunstige alternativet [Koller 2009]. I studiet ble det lagt til grunn at man i løpet av en 20-års periode ville måtte utføre ommaling med akrylat-alkyd hybridmalingen bare en gang, mens alkydmalingene ville trenge tre omganger med ommaling i løpet av den samme perioden. Sammenliknet med alkydmalingene ble det funnet at akrylat-hybridmalingen over en 20-års periode vil gi lavere emisjoner og være forbundet med lavere energibruk og lavere forbruk av råvarer. Forskjellene skyldes i stor grad den lengre levetiden.

4.1.2 Lønner det seg å overflatebehandle? Resultater fra livssyklusanalyser.

I en svensk studie fra 1999 (Axelsson et al 1999, Sveff) er det gjennomført en livssyklusanalyse av et løsemiddelbasert alkyd, og en livssyklusanalyse av utvendig trepanel som er overflatebehandlet med et løsemiddelbasert alkyd. Resultatene er oppsummert i Tabell 4.1.2.1 og figur 4.1.2.1.

Tabell 4.1.2.1. Resultater for livssyklusanalyse av et løsemiddelbasert alkyd [Sveff, Axelsson et al. 1999]. Verdiene gjelder for 1 kg maling.

Del	Kategori			
	Global oppvarming g CO ₂ ekv.	Fotokjemisk oksidasjon g eten ekv.	Forsuring g SOx ekv.	Overgjødsling g fosfat ekv.
Bindemiddel ¹⁾	283,4	0,8	3,2	0,3
Fyllstoffer ²⁾	25,3	0,01	0,3	8,3
Løsemiddel ³⁾	63,9	0,3	1,0	0,1
Pigment ⁴⁾	1293,9	0,1	14,5	0,2
Produksjon	138,8	0,3	0,9	0,1
Innpakning	44,5	0,001	0,1	0,01
Totalt (sum alle deler)	1849,8	1,511	20,0	9,01

¹⁾ 7 % Soyaoljealkyd, 12 % talloljealkyd, 10 % tixalkyd, 1 % kokt linolje og 6 % standolje. Det er ikke angitt hvorvidt det er vekt % eller volum % som er brukt. Sannsynligvis er det brukt vekt %, da dette er brukt i andre deler av rapporten.

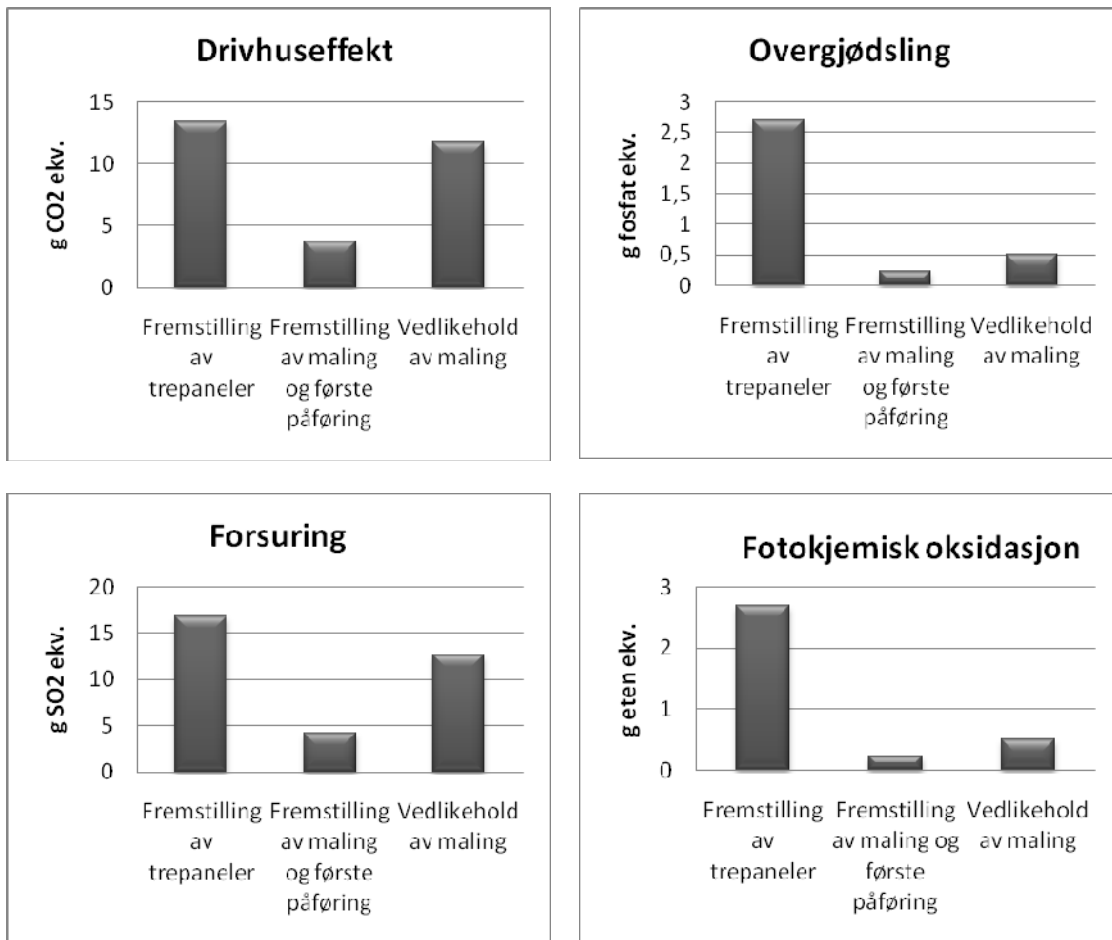
²⁾ 14 % fyllstoffer, type ikke nærmere angitt. Dessuten inneholder produktet 2,5 % tilsetningsstoffer, blant annet sikkativ. De andre tilsetningsstoffene er ikke nærmere angitt.

