

Miljøprojekt Nr. 869 2003

Udvikling af rustbeskytter til undervognsbehandling baseret på vegetabiliske råvarer

Charlotte Pilemand, Birthe Høeg og Eva Wallström
EnPro Aps

Leif Hoffmann og Pia Poulsen
dk-Teknik Energi & Miljø

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

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

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

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	6
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	8
SUMMARY AND CONCLUSIONS	12
1 INTRODUKTION	16
1.1 TRADITIONELLE RUSTBESKYTTELSESPRODUKTER	16
1.2 RUSTBEHANDLINGSPROCESSEN	16
1.3 BAGGRUND FOR PROJEKTET	17
2 TEKNISKE KRAV TIL RUSTBESKYTTEREN	18
2.1 DEN VÅDE RUSTBESKYTTER	18
2.2 PRODUKTETS FILMEGENSKABER	19
2.3 KOMPATIBILITET MED ANDRE MATERIALER	20
2.4 PRODUKTETS RUSTBESKYTTELSESEVNE	21
3 POTENTIELLE RÅVARER – BASISRECEPT	22
3.1 PATENTSØGNING OG LITTERATURSTUDIE GENERELT	22
3.2 BASISKOMPOSITION AF RUSTBESKYTTERE	23
3.2.1 <i>Basisolie</i>	24
3.2.2 <i>Fedtstoffer og vokse</i>	26
3.2.3 <i>Korrosionsinhibitorer</i>	27
3.2.4 <i>Sikkativer</i>	27
3.2.5 <i>Antioxidanter</i>	27
3.2.6 <i>Andre additiver</i>	27
3.3 UDVÆLGELSE AF RÅVARER	28
4 MILJØ- OG SUNDHEDSSCREENING AF POTENTIELLE RÅVARER	30
4.1 ANVENDT SCREENINGSMETODE	30
4.2 RESULTATER AF SCREENINGEN	31
4.3 VURDERING AF RESULTATERNE	35
4.3.1 <i>Olie / Fedtsyrestre / Selvemulgerende estre</i>	35
4.3.2 <i>Fedtstof/voks</i>	35
4.3.3 <i>Korrosionsinhibitorer</i>	36
4.3.4 <i>Sikkativer</i>	36
4.3.5 <i>Antioxidanter</i>	37
4.3.6 <i>Andre additiver</i>	37
5 FORMULERING AF RUSTBESKYTTER	38
5.1 TESTRESULTATER	39
5.1.1 <i>Viskositet</i>	39
5.1.2 <i>Påføringsgenskaber</i>	44
5.1.3 <i>Vedhæftning</i>	45
5.1.4 <i>Indtrængningsevne</i>	50
5.1.5 <i>Rustbeskyttelsesfilmens sprødhed</i>	51

5.1.6	<i>Inhibitorers indvirkning på metaller</i>	52
5.1.7	<i>Test af inhibitorer og rustbeskyttelsesevne</i>	52
5.2	MODELFORMULERING TIL LCA-SCREENING	54
5.2.1	<i>Basisolie</i>	54
5.2.2	<i>Fedtstof</i>	55
5.2.3	<i>Voks</i>	55
5.2.4	<i>Korrosionsinhibitor</i>	55
5.2.5	<i>Additiver</i>	56
6	LCA-SCREENING	58
6.1	FORMÅL MED LCA-SCREENINGEN	58
6.2	AFGRÆNSNING AF VURDERINGEN	58
6.2.1	<i>Funktionel enhed</i>	58
6.2.2	<i>Systemgrænser</i>	59
6.2.3	<i>Beskrivelse af livscyklus</i>	61
6.2.4	<i>Datakilder</i>	64
6.2.5	<i>Allokering</i>	67
6.2.6	<i>Miljøvurdering</i>	67
6.2.7	<i>Begrænsninger / udeladelser</i>	68
6.3	OPGØRELSE AF MILJØBELASTNINGER	69
6.3.1	<i>Blanding af råvarer</i>	69
6.3.2	<i>Påføring af rustbeskytter</i>	69
6.3.3	<i>Transport</i>	69
6.4	VURDERING AF POTENTIELLE MILJØEFFEKTER	70
6.4.1	<i>Drivhuseffekt</i>	72
6.4.2	<i>Forsuring</i>	72
6.4.3	<i>Næringssaltbelastning</i>	73
6.4.4	<i>Fotokemisk ozondannelse</i>	73
6.4.5	<i>Human toksicitet</i>	74
6.4.6	<i>Arbejds miljø</i>	75
6.4.7	<i>Ressourcer</i>	75
6.4.8	<i>Affald</i>	76
6.4.9	<i>Følsomhedsanalyse</i>	77
6.5	FORTOLKNING AF RESULTATERNE	77
7	LITTERATURLISTE	78

Forord

En professionel undervognsbehandlers ønske om, at mere miljøvenlige alternativer til rustbeskyttelse af biler bør være tilgængelige på markedet, har initieret dette projekt. Mere miljøvenlige alternativer er ønskværdige, dels fordi de eksisterende produkter påvirker det ydre miljø negativt og dels pga. hensynet til det arbejdsmiljø personalet udsættes for, når de rustbehandler med de traditionelle produkter.

Projektets hovedformål har været at undersøge om det er muligt at fremstille et alternativt rustbeskyttelsesprodukt til behandling af bilers hulrum, der helt eller delvist er baseret på vegetabiliske (eller såkaldte fornybare) råvarer, samt ved hjælp af en livscyklusanalyse (LCA) at vurdere, hvorvidt et sådant produkt reelt giver en miljømæssig gevinst med hensyn til såvel det ydre miljø som arbejdsmiljøet.

Målsætningen var endvidere fra projektets start, at det alternative produkt, så vidt det var muligt, skulle udvikles så langt, at der kunne fremstilles prøvebatch til test i pilotskala i et undervognscenter.

En af de grundlæggende ideer med projektet har været, at en løbende miljøvurdering skulle være en del af selve produktudviklingsprocessen, således at de enkelte råvarer blev miljøvurderet allerede i udviklingsfasen. Råvarerne skulle vælges ud fra både tekniske egenskaber og miljømæssige konsekvenser. De tekniske krav skulle have høj prioritet efter den første udvælgelse, men så vidt muligt skulle miljøhensyn indgå i hele produktudviklingsfasen for at sikre, at det alternative vegetabilskbaserede produkt blev så miljøvenligt så muligt.

Projektet er udarbejdet som en del af Miljøstyrelsens generelle rammeindsats for kemiske stoffer og materialer. Projektet er finansieret under Program for Renere Produkter.

Projektet er udført af Charlotte Pilemand, Birte Høgh og Eva Wallström (projektleder), alle EnPro ApS samt Pia Brunn Poulsen og Leif Hoffmann, begge dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ.

Til projektet har der været en styregruppe, der har afholdt 5 styregruppemøder. Gruppen bestod af:

Lise Emmy Møller	Miljøstyrelsen
Lisbet Heerfordt	Miljøstyrelsen
Jørgen Westerskov	Fyns Undervognscenter
Rasmus Andersen	Fyns Undervognscenter
Leif Hoffmann	dk-TEKNIK
Pia Brunn Poulsen	dk-TEKNIK
Eva Wallström	EnPro ApS
Birte Høgh	EnPro ApS
Charlotte Pilemand	EnPro ApS

August 2003

Sammenfatning og konklusioner

Der rustbeskyttes mellem 250.000 og 300.000 biler i Danmark om året. Det anslås, at der herved forbruges omkring 3 – 4 millioner liter rustbeskyttelsesprodukter, hvoraf hovedparten er mineraloliebaserede produkter. Da produkterne indeholder opløsningsmidler og andre svært nedbrydelige stoffer, udgør de en væsentlig belastning for miljøet.

Dette projekt er udført for at undersøge, om det er muligt at fremstille en alternativ rustbeskytter til bilers hulrum, der er baseret på vegetabiliske råvarer, og uden tilsætning af opløsningsmidler. Kravene til en alternativ rustbeskytter er, udover en forbedret miljøprofil, at den teknisk set ligner de traditionelle produkter. Det vil sige, at alternativet skal kunne leve op til de kravspecifikationer, der eksisterer for de traditionelle rustbeskyttere, samt det skal kunne anvendes på de eksisterende anlæg i undervognscentrene.

Et litteraturstudie blev gennemført for at kortlægge, hvilke råvarer der eventuelt kunne anvendes i et vegetabilisk alternativ, og der er foretaget en screening af udvalgte råvarers miljø- og sundhedsmæssige effekter med henblik på at udelukke eventuelle miljø- eller sundhedsfarlige råvarer.