³⁾ 18 % lacknafta og 4,5 % alifatnafta

⁴⁾ 19 % titandioksid og 6 % andre uorganiske pigmenter

Av tabell 4.1.2.1 kan man se at:

- Pigmentene gir de største bidragene til global oppvarming (ca. 70 % av totalen) og til forsuring (ca. 73 % av totalen)
- Bindemiddelet har det største bidraget til fotokjemisk oksidasjon (ca. 53 % av totalen)
- Løsemiddelet og produksjonsprosessen har de nest største bidragene til fotokjemisk oksidasjon (hver ca. 20 % av totalen)
- Fyllstoffene gir det største bidraget til overgjødsling (ca. 92 % av totalen)



Figur 4.1.2.1. Resultater fra livssyklusanalyse av løsemiddelbasert alkyd som blir brukt på trepaneler [Sveff]. I analysen ble det antatt at trepanelene (1 m²) har en levetid på 50 år og at panelene blir malt på nytt hvert 8 år. Det ble videre antatt at det ved første påføring legges 205 g maling i tre sjikt og at det ved hver ommaling legges 82 g maling. Det ble antatt at panelet blir ommalt 8 ganger slik at det totalt påføres 861 g maling i løpet av levetiden.

Fra figur 4.1.2.1 kan man se at:

- Fremstilling av trepanelene utgjør det største bidraget til overgjødsling og fotokjemisk oksidasjon.
- Fremstilling av trepaneler og vedlikehold av den malte flaten utgjør omtrent like store bidrag til global oppvarming og forsuring.

Studiet viser at miljøpåvirkningen ved fremstilling av trepaneler er større enn miljøpåvirkningen ved fremstilling av den malingen som trengs dersom treet males og ommales over en tidsperiode på 50 år. Allikevel er bidraget fra malingen så stort at dette ikke kan ignoreres. Dersom malingen forlenger levetiden til panelet tilstrekkelig kan miljøregnskapet bli positivt så lenge det negative miljøbidraget fra malingen er mye mindre enn det negative miljøbidraget fra fremstillingen av trepaneler.

I forbindelse med MIKADO-prosjektet [Wærp et al. 2009] ble det utført en livsløpsanalyse for 1 m² utvendig trepanel malt med vannbasert akrylatmaling. Resultatet fra analysen ble sammenliknet med resultatene fra en livsløpsanalyse for 1 m² ubehandlet innvendig kledning. En utvendig kledning er noe tykkere enn innvendig kledning, men forskjellen utgjør ingen stor betydning for

analyseresultatet. En oppsummering av miljøegenskapene er gitt i tabell 4.1.2.2. Forventet gjennomsnittlig levetid for det malte utvendige panelet var satt til 50 år og forventet gjennomsnittlig levetid for det innvendige panelet var satt til 30 år. I bruksfasen var det forventet en 10 % utskiftning av utvendig kledning og 5 % utskiftning av innvendig kledning. Av tabell 4.1.2.2 kan det sees at mesteparten av det globale oppvarmingspotensialet og energibruken knyttet til det malte trepanelet skyldes malingen.

En eventuell miljømessig gevinst av overflatebehandling avhenger av hvor mye lengre levetid panelene får ved overflatebehandling og hvilken belastning overflatebehandlingen utgjør på miljøet. I spesielt heldige tilfeller kan en ubehandlet ytterkledning ha en holdbarhet på flere hundre år [Larsen 2008], og under slike forutsetninger vil de fleste overflatebehandlinger gi et negativt miljøbidrag.

Tabell 4.1.2.2. Resultater fra Livsløpsanalyser (vugge til grav) i henhold til EN ISO 14040 av 1 m² malt utvendig panel og 1 m² ubehandlet innvendig panel.

Miljøindikator	Enhet	Innvendig panel – ubehandlet	Utvendig panel – malt med vannbasert akrylatmaling
Global oppvarming	kg CO ₂ ekvivalenter	0,44	5,56
Ozonlagsskader	kg CFC-11 ekvivalenter	1*10 ⁻⁸	1,6*10 ⁻⁸
Forsuring	kg SO ₂ ekvivalenter	0,005	0,04
Overgjødning	kg PO ₄ ekvivalenter	0,001	0,006
Fotokjemisk oksidasjon	kg eten ekvivalenter	0,0004	0,008
Energibruk (fornybar og ikke fornybar)	MJ	32	166
Andel fornybare materialer	%	100	87

4.1.3 Oppsummering og vurdering av resultatene fra livssyklusanalysene

Som tidligere nevnt, så er kvaliteten på studiene i høy grad avhengig av et godt datagrunnlag og av at livsløpet, fra produksjonsprosesser til bruksmåter, levetid og avhending, er tilstrekkelig nøyaktig beskrevet. På dette området er det stort sprik i de aktuelle studiene. Som et eksempel nevnes rapporteringen av LCA-studiene utført av Strömberg [2004, 2005]. Denne inneholder en rekke svakheter, som gjør det vanskelig å bedømme kvaliteten på resultatene og som gjør det vanskelig å sammenlikne resultatene med resultater fra andre studier:

- Produksjonsprosessen for de ulike komponentene i de ulike produktblandingene er ikke beskrevet. Ulikheter i produksjonsprosesser kan ha betydelig innflytelse på resultatene.
- Vektene som ble brukt ved beregning av årlig miljøbelastning er dårlig beskrevet.
- Publikasjonene inneholder ingen vurdering av datakvaliteten. Ingen av de tallene som ble gitt som input i analysen er rapportert.
- Systemgrensene er dårlig beskrevet. Det er usikkert hvorvidt alle komponentene i produktblandingene inngår i analysen, eller hvorvidt analysen begrenser seg til hovedkomponentene (bindemiddel, løsemiddel og pigmenter).

Tilsvarende svakheter finnes også ved rapporteringen fra andre studier, se f.eks. Koller [2009] og Beetsma og Holland [1998]. I motsatt ende av skalaen finner man livsløpsanalyser iht. EN ISO 14040 med uavhengig gjennomgang av resultatene som kvalitetssikring, se f.eks. Akzo Nobel [2003] og Wærp et al. [2009].

Det ble ikke funnet noen studier der datakvaliteten ble forsøkt kvantifisert i form av usikkerhet knyttet til de rapporterte resultatene. Dette gjør det vanskelig også å sammenlikne resultatene innenfor en studie. Uten angitt usikkerhet er det vanskelig å si hvor store forskjeller en må ha for at en forskjell skal være signifikant. Ta for eksempel studiet til Strömberg [2004]. Strömberg fant at den årlige miljøbelastningen for en alkyd treolje (dårligst) er 0,3, mens den årlige

miljøbelastningen for en alkyd beis (dårligst) er 0,6. Forskjellen utgjør en faktor på 2. Uten en vurdering av feilmarginer i resultatene er det vanskelig å avgjøre om forskjellen er reell eller ikke.