Traditionelle mineraloliebaserede rustbeskyttere indeholder en basisolie samt voks, fedtstoffer og korrosionsinhibitorer. Inhibitorerne er oftest metalholdige sulfonerede petroleumsforbindelser. Basisolien i traditionelle rustbeskyttere indeholder mineralolie, der typisk består både af fraktioner, der fordamper efter påføring og fraktioner, der ikke fordamper. Udover selve mineralolien indeholder basisolien ofte et eller flere organiske opløsningsmidler. En vegetabiliskbaseret rustbeskytter skal overordnet bestå af de samme komponenter som den traditionelle, hvor råvarerne, så vidt det er muligt, er baseret på vegetabiliske råvarer i stedet for petrokemiske. Basisolien kan således være en vegetabilisk olie eller en modificeret vegetabilisk olie. Da vegetabiliske olier ikke fordamper og produktet ikke fortyndes med opløsningsmidler, kan et vegetabilisk alternativ ikke tørre ved fordampning. I stedet skal det tørre ved oxidativ tørring, som er en relativ langsom proces, der dog kan accelereres ved tilsætning af tørrelse (sikkativer).

En rustbeskytters vedhæftningsevne er en yderst vigtig egenskab, da produktet ikke vil have en tilstrækkelig rustbeskyttende effekt, hvis det ikke bliver hængende på den behandlede metaloverflade i en tilstrækkelig mængde. Hvis produktet løber af, og kun efterlader en meget tynd film, er det begrænset, hvor meget aktivt stof (korrosionsinhibitor), der vil være tilbage på overfladen. Produktet vil derfor ikke kunne yde tilstrækkelig beskyttelse, selvom det indeholder en virkelig effektiv korrosionsinhibitor. Produkter, der skal anvendes til behandling af hulrum, skal endvidere være så tilpas tynde i konsistensen, at de kan påføres ved sprøjtning. Derudover skal de have en god indtrængningsevne i små revner og spalter for at yde så optimal rustbeskyttelse som muligt.

I de opløsningsmiddelholdige traditionelle produkter kan der næsten altid opnås det nødvendige samspil mellem påføringsegenskaber, vedhæftning og indtrængning, idet der rimelig nemt kan justeres på produktet ved at ændre

mængden af opløsningsmiddel i basisolien. Produkterne er tynde ved påføring pga. tilstedeværelsen af opløsningsmidler og er derfor nemme at påføre, og de har tillige en god indtrængning i små spalter og revner. Opløsningsmidlerne fordampes forholdsvis hurtigt efter påføringen, og der dannes en film af rustbeskytter. Produktet bliver tykkere, når det tørrer, hvorved en god vedhæftning også opnås.

Hovedkonklusionen fra de mange udførte test er, at en vegetabilskbaseret basisformulering indeholdende voks, fedtstoffer og sikkativer ikke har tilstrækkelig vedhæftning hvad enten basisolien er baseret på rapsolie eller linolie. Produktet når simpelthen ikke at tørre og danne film, inden det glider af metaloverfladen. En bedre vedhæftning kan opnås ved at øge mængden af hhv. voks og/eller fedtstof, men det vil så resultere i en dårligere indtrængning og sprøjtbarhed, når der ikke fortyndes med fordampelige opløsningsmidler. Endvidere vil der også være en grænse for, hvor store mængder af de nævnte råvarer, der kan opløses i de vegetabiliske olier.

Et fuldt færdigudviklet og velfungerende alternativt produkt forelå ikke ved projektarbejdets afslutning, da der tilsyneladende altid vil være en konflikt mellem egenskaberne vedhæftning og indtrængning for den vegetabilskbaseret rustbeskytter med 100% tørstof. Egentlige test af alternativets evne til at rustbeskytte er derfor ikke blevet gennemført.

Der er udført nogle indledende screeningsforsøg af vegetabiliske alternativers evne til beskytte mod rust, hvor forskellige korrosionsinhibitorer er blevet testet i formuleringerne. Herunder også inhibitorer, der selv er i stand til at filmdanne. Konklusionen på forsøgene er, at der ikke kan opnås tilstrækkelig rustbeskyttelse med de pågældende formuleringer, hvilket kan skyldes to ting. Dels, at inhibitorerne i sig selv ikke giver tilstrækkelig rustbeskyttende effekt, og dels at filmtykkelsen af rustbeskytteren ikke er tilstrækkelig høj, pga. for dårlig vedhæftning. Svaret er sandsynligvis en kombination af de to nævnte muligheder. Forsøg gennem hele projektet har vist, at hvis der skal opnås en tilstrækkelig korrosionsbeskyttende effekt af en alternativ vegetabilskbaseret rustbeskytter, skal først og fremmest vedhæftningsegenskaberne være i orden.

Projektet viser, at det kan være en både tidskrævende og svær proces at skulle udvikle et mere miljøvenligt alternativ, der kan leve op til de eksakt samme kravspecifikationer, som der gælder for opløsningsmiddelbaserede produkter i samme produktgruppe. At skulle substituere ét opløsningsmiddel med et andet er en sag, men at skulle udvikle et produkt helt uden opløsningsmidler eller vand, der lever op til de samme krav som et opløsningsmiddelbaseret produkt er problematisk og i visse tilfælde svært opnåeligt.

Udover problemer med selve produktoptimeringen, der grundede i de alternative prøvers basale fysisk-kemiske egenskaber, var der gennem hele projektet også problemer med fremskaffelse af råvarer, hvilket ikke bare har vanskeliggjort fremstillingen af produktet, men også selve miljøscreeningen. Dels var det ofte uvist hvilke råvarer, det kunne forventes at modtage, dels var sikkerhedsdatabladene og øvrige miljørelaterede informationer ofte først tilgængelige ved modtagelsen af råvaren.

På trods af, at det ikke lykkedes at færdigudvikle en alternativ rustbeskytter blev en LCA-screening gennemført for at få en indikation af, om det fra et miljømæssigt synspunkt, overhovedet vil være fornuftigt at forsætte med en eventuel udvikling af en vegetabilskbaseret rustbeskytter. Der er opstillet to

modelformuleringer, hvis miljøprofil er blevet sammenlignet med miljøprofilen for en traditionel mineraloliebaseret rustbeskytter.

LCA-screeningen viser, at modelformuleringerne på mange områder (på nær forsurende og nærings盐belastning) har en bedre miljøprofil end den traditionelle rustbeskytter. Denne vurdering hviler på antagelsen af, at de to vegetabiliske alternativer giver lige så god rustbeskyttelse som det traditionelle mineraloliebaserede produkt, men ved projektets afslutning havde ingen af de fremstillede alternativer tilnærmelsesvis samme holdbarhed og rustbeskyttelsesevne som de traditionelle produkter.

Screeningsforsøg af produkternes evne til at rustbeskytte viste, at metaloverflader behandlet med vegetabiliske alternativer begynder at ruste indenfor få døgn efter neddykning i saltvandsopløsninger. Metaloverflader behandlet med en traditionel rustbeskytter har derimod en holdbarhed på flere måneder før de første tegn på rust viser sig.

For at der skal blive hold i observationerne fra LCA-screeningen, og for at et vegetabilisk alternativ reelt kan benyttes som rustbeskytter, er det essentielt, at produktets evne til at rustbeskytte øges kraftigt, blandt andet gennem en øget vedhæftning. Samtidig skal produktet stadig også kunne leve op til kravene vedrørende indtrængning.

Til sidst i projektet blev en mere traditionel inhibitor sporadisk testet i den alternative formulering. Inhibitoren var en sulfoneret petroleumforbindelse og formuleringen havde endvidere en øget voksmængde sammenlignet med de øvrige formuleringer testet i projektet. Formuleringen udviste god vedhæftning til metaloverflader og gav tilsyneladende en øget rustbeskyttelse, men sidstnævnte er det nødvendigt at undersøge nærmere. Ligesom produktets evne til at trænge ind i spalter og revner skal kortlægges, men formuleringen vil sandsynligvis ikke kunne klare kravene til indtrængning pga. den øgede voksmængde.

Det synes tvivlsomt om en vegetabiliskbaseret rustbeskytter kan fremstilles med tilfredsstillende egenskaber uden brug af organiske opløsningsmidler eller tilsætning af vand. Den mest sandsynlige måde at løse konflikterne mellem tilpas vedhæftning og gode påførings- og indtrængningsegenskaber, og samtidig opretholde en forbedret miljøprofil, er at forsøge at lave vandige emulsioner ud af de mest egnede vegetabiliske formuleringer.

Summary and conclusions

In Denmark, between 250,000 and 300,000 cars are anti-corrosion treated every year. An estimate is that approximately 3 to 4 million litres of anti-corrosion products are used for this purpose, most of them being mineral oil based. These products are harmful to the environment as they contain large amounts of solvents as well as persistent or slowly degradable components.

This project was undertaken to investigate the possibility of developing an alternative anti-corrosion product for car cavities based on vegetable raw materials and containing no solvents. An alternative anti-corrosion product needs to have an improved environmental profile compared to the conventional products, but at the same time it also needs to resemble them regarding the technical properties. This means that the alternative must fulfil exactly the same technical specifications as conventional anti-corrosion products. Furthermore, it should be usable on the equipment already applied in the anti-corrosion treatment centres.