Til tross for at det er vanskelig å sammenlikne studiene direkte så er det allikevel en del konklusjoner som er gjengangere i flere av studiene:

- Fremstilling av titandioksyd gir et betydelig bidrag til produktenes miljøegenskaper.
- Løsemidler gir et betydelig bidrag til produktenes miljøegenskaper. Dette gjelder også en del vannbaserte produkter, fordi disse kan inneholde organiske løsemidler.
- Levetid er en viktig parameter når miljøegenskapene skal bedømmes. Produkter med lang levetid har ofte en lavere belastning på miljøet enn produkter med kort levetid.

4.2 Øko- og humantoksikologiske egenskaper

De livssyklusstudiene som er funnet i forbindelse med skrivingen av denne rapporten, se kapittel 4.1., har ikke øko- og humantoksikologiske egenskaper som egne miljøindikatorer. Øko- og humantoksikologiske egenskaper, dvs. giftigheten til kjemiske forbindelser, vurderes i form av risikostudier. I forkant av risikostudiene ligger det en rekke vitenskapelige studier der skadelighetene av en forbindelse på levende organismer undersøkes. I dette avsnittet gjennomgås kort øko- og humantoksikologiske egenskaper til en del av de forbindelsene som finnes i maling og beiser.

Løsemidler har fått stort fokus på grunn av det høye innholdet av løsemidler i tradisjonelle malingstyper, se også kapittel 2.3. Løsemidlene medvirker til at det gjennom fotokjemiske reaksjoner dannes bakkenært ozon. Bakkenært ozon er skadelig både for mennesker og planter [Badjagbo et al. 2007]. Innånding av løsemiddeldamper kan gi ubehag som hodepine og svimmelhetsfølelse [Arbeidstilsynet 2010]. Løsemidler kan også tas opp gjennom huden. Dersom påvirkningen er kortvarig vil symptomene som regel opphøre, men langvarig eksponering kan gi varige skader på sentralnervesystemet.

Koboltkarboksylat er mye brukt som tilsats i alkydmalinger, se kapittel 2.7. I HMS-datablader er koboltkarboksylat registrert som irriterende (R38) og allergifremkallende ved hudkontakt (R43). I tillegg er koboltkarboksylat registrert som giftig for vannlevende organismer (R51/R53). Andre koboltforbindelser er funnet å være kreftfremkallende [Micciché et al. 2005], og fordi det er stilt spørsmål ved helse- og miljøegenskapene til koboltholdige tørkemidler pågår det et arbeide for å fremskaffe alternative sikkativer, eventuelt fremskaffe alkydtyper som ikke trenger koboltholdige sikkativer.

Biocider tilsettes vannbaserte produkter for å forhindre bakterievekst før produktene tas i bruk og de fleste produkter inneholder også soppdrepende midler, se kapittel 2.6. Disse forbindelsene, som skal hindre vekst av bakterier, sopp og alger, virker ved at de er giftige for denne typen mikroorganismer. Forbindelsen er ofte også skadelige for mennesker. Flere kan gi overfølsomhet ved hudkontakt. Dette gjelder f.eks. 1,2-benzisothiazolin-3(2H)-on, n-oktyl-isothiazolin-3-on, tolylfluamid og diklofluamid. Enkelte, som f.eks. tolylfluamid, er giftige. Ettersom de tilsettes overflatebehandlingsprodukter i små mengder er helse- og miljøvirkningene allikevel begrenset.

5 Referanser

Air Products. High-performance coatings resins. Hybridur 580 polymer dispersion. Formulation HY580CW02. http://www.gmzinc.com/uploads/docs/TD_Hybridur_580.pdf.

Akzo Nobel. 2003. Life Cycle Assessment. <http://www.sikkens-joinery.co.uk/en/Life+Cycle+Assessment.htm>.

Anyagou, ID, PM Ejikeme, og JA Ibemesi. 2010. Development of Thixotropic Coatings Using Dimerized Soybean Oil Fatty Acids: The Case of Polyamide of 1,2-Phenylene Diamine. *Journal of Polymers and the Environment*, 18(2), 104-115.

Arbeidstilsynet. 2010. Løsemidler. <http://www.arbeidstilsynet.no/fakta.html?tid=78221>

Ash, I., 2007. *Handbook of Fillers, Extenders, and Diluents*. Synapse Info Resources.