A literature study has been made to clarify which raw materials could be used in a vegetable alternative, and a screening has been made on the environmental and health effects of selected raw materials in order to exclude the most harmful ones.

Traditional mineral oil based anti-corrosion products contain a basis oil, wax, fatty substances and corrosion inhibitors. These inhibitors are often metal containing sulfonated naphthalene based compounds. The basis oil contains mineral oil, which typically consists of both fractions that evaporate after application, and fractions that do not evaporate. It often also contains one or more volatile organic solvents. A vegetable based anti-corrosion product should basically be composed of the same components as the conventional products but if possible the raw material should be of vegetable origin instead of petrochemical. The basis oil can therefore probably be a vegetable oil or a modified vegetable oil. As vegetable oils are non-volatile, and as no solvents should be added, the alternative anti-corrosion product will not dry by evaporation. Instead it has to dry by oxidative drying, which is a relatively slow drying process. Adding driers can, though, accelerate the process.

The ability to adhere to metal surfaces is a very important property of anti-corrosion products. If an anti-corrosion product does not adhere well to the treated metal surface, it will run off and only leave a very thin film on the surface. The amount of active matter (corrosion inhibitors) present on the surface will therefore be very limited, and the product will not provide the required protection against corrosion, even though it contains a very efficient corrosion inhibitor. Products intended for use in cavities need, furthermore, to have a sufficiently low viscosity to be applied by spraying. They must also have a good penetration into small cracks and crevices to provide optimum corrosion protection.

In conventional anti-corrosion products it is almost always possible to obtain the necessary correlation between application, adhesion and penetration characteristics by adjusting the amount of solvent present in the basis oil. The

products are thin at application because of the solvents. They are therefore easy to apply and penetrate well into small cracks and crevices. The solvents evaporate relatively shortly after application and leave a film of corrosion protection. The product gets thicker as it dries and a good adhesion is thereby obtained.

Based on the testing performed within the project the main conclusion is that a vegetable based alternative containing wax, fatty substances and driers does not possess a sufficient ability to adhere to metal surfaces, no matter which vegetable oil it is based on. The product simply dries too slowly and runs off the metal surface before an adhering film is formed. A better adhesion can be obtained by increasing the amount of wax and/or fatty substance, but that will most likely result in a decreased penetration and spraying capacity, as the alternative is not diluted with volatile solvents. Moreover, the amounts of wax and fatty substances that can be dissolved in the vegetable oils will probably be limited.

A fully developed well-functioning alternative anti-corrosion product was not obtained within this project, as there seems always to be a conflict between the adhesion and penetration abilities of a vegetable based anti-corrosion product containing no solvent. No actual testing of the anti-corrosion effects of a vegetable based alternative has therefore been performed. A screening has, though, been made, testing different types of corrosion inhibitors in the vegetable basis formulation. Film forming corrosion inhibitors were included as well. The conclusion from the screening was that a sufficient anti-corrosion effect cannot be obtained with any of the tested inhibitors within the vegetable alternative. This can be due to several factors. One possibility is that the inhibitors do not provide the required anti-corrosion effect. Another possibility is that because of insufficient adhesion the film thickness of the remaining product on the surface is far too small. The answer is probably a combination of the two possibilities. Tests throughout the project have shown that a good adhesion is the first criterion that must be fulfilled to obtain a sufficient protection against corrosion by an anti-corrosion product.

This project shows that it is both time-consuming and very difficult to develop a more environmentally friendly alternative capable of fulfilling the same standards as requested for the solvent-based products. Substituting one solvent with another is one thing, but developing a product containing no solvents or water, which must fulfil the same technical requirements as a solvent based product is very difficult and in certain cases maybe impossible.

Beside the product development problems directly related to the basic physico-chemical characteristics of the alternative products, problems getting the samples of the required raw material were also experienced throughout the project. This has not only impeded the development process, but it also complicated the environmental screening. It was often uncertain, which raw materials would actually arrive, and, furthermore, the MSDS (Material Safety Data Sheets) and other environmental-related information were often not available until receipt of the raw material.

Even though the project did not result in a well-functioning alternative anti-corrosion product, an LCA-screening was undertaken in order to clarify whether it would be rational, from an environmental point of view, to continue the work to develop a vegetable based anti-corrosion product. Two

model formulations have been made, whose environmental profiles were compared to that of a conventional mineral oil based anti-corrosion product.

Based on the model formulations the LCA screening shows that the vegetable alternative in most areas (except acidification and eutrophication) has a better environmental profile than the conventional product. This estimate was obtained based on the assumption that the vegetable alternatives resemble the conventional product regarding the anti-corrosion effect in so far as their protection is as good and long lasting, but none of the alternatives could fulfil these criteria at the end of the project. A screening of the alternative anti-corrosion products' ability to protect against corrosion showed that metal surfaces treated with vegetable alternatives began to corrode within few days after immersion into a saltwater solution, whereas metal surfaces treated with a conventional anti-corrosion product were protected for several months before any signs of corrosion appeared.

In order to make the observations from the LCA screening valid and to make the vegetable alternative usable as an anti-corrosion product, it is essential to enhance the anti-corrosive effect of the product. This should primarily be done by enhancing the adhesion abilities of the product, securing at the same time that the product still fulfils the penetration requirements.

At the end of the project a more traditional inhibitor was therefore tested superficially in the alternative formulation. The inhibitor was a sulfonated naphthalene based compound. This alternative formulation did furthermore contain an increased amount of wax compared to the other alternative formulations tested in the project. The formulation containing the traditional inhibitor showed a good adhesion on metal surfaces and did apparently give a better protection against corrosion but the latter should be investigated more thoroughly. The ability of this formulation to penetrate cracks and crevices needs to be investigated as well, but it is expected that the formulation cannot fulfil the demands regarding penetration due to the increased amount of wax.

Even though a more promising formulation with regard to adhesion was obtained in the end of the project it does seem rather doubtful whether a vegetable anti-corrosion product can be developed with satisfying characteristics without using organic volatile solvents or adding water. The most likely way to solve the technical conflict between proper adhesion, good application abilities and good penetration and at the same time securing an improved environmental profile would be to try to develop water emulsion products based on the most promising of the tested vegetable formulations.

1 Introduktion

Materialers nedbrydning ved kemisk påvirkning fra omgivelserne kaldes korrosion. Rust er den specifikke form for korrosion, der sker, når jern eller jernholdige metaller reagerer med luftens ilt i fugtige omgivelser. Rustangrebne biler er et typisk og velkendt eksempel på denne form for korrosion.

Da Danmark på grund af de klimatiske forhold har meget korrosive vejmiljøer, anbefales danske bilejere at rustbeskytte deres biler med jævne mellemrum for at forlænge bilens levealder. Det er især den periodevise høje luftfugtighed kombineret med anvendelsen af vejsalt i vinterhalvåret, der har indflydelse på de rustangreb bilerne udsættes for. Rustangreb kan helt eller delvist forhindres ved at beskytte bilen med et passende rustbeskyttelsesprodukt, hvorved ilt og fugt hindres direkte adgang til de tilstedeværende jernholdige metaloverflader.

1.1 Traditionelle rustbeskyttelsesprodukter

De produkter, der findes på markedet i dag til rustbeskyttelse af bilers undervogne og hulrum, er enten mineraloliebaserede eller vandfortyndbare. De traditionelle mineraloliebaserede produkter er stadig langt de mest anvendte.

Produkterne har ofte et relativt højt indhold af aromatiske kulbrinter, der hovedsageligt stammer fra de korrosionsinhibitorer, der indgår i produkterne. De mineraloliebaserede produkter er typisk skadelige for det ydre miljø på grund af den begrænsede nedbrydelighed. Udledning til kloak, jord og vandmiljø bør derfor undgås. De betydelige mængder opløsningsmidler, som produkterne indeholder, er endvidere til gene for de personer, der anvender dem.

1.2 Rustbehandlingsprocessen

Når biler rustbeskyttes bliver de oftest både hulrumsbehandlet samt undervognsbehandlet. Produkter, der anvendes til behandling af hulrum, skal være så tilpas tynde i konsistensen, at de kan påføres ved sprøjtning. Derudover skal de have en god indtrængningsevne i små revner og spalter for at yde så optimal rustbeskyttelse som muligt. Produkter, der anvendes på selve undervognen, kan være mere tyktflydende, dels fordi påføring ikke er så vanskelig på undervognsfladen og dels fordi rustbeskyttelsen hermed kan blive mere slagfast og slidstærk. Arbejdsgangen ved en komplet behandling er i store træk som følger.

Først afmonteres bilens løsdeler som lygter, skærme og lignende og om nødvendigt afdækkes også dele af bilen. Undervognen højtryksspules med varmt vand for at fjerne vejsalt og andre urenheder. Bilen tørres, typisk over

en rist med varm luft, for at sikre, at overfladerne er helt fugtfri inden selve behandlingen påbegyndes. Bilen ses efter, og er der ikke gennemtæring eller andre defekter, fortsættes behandlingen.

Der påføres en lakbeskytter for at sikre, at lakken ikke tager skade af den påførte rustbeskytterⁱⁱⁱ. Først gennemføres hulrumsbehandlingen. En bils hulrum udgøres af vanger, paneler, klapper og døre. Der bores om nødvendigt huller (efter nøje specifikationer for de forskellige bilmærker) således, at rustbeskytteren kan blive tågesprøjtet ind i hulrummene op til vindueshøjde. Det anvendte produkt skal, som allerede nævnt, have gode indtrængningsevner samt være i stand til at sky vand. Efter hulrumsbehandlingen påføres rustbeskytteren på selve undervognen. Den mest typiske procedure er, at produktet påføres indtil det begynder at dryppe for at sikre, at der er påført en tilstrækkelig mængde^{1,2}.

På undervognen påføres der ofte efterfølgende et noget tykkere produkt, som har større slidstyrke og derved beskytter det inderste lag rustbeskytter. Til sidst kan særligt udsatte slidsteder som f.eks. panelkanter og hjulkasser påføres et kraftigere slidlagsprodukt med så høj viskositet, at det eventuelt må spartles på. Til sidst tilproppes eventuelle borehuller, og bilen vaskes og klargøres. Alle afmonterede dele påsættes igen^{1,2}.

1.3 Baggrund for projektet

Der findes et antal værksteder og undervognscentre i Danmark, der er i stand at behandle biler mod rust. Hvornår den første egentlige rustbehandling af en bil skal foretages afhænger af, hvor effektivt den fabriksnye bil har været beskyttet. Det kan variere fra 0 til 7 årⁱⁱⁱ. Som regel anbefales det at lade bilen behandle efter 3 til 4 år og herefter i intervaller af 2 til 3 år.

Der rustbeskyttes mellem 250.000 og 300.000 biler i Danmark om året. Der anvendes mellem 7 og 20 liter rustbeskyttelsesprodukt til at rustbehandle én bil afhængig af produktvalg samt den udførende persons ekspertise. Det anslås, at der herved forbruges omkring 3 – 4 millioner liter rustbeskyttelsesprodukter om året i Danmark, hvoraf hovedparten er mineraloliebaserede produkter. Da produkterne indeholder opløsningsmidler og andre svært nedbrydelige stoffer, udgør de en væsentlig belastning for miljøet.

Et mere miljørigtigt produkt kan enten tænkes at være vandfortyndbart og/eller baseret på vegetabiliske råvarer. Vegetabiliske råvarer er som regel lettere nedbrydelige end mineraloliebaserede råvarer. I det omfang det er muligt at fremstille en vegetabiliskbaseret rustbeskytter, kan man derfor forvente, at et sådant alternativ vil have en bedre miljøprofil. Da der allerede inden projektets start fandtes kommercielle vegetabiliskbaserede produkter som f.eks. rengøringsprodukter (afvaskere) samt smøre- og hydraulikolier til f.eks. traktorer og skovrydningsmaskiner var forventningerne på forhånd store til, at det kunne lade sig gøre at fremstille en vegetabiliskbaseret rustbeskytter.

2 Tekniske krav til rustbeskytteren

De tekniske krav til produkter, der anvendes til rustbeskyttelse af biler, er generelt veldefinerede. Kravene skal sikre, at de rustbeskyttere, der findes på markedet besidder tilstrækkelige vedhæftnings- og indtrængningsevner, samt at de har en tilstrækkelig korrosionsinhiberende effekt. Derudover skal kravspecifikationerne sikre, at rustbeskytteren ikke har nogen negativ indflydelse på de øvrige materialer på den behandlede bil, som f.eks. lakken.

De krav, som en rustbeskytter til bilers hulrum skal overholde, er angivet i standarden SS 18 65 11 – ”Korrosionsskyddsmedel för fordon – Hålrumsvätskor”. Kravene er summeret i tabel 2.1. Kravene kan reelt set deles op i fire hovedområder, som er: krav til den våde rustbeskytter, krav til rustbeskytterens filmegenskaber, krav til rustbeskytterens kompatibilitet med forskellige materialer samt krav til rustbeskytterens egentlige rustbeskyttende egenskaber.

2.1 Den våde rustbeskytter

Kravene til rustbeskytterens tekniske egenskaber i våd tilstand omhandler hovedsageligt egenskaber, der har indflydelse på rustbeskytterens indtrængningsevne såvel som påføringsegenskaber.

Produktets indtrængningsevne i smalle spalter er af væsentlig betydning for en rustbeskytter til hulrum. Bestemmelse af indtrængning i spalte sker ifølge standarden SS 18 60 23, hvor to planparallelle glasplader med en defineret kileformet spalte imellem sig anvendes som prøvecelle. Bestemmelsen udføres ved, at prøvecellen dyppes 10 mm ned i rustbeskytteren i et minut. Efter neddybningen opbevares prøvecellen i prøvebeholderen med lukket låg, men over prøvematerialets overflade. Indtrængningen i spalten vurderes efter 2 specificerede tidspunkter og ved 2 specificerede spaltebredder.

Produktets viskositet (flydeevne) har stor indflydelse på, hvor godt produktet trænger ind i smalle sprækker. Jo mere viskøs (jo tykkere) et produkt er, des mindre indtrængning må forventes. Produktets viskositet er endvidere væsentlig i forhold til selve påføringen. Jo tykkere det er, jo vanskeligere bliver det at tagesprøjte produktet. Viskositetsmålingerne udføres ifølge DIN 53019.

Udover viskositetsmålinger på udvalgte formuleringer er der i projektet udført enkelte indtrængningsforsøg delvist efter SS 18 60 23.

Derudover angiver SS 18 65 11, at produktets tørstofindhold også skal være kendt. Tørstofindholdet har betydning for, hvor meget våd rustbeskytter, der skal påføres for at opnå den ønskede filmtykkelse i tør tilstand. Desuden må rustbeskytterens flammepunkt ikke være under 30°C.

Tabel 2.1.

Sammenfatning af krav der stilles til rustbeskyttelsesprodukter til hulrum ifølge SS 18 65 11. Ri 0 og A9 er fra bedømmelsesskaler angivet i standarderne ISO4628/3 og ISO 8403.

Egenskaber	Krav der stilles i SS 18 65 11	Prøvningsmetode
Flammepunkt	Min. 30°C	ISO 2719
Vægtfylde (kg/m ³) ved 23°C		ISO 2811
Tørstof (% w/w)		ISO 3251
Viskositet (mPa·s) ved 23°C		DIN 53019
Indtrængning i spalte efter 1 time, spaltebredde 50 µm og spaltebredde 200 µm efter 24 timer, spaltebredde 50 µm og spaltebredde 200 µm	Minimum 20 mm Minimum 20 mm	SS 18 60 23
Filmvægt efter varmebehandling	Der må ikke dannes løbere eller ske forskydning af laget og maksimalt 20% vægttab	SS 18 60 16
Rustbeskytterens filmvægt (g/m ²) efter tørring i lukket rum		SS 18 60 20
Sprødhed i kulde (-20°C)	Ingen sprødhed	SS 18 60 12
Rustbeskytterens afvaskbarhed fra billak *	Skal være afvaskbar	SS 18 60 11
Rustbeskytterens indvirkning på billak*	Må ikke påvirke lakken	SS 18 60 11
Kombinerbarhed mellem 2 rustbeskyttere *	Der må ikke være synlig påvirkning som defekter, løbere el. lign.	SS 18 60 21
Indvirkning på aluminium og kobber	Der må ikke ske ætsning eller anden form for angreb	SS 18 60 13
Rustbeskyttelsesevne i spalte	Ri 0 (efter 2 cykler)	SS 18 60 24
Rustbeskyttelsesevne på åben flade Stålplade Forzinket stålplade	Ri 0 (efter 2 cykler) A9 (efter 2 cykler)	SS 18 60 26

* = Krav der stilles, hvis myndighed eller brugeren kræver dokumentation for egenskaben.

2.2 Produktets fil megenskaber

Filmegenskaberne er meget vigtige, idet de i høj grad har indvirkning på, hvor effektivt produktet egentlig kan rustbeskytte. Hvis produktet løber af og kun efterlader en meget tynd film, er det begrænset, hvor meget aktivt stof (korrosionsinhibitor), der vil være tilbage på overfladen. Produktet vil derfor ikke kunne yde tilpas beskyttelse, selvom der er tilsat en virkelig effektiv korrosionsinhibitor til rustbeskytteren. Produktets evne til at kunne vedhæfte er derfor en essentiel parameter at kunne kontrollere for at opnå en optimal rustbeskyttelse.