Axelsson, U, A Jarnhammar, K-O Widell, P Jernberg, G Jansson, M Zackrisson og O Holmer. 1999. *Livscykelanalys av färg. Livscykelanalys av färger för användning inom områdena industriell behandling av trä, industriell behandling av metall och måleri.*, Stockholm: Institutet för Vatten- och Luftvårdsforskning. <http://www.ivl.se/download/18.2f3a7b311a7c806443800055126/B1338A.pdf>.

Badjagbo, K, S Sauvé og S Moore. 2007. Real-time continuous monitoring methods for airborne VOCs. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 26(9), s.931-940.

Beetsma, J og A Hofland. 1998. Life cycle analysis of alkyd emulsion based paint. *Surface Coatings International*, 81(10), s.491-494.

Bentley, J og GPA Turner. 1998. *Introduction to paint chemistry and principles of paint technology*. Chapman and Hall.

Bieleman, J. 2000. *Additives for coatings*. Wiley-VCH.

Bulian, F og J Graystone. 2009. *Wood coatings: theory and practice*. Elsevier.

Edvardsen, KI, TØ Ramstad og T Haug. 2010. *Trehus*. SINTEF Byggforsk. Oslo.

Larsen, KE. 2008. "Kledninger av ubehandlet tre". Byggdetaljer 542.645. *SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer*.

Capello C, G Wernet, J Sutter, S Hellweg og K Hungerbühler. 2009. A comprehensive environmental assessment of petrochemical solvent production. *International Journal of Life Cycle Assessments*, nr. 14, 467-479.

Christie, RM, 2001. *Colour chemistry*, Royal Society of Chemistry.

Commission Regulation (EC) No. 1451/2007, 4.12.2007. On the second phase of the 10-year work programme referred to in Article 16(2) of Directive 98/8/EC of the European Parliament and the Council concerning the placing of biocidal products on the market.

Cray Valley. Super Gelkyds. Thixotropic resins for Woodstains.
http://www.crayvalley.com/en/images/gammes_produits/resines_liquides/documentations/SuperGelkyd_2007_2010.pdf.

Cytec (a). Cytec Surface Specialities SA/NV. Low VOC High solid Alkyd for Decorative Paint.
http://www.cytec.com/liquids/Downloads/Low%20VOC%20High%20solid%20Alkyd%20for%20Decoratif%20Paint_EMEA_En.pdf.

Cytec (b). Cytec Surface Specialities SA/NV. Modaflow and Additol Flow and Leveling Additives.
http://www.cytec.com/liquids/Downloads/MODAFLOW%20and%20ADDITOL%20Flow%20&%20Leveling%20Additives_Americas_En.pdf.

Directive 98/8/EC, 16.2.1998. Concerning the placing of biocidal products on the market.

Directive 2004/42/CE, 21.4.2004. On the limitation of emissions of volatile organic compounds due to the use of organic solvents and varnishes and vehicle refinishing products and amending Directive 1999/13/EC. European Parliament and Council.

EN 927-3:2006 Maling og Lakk. Beleggsmaterialer og beleggssystemer for tre til utendørs bruk. Del 3: Prøving i naturlig atmosfære.

ESIS. 2010. European Survey of Information Society. Database.
<http://ecb.jrc.ec.europa.eu/esis/>

Evans, FG. 2009. Fokus på tre nr 51. Soppskader på tre. Treteknisk. Oslo.

FOR 2003-12-18-1848. Forskrift om godkjenning av biocider og biocidprodukter (biocidforskriften).

Geurink, P. 1993. A total picture of the environmental aspects of the new-generation decorative paints. *JOCCA-Surface Coatings International*, 76(9), s.353-358.

Havaux, N, F Simal og D Vanaken. 2010, High-Performance Water-Repellent Acrylic Latices for Exterior Wood Coatings.
http://www.pcimag.com/Articles/Article_Rotation/BNP_GUID_9-5-2006_A_1000000000000908901.

Koller A. 2009. Lasting benefits. *European Coatings Journal*, nr 4.

Larsen, KE. 2008. Kledninger av ubehandlet tre. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. Byggforskserien Byggdetaljer 542.645.