Der er vigtigt, at rustbeskytteren ikke påvirkes for meget af henholdsvis varme og kulde. Høj varme kan forårsage forringet vedhæftning, mens kulde eventuelt kan forårsage sprødhed i filmen. En sprød film er en svækket film, idet der eventuelt vil kunne trænge fugt ind under rustbeskyttelsen på grund af sprækker i filmen.

En rustbeskytters sprødhed i kulde bestemmes ifølge SS 18 60 12. Rustbeskytteren påføres (sprøjtes) på to prøveplader. Efter at de har tørret nedkøles de til -20°C og bøjes over en cylindrisk overflade ved denne temperatur. Det evalueres hvorvidt krakelering og dannelse af flager forekommer.

Hvorvidt en rustbeskytter udviser tilpas vedhæftning undersøges ved hjælp af SS 18 60 16, hvor rustbeskytteren påføres (sprøjtes) på en testplade indtil, der drypper rustbeskytter fra pladen. Efter tørring (i fjorten dage ved 23°C og 50% RH) opbevares pladen i én time ved 90°C for at undersøge om rustbeskytteren løber af. Vægttabet bestemmes ved at bestemme massen af rustbeskytteren lige inden og lige efter, at den opbevares ved 90°C .

Tilpas vedhæftning og tørring undersøges også efter standarden SS 18 60 20, hvor rustbeskytteren påføres (sprøjtes) på en nærmest vertikal prøveplade indtil der dannes løbere. Prøvepladen placeres i en lukket beholder med dårlig ventilation. Efter 7 døgn tages pladen ud af beholderen og får lov til at tørre i et døgn ved 23°C og 50% RH hængende i et lokale uden træk. Filmvægten og udseendet bedømmes herefter.

Kravspecifikationerne i SS 18 65 11 er tydeligvis tiltænkt rustbeskyttere, der primært tørrer ved fordampning, da testen tager udgangspunkt i, at der er en tilpas mængde rustbeskytter tilstede på den rustbeskyttede overflade, når prøvepladen udsættes for ekstreme temperaturer. Dette vil også typisk være tilfældet for produkter, der tørrer ved fordampning. Hvad angår de vegetabilskbaserede alternativer, så er det vigtigt, som supplement at bestemme det eventuelle vægttab, der kan opstå i perioden efter påføring, og til prøvepladerne kommer i ovnen. Dette skal gøres for at sikre, at der er tilstrækkelig med rustbeskyttende produkt tilbage på overfladen til, at det er relevant at teste produktet ved forhøjede temperaturer. De vegetabilskbaserede prøveprodukter udviste i de fleste tilfælde store vægttab pga. manglende tørring og vedhæftning, længe inden de blev udsat for forhøjede temperaturer.

Der er i projektet udført et stort antal af vedhæftningstest med mange forskellige formuleringer, dels efter de nævnte standarder, men der er også udført adskillige test, hvor vedhæftning ved stuetemperatur er blevet bedømt.

2.3 kompatibilitet med andre materialer

Kravspecifikationerne inden for dette område skal sikre, at rustbeskytteren ikke har nogen negativ indflydelse på bilens øvrige materialer. Flere af kravene behøver ikke blive dokumenteret, med mindre myndigheder eller brugeren forlanger det.

Et af de krav, der altid skal være dokumenteret, er hvorvidt rustbeskytteren indvirker på metallerne aluminium og kobber. Indvirkningen på disse metaller testes i henhold til standarden SS 18 60 13, hvor to plader af henholdsvis aluminium og kobber nedsænkes i rustbeskytteren og opbevares i 7 døgn ved 50°C . Efter rustbeskytteren igen er fjernet fra pladerne og disse er tilstrækkeligt rengjorte vurderes det, hvorvidt en eventuel ætsning af pladerne har fundet sted.

Der er udført enkelte test efter SS 18 60 13 med forskellige inhibitorer. De testede inhibitorer er ikke fuldt repræsentative for de inhibitorer, der er blevet benyttet i formuleringerne gennem projektet.

Derudover kan det også kræves, at det er eftervist, at rustbeskytteren kan fjernes fra billakken igen efter endt rustbeskyttelsesbehandling samt at produktet ikke har nogen indvirkning på lakken i den tid behandlingen varer. Rustbeskytteren må med andre ord ikke forårsage farveændringer, glanstab eller andre defekter i lakken. Da bilerne typisk påføres en lakbeskytter inden selve rustbehandlingen udføres, kan man ofte se bort fra disse kravspecifikationer.

Da biler som oftest er rustbeskyttet fra fabrikken kan det også være nyttigt at få påvist, at et givent produkt er kompatibelt med de(n) rustbeskytter(e), der er brugt oprindeligt. Rustbeskytteres kombinerbarhed testes ifølge SS 18 60 21. Det ene rustbeskyttelsesmiddel påføres (sprøjtes) på prøvepaneler. Prøven tørres og lagtykkelsen bestemmes. Prøven ældes herefter ved forhøjet temperatur. Efter ældningen påføres den anden rustbeskytter og prøven tørres. Mængden af materiale samt lagtykkelsen bestemmes. Eventuelle løbere og defekter i belægningen bedømmes.

Der er ikke udført nogen af de sidstnævnte kompatibilitetstest i dette projekt.

2.4 Produktets rustbeskyttelsesevne

Den sidste del af kravspecifikationerne omhandler selve kravet om, at produktet skal yde en tilstrækkelig rustbeskyttelse. Dette undersøges i henhold til standarderne SS 18 60 24 og SS 18 60 26. SS 18 60 24 svarer til SS 18 60 26, men omhandler produktets rustbeskyttelsesevne i spalter i stedet for på åbne overflader. Rustbeskytteren påføres (sprøjtes) på rensede prøveplader af 2 typer stål. Der skal bruges 3 prøveplader af hver type stål per rustbeskytter. Efter tørring i et lukket rum eksponeres prøvepladerne for en cyklus med salt-, fugt, og tørre- perioder. Denne cyklus udføres i et salttågekammer ifølge ISO 9227. Efter endt eksponering vurderes prøvepladerne med hensyn til graden af rustangreb. Bedømmelsen foretages ud fra standarderne ISO 4628/3 og ISO 8403.

Da det ikke har været muligt at færdigudvikle en alternativ vegetabilskbaseret rustbeskytter, er ovennævnte test ikke blevet gennemført, da de er meget omfattende og kostbare. I stedet er der blevet udført nogle indledende screeningstest af det alternative produkts evne til beskytte mod rust, hvor forskellige korrosionsinhibitorer er blevet testet i formuleringerne. Det typiske forløb har været, at prøverne er blevet påført på stålplader, hvorefter de har hængt evt. ligget en given periode, og derefter er de blevet neddyppet i saltvandsopløsninger. Det er herefter blevet bedømt, hvor hurtigt stålpladerne er blevet angrebet af rust.

3 Potentielle råvarer – basisrecept

Der er udført en omfattende søgning af patenter og anden litteratur, der omhandler rustbeskyttere til undervognsbehandling eller beslægtede formål (korrosionsbeskyttelse generelt). Litteratursøgningen skulle, dels klarlægge hvad traditionelle rustbeskyttere indeholder, og dels give inspiration til hvilke råvarer, der kunne tænkes anvendt i en alternativ vegetabilskbaseret rustbeskytter. Derudover blev det undersøgt, om der eksisterer patenter, der vedrører vegetabiliske produkter anvendt til rustbeskyttelse af bilers hulrum.

Det har ikke umiddelbart været muligt at fremskaffe fagbøger eller artikler fra den åbne litteratur vedrørende rustbeskyttende produkter til undervognsbehandling. Den eksisterende faglitteratur beskæftiger sig mere med korrosionsbegrebet generelt. Det meste information er derfor fremskaffet via søgning på Internettet. Som en del af litteraturundersøgelsen blev der endvidere gennemgået råvarekataloger samt fundet råvareinformationer på Internettet.

Fremskaffelse af prøver af råvarer viste sig hurtigt at blive en flaskehals i projektet. I mange tilfælde var der ekstremt lange ventetider på de bestilte råvarer og nogle prøver kom aldrig. Nogle leverandører har formodentlig ikke troet på produktet, eller de har måske ikke ønsket at levere råvarer til et konkurrerende produkt til de traditionelle rustbeskyttere. Generelt har mange leverandører nok vurderet en vegetabilskbaseret rustbeskytter som værende et nicheprodukt, som de på længere sigt ikke ville opnå den store indtjening på. Det er på trods af, at der alene i Danmark bruges 3 – 4 millioner liter traditionel rustbeskytter om året. Enkelte leverandører har været meget behjælpelige og ydet en stor indsats ved blandt andet at specielfremstille råvarer specifikt til testning i den alternative rustbeskytter.