Mattson, J og KE Larsen. 2009. Fokus på tre nr 30. Ubehandlede trefasader. Treteknisk. Oslo.

de Meijer, M. 2001. Review on the durability of exterior wood coatings with reduced VOC-content. *Progress in Organic Coatings*, 43(4), s.217-225.

- Miccichè, F, E Oostveen, J van Haveren, og R van der Linde. 2005. The combination of reducing agents/iron as environmentally friendlier alternatives for Co-based driers in the drying of alkyd paints. *Progress in Organic Coatings* 53, nr. 2 (Juni 1): 99-105.
- Müller, B og U Poth, U. 2006. *Coatings formulation: an international textbook*, Vincentz Network GmbH & Co KG.
- Overbeek, A. 2010. Polymer heterogeneity in waterborne coatings. *Journal of Coatings Technology and Research*, 7(1), s.1-21.
- Plessner T. 2009. Overflatebehandling av utvendig trevirke. SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer. Byggforskserien Byggdetaljer 542.640.
- Pospíšil, J. og S Nešpurek. 2000. Photostabilization of coatings. Mechanisms and performance. *Progress in Polymer Science*, 25(9), 1261-1335.
- Rohm and Haas. Formuleringsforslag W-400-1.
http://www.rohmhaas.com/assets/attachments/information/coatings_apps/Rhoplex_Multilobe_400_tds.pdf.
- Rohm and Haas. Formuleringsforslag #46 PVC / 38 VS.
http://www.innovadex.com/documents/998315.pdf?bs=2236&b=96903#xml=http://www.innovadex.com/pdfHighlight/20101206062747_660036402.xml
- Stoye, D, W Freitag, og G Beuschel. 1996. *Resins for coatings: chemistry, properties, and applications*. Hanser Verlag.
- Strömberg L. 2004. Integrated life-cycle design of coatings on exterior wood. Part 2: Life-cycle assessment. *Surface Coatings International Part B: Coating Transactions*, nr 87(B3) 211-220.
- Strömberg L. og J Ekstedt. 2004. Integrated life-cycle design of coatings on exterior wood. Part 1: Service life planning. *Surface Coatings International Part B: Coating Transactions*, nr 87(B2) 121-125.
- Strömberg, L. 2005. *Integrated Environmental Assessment Methods as a Tool for Sustainable Design - Some Case Studies*. Doctoral thesis. Stockholm, Sweden: Royal Institute of Technology.
- Surface Specialities UCB. Resydrol Core/Shell Alkyd Emulsions.
<http://www.surfacepecialties.be/publications/resydrol-US.pdf>.
- Sveff – Sveriges Färgfabrikanter Förening. Livscykelanalys av färg. Sammandrag av IVL Rapport B 1338-A. <http://sveff.se/Branschinformation/LCA.pdf>.
- Tsavalas, J. F Schork og K Landfester. 2004. Particle morphology development in hybrid miniemulsion polymerization. *JCT RESEARCH*, 1(1), s.53-63.
- Weldon, DG. 2009. *Failure Analysis of Paints and Coatings*. John Wiley and Sons.

Wicks, ZW, FN Jones og SP Pappas. 2007. *Organic coatings: science and technology*. Wiley-Interscience.

Wærp, S, C Grini, K Folvik og J Svanæs. 2009. *Livsløpsanalyser (LCA) av norske treprodukter*. Prosjektrapport 50. SINTEF Byggforsk. Oslo.

SINTEF er Skandinavias største forskningskonsern. Vår visjon er «Teknologi for et bedre samfunn». Vi skal bidra til økt verdiskapning, økt livskvalitet og en bærekraftig utvikling. SINTEF selger forskningsbasert kunnskap og tilhørende tjenester basert på dyp innsikt i teknologi, naturvitenskap, medisin og samfunnsvitenskap.

SINTEF Byggforsk er et internasjonalt ledende forskningsinstitutt og Norges viktigste formidler av forskningsbasert kunnskap til bygge- og anleggsnæringen. Vi skaper verdier for våre kunder og for samfunnet gjennom forskning og utvikling, spesialrådgivning, sertifisering og kunnskapsformidling. Våre publikasjoner omfatter Byggforskserien, Byggebransjens våtromsnorm, håndbøker, rapporter, faktabøker og beregnings- og planleggingsverktøy.