3.1 Patentsøgning og litteraturstudie generelt

Det er meget sparsomt, hvad der findes af patenter inden for rustbeskyttende produkter specielt til undervognsbehandling. De få patenter, der specifikt vedrører rustbeskyttende olier, beskriver produkter, der indeholder polymerer eller prepolymerer^{iv,v}, og der fremkom ingen patenter, der direkte vedrører vegetabilskbaseret rustbeskyttelse til undervognsbehandling. De fleste fundne patenter indenfor området rustbeskyttelse/korrosion omhandler smøremidler, motorolier og gearolier med rustbeskyttende effekt samt diverse additiver til samme produkter. Hovedparten af patenterne omhandler mineraloliebaserede produkter. De øvrige omhandlede hovedsageligt vandfortyndbare produkter.

Sandsynligheden for, at der på nuværende tidspunkt kan foreligge patentansøgninger vedrørende vegetabiliske rustbeskyttere kan dog være rimelig stor, idet der generelt er stigende interesse for vegetabilskbaserede produkter. Samtidig skal det dog pointeres, at forsknings- og udviklingsarbejdet med vegetabilskbaserede smøre- og beskyttelsesmidler hidtil hovedsageligt har foregået indenfor hydraulikolier, motorolier og smøremidler.

Under patentsøgningen blev der, indenfor disse områder, fundet enkelte patenter, der beskæftigede sig med vegetabilskbaserede produkter, hvor specielt patentet, US 5348575^{vi}, var interessant.

Det omhandler et korrosionsprodukt til midlertidig beskyttelse af forarbejdede metaldele. Produktet består af en opløsning af en mineraloliebaseret voksblending med smeltepunkt omkring 60-70°C opløst i en eller flere vegetabiliske fedtsyre estre, hvor butyl stearat og butyl oleate er de fortrukne estre. Produktet indeholder 70-85% w/w af de vegetabiliske estre. Produktet indeholder derudover mindst et additiv, som kan være enten alkonolamid, en sulfonat eller en fosforsyre til at øge den korrosionsinhiberende effekt. Additiverne kan indeholde mineralolie, men det er angivet, at det totale indhold af mineralolie i korrosionsproduktet ikke må overstige 1.5% w/w⁶.

Selve produktet syntes i begyndelsen ikke relevant til undervognsbehandling, og slet ikke til hulrumsbehandling, da det er et "hot melt" produkt, der skal varmes op over voksens smeltepunkt, før metalstykkerne dyppes i produktet. Men produktets sammensætning forekom interessant og gav inspiration til de komponenter som alternative vegetabilskbaserede rustbeskyttere kunne tænkes at bestå af. F.eks. kunne der anvendes mindre voksmængder og/eller andre vokstyper, således at produktet bliver flydende ved stuetemperatur.

Da smøremidler grundlæggende er opbygget af de samme komponenter som rustbeskyttende olier, nemlig basisolie, fortykkere og additiver (herunder korrosionsinhibitorer)^{vii}, er denne produkttype også blevet anvendt som udgangspunkt ved råvarevalg. Forskellen mellem de to produkttyper fremkommer ved forskellighed i smøreevne, viskositet, vedhæftning og eventuelt korrosionsbeskyttende virkning. Smøremidler er væsentlig tykkere produkter end rustbeskyttelsesprodukter til biler.

3.2 Basiskomposition af rustbeskyttere

Traditionelle mineraloliebaserede rustbeskyttere indeholder udover basisolien (hovedsageligt mineralolie samt eventuelt opløsningsmidler) typisk en eller flere vokse og en korrosionsinhibitor. Inhibitoren er oftest en metalholdig sulfoneret petroleumsforbindelse. Produkterne kan derudover være tilsat forskellige additiver som f.eks. kan fortykke produktet eller fremme vedhæftningen^{viii,ix,x}.

Komponenterne i en traditionel rustbeskytter kan grundlæggende deles op i følgende komponenter^{8,9,10}:

- Basisolie
- Fedtstoffer/voks
- Korrosionsinhibitorer
- Andre additiver

Hvor andre additiver kan opdeles i⁷:

- Antioxidanter
- Viskositets justerende stoffer (fortykkere)
- Adhæsionsfremmere
- Befugtere

En vegetabilskbaseret rustbeskytter skal overordnet bestå af de samme komponenter som den traditionelle, hvor råvarerne, for så vidt det er muligt, er baseret på vegetabiliske råvarer i stedet for på mineraloliebaserede. Tabel 3.1 viser en typisk basis sammensætningen for en rustbeskytter til biler. Tabellen viser eksempler på hvilke komponenter, der anvendes i en traditionel rustbeskytter, samt eksempler på hvad der kan tænkes anvendt i et vegetabilskbaseret alternativ.

Tabel 3.1

Basis sammensætning af en rustbeskytter til rustbehandling af biler. Der er endvidere angivet omtrentlige mængder af de forskellige komponenter samt eksempler på råvarer, der kan tænkes at indgå i hhv. en traditionel og en alternativ rustbeskytter.

Basisrecept	Omtrentlige mængder (% w/w)	Eksempler på råvarer traditionel rustbeskytter	Eksempler på råvarer alternativ rustbeskytter
Basisolie	40- 80	Mineralolier Opløsningsmidler Syntetiske olier	Vegetabilsk olier Vegetabiliske estre Modificerede vegetabiliske olier
Fedtstoffer/vokse	0 –15	Lanolin produkter Paraffin PE-vokse	Vegetabiliske vokse Lanolin produkter Paraffin PE-vokse
Korrosionsinhibitor	1 – 15	Metalholdige petroleumssulfonater	Sorbitan estre Sucrose ester Sarcosinater Imadazoliner
Andre additiver	0 – 15	Fortykkere Befugtere Adhæsionsfremmere	Sikkativer Antioxidanter Fortykkere Befugtere Adhæsionsfremmere

3.2.1 Basisolie

Basisolier kan inddeles i mineralolier, vegetabiliske olier og syntetiske olier. Hvor sidst nævnte udover olier som f.eks. som polyalphaolifiner, polyalkylen glykoler, polysiloxaner og flourerede polyestre også dækker over vegetabiliske estre og modificerede olier som f.eks. epoxideret soja olie.

Basisolien i traditionelle rustbeskyttere indeholder typisk mineralolie. Mineralolier er forholdsvis højmolekylære kulbrintefraktioner fra råolie, som er flydende ved stuetemperatur. Mineralolien vil typisk bestå af fraktioner, der fordampes efter påføring og fraktioner, der ikke fordampes. Sidstnævnte danner selve rustbeskyttelsesfilmen. Udover selve mineralolien indeholder basisolien ofte et eller flere organiske opløsningsmidler (VOC). Typisk anvendes dearomatiseret mineralisk terpentin. Basisolien i en traditionel rustbeskytter vil derfor bestå af forskellige fraktioner udvundet fra råolie såsom mineralolie, der i sig selv indeholder fordampelige fraktioner,

dearomatiseret mineralsk terpentint og anden VOC. I denne rapport omtales basisolien i traditionelle rustbeskyttere slet og ret som mineralolie.

Basisolien i en vegetabilskbaseret korrosionsbeskytter kan tænkes at bestå af rene vegetabiliske olier eller en blanding af vegetabiliske olier og vegetabilskbaserede estere. Vegetabiliske olier er som oftest mere viskøse og mindre veldefinerede end vegetabiliske estere.

Da den alternative rustbeskytter ikke må indeholde opløsningsmidler, kan den ikke tørre ved fordampning som en traditionel rustbeskytter. En vis form for filmdannelse via oxidativ tørring kan formodentlig være ønskværdig for at øge produktets evne til at vedhæfte til metaloverflader. Det kan derfor være nødvendigt at anvende en vegetabilisk olie eller ester med et relativt højt indhold af umættede fedtsyrer. Jo flere umættede fedtsyreforbindelser der er tilstede i basisolien, jo bedre evne har den til at filmdanne og dermed tørre. Filmdannelse ved oxidativ tørring er en forholdsvis langsom proces, som dog kan accelereres ved tilsætning af sikkativer.

Af mulige vegetabiliske basisolier kan nævnes rapsolie, linolie, sojaolie eller tallolie. Hvoraf de tre sidstnævnte tørrer i større eller mindre grad ved oxidativ tørring ved kontakt med luftens ilt. Linolie er den mest tørrende af de nævnte olier. Den kan derfor umiddelbart synes at være det mest oplagte alternativ til basisolien, men linolieprodukter kan rynke ved for høj lagtykkelse og der kan desuden være risiko for selvantændelse ved brug af linolieholdige produkter. Som udgangspunkt blev det derfor foretrukket at anvende rapsolien, der dels produceres i Danmark i betydelige mængder og som dels ikke har problemer med selvantændelse. Rapsolien er en ikke-tørrende olie.

Modificerede olier som f.eks. blæste olier, stand olier, kogte olier og epoxiderede olier kan også tænkes at indgå i basisolien. De modificerede olier har typisk højere viskositet og øget tendens til filmdannelse end de almindelige vegetabiliske olier.

Det er hovedsageligt applikationsegenskaberne og dermed produktets viskositet samt produktets evne til at vedhæfte, der er afgørende for basisoliens sammensætningen. Alternativet skal som udgangspunkt ligne en traditionel rustbeskytter mest muligt. De traditionelle produkter har et tørstofindhold på omkring 50 vægt%, hvilket betyder, at omtrent halvdelen af det påførte produkt vil fordampe og forsvinde under tørringsprocessen efter påføringen. De mineraloliebaserede produkter har derfor den fordel, at der forholdsvis nemt kan opnås en tilpas lav viskositet, dvs. produktet kan gøres tilpas tyndt til, at påføringen kan foregå ved sprøjtning med en tryklufsprøjte. Tørstofindholdet i en vegetabilskbaseret rustbeskytter vil være derimod være omkring 100%, da vegetabiliske olier ikke fordamper og produktet ikke fortyndes med opløsningsmidler.

Da det forholdsvis tidligt i projektet blev konstateret, at olierne på trods af deres højere viskositet godt kunne sprøjtes med tryklufsprøjte, blev de væsentlig tyndere vegetabiliske estere ikke undersøgt nærmere. Fravalget skyldes især problemer med at få den alternative rustbeskytter til at vedhæfte på metaloverflader. Brug af vegetabiliske estere ville med sikkerhed gøre basisolien tyndere, hvilket ville forværre problemerne med vedhæftning. Estrene er derfor heller ikke blevet miljøscreenet.

Vedhæftningsproblemer betød endvidere, at modificerede olier, som standolie, kogt linolie og blæst rapsolie er forsøgt anvendt, dog uden at det kunne løse problemerne. De sidstnævnte er derfor heller ikke blevet screenet.

Vegetabiliske olier og estre er råvarer, der er forholdsvis nemme at få fat på. De modificerede olier er derimod ikke helt så tilgængelige. Såvel tørrende som ikke tørrende vegetabiliske olier er testet som basisolie i den alternative rustbeskytter. Det er hovedsageligt rapsolie og linolie, der er blevet anvendt.

3.2.2 Fedtstoffer og vokse

Rustbeskytteren skal typisk indeholde et eller flere fedtstoffer eller vokse. Tilsætning af fedtstoffer og vokse bevirker, at produkts evne til at sky vand forbedres og derved fremmes den korrosionshæmmende effekt af produktet. Fedtstoffer og især vokse vil også bidrage til øget vedhæftning af rustbeskytteren.

I traditionelle rustbeskyttere anvendes ofte fedtstoffer baseret på lanolin (fårefedt), som f.eks. bariumlanolat. En sådan råvare kan også indgå i et vegetabilskbaseret alternativ. Det er naturligvis at foretrække, hvis der kan findes et anvendeligt alternativ, der ikke er metalholdigt eller i det mindste ikke bariumholdigt.

Hvis der tilsættes voks i et traditionelt rustbeskyttelsesprodukt anvendes der formodentlig paraffin eller syntetisk PE voks (polyethylen voks). I en vegetabilsk rustbeskytter ville det være logisk først og fremmest at teste bivoks eller vegetabiliske vokse, men det lykkedes aldrig at fremskaffe sådanne vokse. Det er også tvivlsomt, hvorvidt denne type vokse vil kunne give produktet en tilstrækkelig vedhæftningsevne.

Derfor var det nødvendigt i stedet bruge paraffin eller PE voks i den alternative rustbeskytter. For at en voks kan anvendes i den alternative rustbeskytter, skal voksen dels være blandbar med vegetabiliske olier og dels have et tilpas højt smeltepunkt. PE vokse har den fordel, at de findes i mange forskellige varianter med forskellige egenskaber.

Voksprøverne var meget vanskelige at få fat i. Det var således nødvendigt at teste de få syntetiske voksprøver, som det var muligt at skaffe. Som udgangspunkt blev en ostevoks og en paraffinvoks testet, hvor paraffinvoksen viste sig mest anvendelig. Sent i projektet blev en PE mikrovoks modtaget, der har et forholdsvis højt smeltepunkt, og som er blandbar med vegetabiliske olier. Da projektet på dette tidspunkt var i sin afsluttende fase, er råvaren kun blevet testet meget overfladisk. Desuden er informationerne om den pågældende voks for sparsomme til, at den kunne miljøscreenes.

Tre forskellige lanolinprodukter er testet som vandskyende komponent i den alternative rustbeskytter.

3.2.3 Korrosionsinhibitorer

I traditionelle mineraloliebaserede rustbeskyttere anvendes der oftest metalholdige sulfonerede aromatiske kulbrinter som korrosion inhibitorer. De har gennem tiden erstattet sorbitan estre, især pga. prisen. I den alternative rustbeskytter var det derfor oplagt at prøve at anvende sorbitan estre (f.eks. sorbitan monooleate). Ud over gængse sorbitan estre blev følgende typer af inhibitorer testet i det alternative produkt: forskellige inhibitorer baseret på polymeriserede fedtsyrer herunder dimer syrer, sarcosinater, caprylsyre samt filmdannende sorbitan estre. Sidstnævnte blev specialfremstillet til dette projekt. Undervejs er der endvidere også testet et rustbeskyttende pigment.

En tilfredsstillende korrosionsbeskyttende effekt kunne ikke opnås med ovennævnte inhibitorer, hvorfor en mere traditionel inhibitor, et calcium dinonylnaphthalenesulfonat produkt, også blev sporadisk afprøvet lige før projektets afslutning. Miljøscreening af inhibitoren viste, at dennes miljøprofil ikke var markant dårligere end de fleste andre testede inhibitorers (Se kap. 4).

3.2.4 Sikkativer

Sikkativer accelererer den oxidative tørring og dermed filmdannelsen af tørrende vegetabiliske olier. De mest almindelig anvendte sikkativer som Co-, Mn-, Zr- og Ca-sikkativ er blevet tilsat formuleringer med såvel tørrende som ikke-tørrende olier.

Sikkativer indgår ikke i traditionelle rustbeskyttere, da disse tørrer ved fordampning af opløsningsmidler.

3.2.5 Antioxidanter

Når der skal anvendes umættede vegetabiliske olier eller estre som basisolie kan det være nødvendigt at tilsætte antioxidant for at bedre lagerstabiliteten af produktet, især hvis der anvendes sikkativer.

Som antioxidant nævnes i litteraturen tertær butyl hydroxy anisol, dibutyl hydroxy toluen samt vitamin E. Tilsætning af frie fedtsyrer skulle også kunne øge et vegetabiliskbaseret olieprodukts stabilitet mod oxidation^{xi}. Produktet blev ikke udviklet så langt, at det blev undersøgt, hvilke antioxidant, der eventuelt kan bruges i et vegetabilisk alternativ.

3.2.6 Andre additiver

Andre additiver, der kunne tænkes anvendt i en rustbeskytter, er viskositetsforbedrende stoffer (fortykkere), befugtere, der kan sikre, at produktet spredes nemmere på overfladen samt adhæsionsfremmere, der kan øge vedhæftningen. Fortykkere kan f.eks. være metal sæber eller urea forbindelser⁷. Mens f.eks. fosforsyre estre kan anvendes som adhæsionsfremmere og fosfat estre som befugtere^{xii}.

På grund af problemerne med at udvikle den grundlæggende alternative rustbeskytter har det ikke været muligt indenfor projektets rammer at teste andre additiver.

3.3 Udvalgelse af råvarer

Udvælgelsen af råvarer til formulering af den alternative rustbeskytter tog udgangspunkt i den viste basisrecept kombineret med miljøscreeningen, i det omfang denne kunne udføres. Det grundlæggende ved udvælgelsen er, at de råvarer, der skal indgå i en alternativ rustbeskytter, dels skal være blandbare med vegetabiliske olier, som er grundsubstansen i rustbeskytteren, og dels at de har en acceptabel miljøprofil.

De potentielle råvarer som blev fremskaffet/screenet på baggrund af den forudgående litteraturundersøgelse kan ses i tabel 4.2 i næste kapitel. Listen over potentielle råvarer er langt fra komplet. Dels var der bestilte råvarer, som aldrig kom, og dels er det begrænset, hvor mange råvarer, det overhovedet er muligt at teste indenfor en given projektperiode. Endvidere er det ikke alle råvarer, der optræder på listen, der er testet i formuleringen af den alternative rustbeskytter. Andre råvarer er kun testet i nogle enkelte formuleringer, hvorefter de er blevet forkastet som egnede råvarer. F.eks. pga. for dårlig blandbarhed med olien.

Udvælgelsen af råvarer skulle primært have foregået inden selve produktudviklingen, men som projektet skred frem, og der opstod problemer med formuleringen af produktet, blev det dog klart, at formulerings- og optimeringsprocessen var nødt til at blive kompromiser mellem produktets tekniske formåen og dets miljøprofil. Ligesom det måtte indses, at valget af råvarer og undersøgelsen af disse måtte blive en kontinuert proces gennem hele projektet. At råvarer er blevet udskiftet gennem hele projektet har vanskeliggjort den planlagte miljøscreening af råvarerne, da screeningen ofte baseres på råvarernes sikkerhedsdatablade og disse blev i mange tilfælde først tilgængelige ved selve modtagelsen af råvarerne. For at komme videre med produktudviklingen var testningen af råvarerne i formuleringen til tider nødsaget til at blive påbegyndt uden en forudgående screening, når råvarerne endelig ankom.

4 Miljø- og sundhedsscreening af potentielle råvarer

Med udgangspunkt i oversigten over alternative råvarer til rustbeskyttelsesmidler er der foretaget en screening af de miljø- og sundhedsmæssige effekter med henblik på at udelukke eventuelle miljø- eller sundhedsfarlige alternativer.

Miljø- og sundhedsscreeningen er foretaget på baggrund af umiddelbart tilgængelige data vedrørende miljø og sundhed. Dvs. oplysninger fra produkternes sikkerhedsdatablade, søgninger i listen over farlige stoffer^{xiii}, i Miljøstyrelsens liste til selvklassificering af farlige stoffer^{xiv}, den nordiske liste over forslag til klassifikation af miljøfarlighed (N-Class database)^{xv}, IARC^{xvi}, samt toksikologiske eller økotoksikologiske data fra forskellige databaser (HSDB^{xvii}, NTP^{xviii}, Ecotox^{xix}, Chemfate^{xx}, IRIS^{xxi}).

4.1 Anvendt screeningsmetode

Miljø- og sundhedsscreeningen er foretaget med udgangspunkt i UMIP's screeningsværktøjer^{xxii}, der består af en screening for sundhedsmæssige egenskaber og en screening for miljømæssige egenskaber. Begge metoder tager udgangspunkt i stoffernes klassificering eller tilsvarende toksiske/økotoksiske egenskaber.

Screeningen for **sundhedsmæssige egenskaber** består af en score for effekten af det kemiske stof, der multipliceres med en score for eksponeringen af stoffet. I dette projekt anvendes kun effektscoren, da eksponeringsscoren med rimelighed kan antages at være den samme uafhængig af alternativ. Der kan gives scoren 0, 1, 4 eller 8. Scoren 0 gives for velundersøgte stoffer uden klassificering og scoren 8 for stoffer med eksempelvis kræftfremkaldende egenskaber; se kriterier i Tabel 4.1.

Tabel 4.1
Kriterier for screening af kemiske stoffers sundhedsmæssige effekter²²

	Score 1	Score 4	Score 8
Generelle kriterier	Irriterende og sundhedsskadelige stoffer	Ætsende og giftige stoffer samt stoffer med allergiske effekter eller neurotoksiske effekter og stoffer med irreversible skadevirkninger	Stoffer med kræftfremkaldende, reproduktionsskadelige eller genotoksiske egenskaber samt meget giftige stoffer og stoffer der medfører alvorlige organskader
Akut toksicitet	Xn; R20-21-22	T; R23-24-25	Tx; R26-27-28
Irritation, ætsning	Xi; R36-37-38	C; R34-35-41	
Allergi		Xi; R43 eller optaget på mindst to af de anvendte lister i Thomsen, 1991 ¹	R42 eller angivet at være allergifremkaldende ved indånding i Thomsen, 1991 ¹ .
Irreversible skadevirkninger/ organskader (inkl. neurotoksicitet)		Xn; R40 eller R48 i kombination med R20-21-22 eller T; R39 i kombination med R23-24-25 eller R33	T; R48 i kombination med R23-24-25 eller Tx; R39 i kombination med R26-27-28
Genotoksicitet			T; R46 eller Xn; R46 eller R40
Kræftfremkaldende			T; R45 eller R49 eller Xn; R40 eller optaget på Arbejdstilsynets liste over kræftfremkaldende stoffer
Reproduktionstoksicitet eller misdannelser			T; R60 eller R61 eller Xn; R62 eller R63 eller R64

1. Thomsen KG (1991). Allergi- og overfølsomhedsfremkaldende stoffer i arbejdsmiljøet. AMI-rapport Nr. 33/1990. København: Arbejds miljøinstituttet.

Screening for **miljømæssige egenskaber** består af en score for eksponering, der multipliceres med en score for økotoksiciteten. Eksponeringsscoren er en kombination af en score for den forventede udledning og en score for stoffets nedbrydelighed og bioakkumulerbare egenskaber. I denne screening er der valgt at se bort fra scoren for den forventede udledning, da den med rimelighed kan antages at være identisk for alle alternativer.

Økotoksicitetscoren er beregnet som $A * E$, dvs. den akvatiske score (A) multipliceret med scoren for eksponering (E).

Eksponeringsscoren kan derfor være 1 eller 4. Scoren 4 gives for stoffer, der ikke er let nedbrydelige eller som er potentielt bioakkumulerbare (R53) og som **samtidig** har en høj toksicitet overfor fisk ($LC_{50} < 10$ mg/l). Alle andre stoffer tildeles den neutrale score 1.

Økotoksicitetscoren består af en score for akvatisk toksicitet og terrestrisk toksicitet. Det har ikke været muligt i screeningen at fremskaffe oplysninger om alternativernes terrestriske toksicitet, hvorfor denne del er udeladt af screeningen. Scoren for akvatisk toksicitet er 0, 1, 2 eller 4 afhængig af LC_{50} værdien for fisk for de angivne stoffer. Scoren 0 angiver en LC_{50} -værdi på > 100 mg/l. Scoren 4 angiver R50 eller en LC_{50} -værdi på under 1 mg/l.

4.2 Resultater af screeningen

I tabel 4.2 er der præsenteret en liste over råvarer, der kan indgå i vegetabilsk baserede rustbeskyttere.

Det har i mange tilfælde ikke været muligt at give alternativerne en score efter screeningsmetoden, da der har været mangel på eller utilstrækkelige data. Dette er angivet ved et spørgsmålstegn "?". Det er et valg i denne miljø- og sundhedsscreening ikke at angive en score for situationer, hvor der ikke er tilstrækkelige data eller hvis data ikke er veldokumenterede. Grunden til dette er, at screeningen i dette projekt bruges til at udelukke alternativer af miljø- eller sundhedsmæssige årsager. Det er således kun relevant at foretage en vurdering, når der foreligger data.

Produkterne er listet med systematisk navn, funktion samt beskrivelsen af indholdsstofferne i produktet. Herefter er scoren fra henholdsvis UMIP's screening for sundheds- og miljømæssige effekter angivet, samt eventuelle bemærkninger.

Til screeningen kan knyttes følgende bemærkninger:

- Hvis human eller økotox scoren kan angives ud fra de fundne oplysninger er dette angivet ved en værdi.
- "?" betyder, at det ikke har været muligt at give en score pga. manglende data.
- "-" betyder, at det ikke har været muligt at finde nogle oplysninger, der kan anvendes i vurderingen.
- Farverne lys grå, grå og mørk grå illustrerer resultatet af den miljø- og sundhedsmæssige screening. Alternativer markeret med **mørk grå** bør udelukkes fra afprøvning pga. resultaterne af den miljø- og sundhedsmæssige screening. Alternativer med lys grå får laveste score i screeningen og bør således afprøves som alternativer og indgå i en mere detaljeret miljøvurdering. Alternativer med **grå** har ifølge screeningen nogle miljø- og sundhedsmæssige effekter, og de bør undersøges nærmere.

Tabel 4.2
Miljø- og sundhedsvurdering af alternative indholdsstoffer i rustbeskyttere.

Systematisk navn	CAS nr.	Funktion	Miljøscreening		Bemærkninger til miljøscreening
			UMIP Hum.	UMIP Øko.	
Olie / fedtsyreester / selvemulgerende estre					
Rapsolie	8002-13-9 ?	Basisolie	0?	1 * 1?	Er formentlig let nedbrydelig
Sojaolie	8001-22-7 ? 8013-07-8 ?	Basisolie	0	0 * 1?	Er formentlig let nedbrydelig
Linolie	8001-26-1 ?	Basisolie	4	0? *1?	Givet scoren 4 pga. allergen. Har formentlig lav toksicitet/ let nedbrydelig
Methylaurat	111-82-0	Ester	0?	4 * 4	MSDS mangler
2-Ethylhexyllaurat	20292-08-4 ?	Ester	?	-	MSDS mangler
Isopropyllaurat	10233-13-3	Ester	0?	2 * 4	MSDS mangler
2-ethylhexylcocoate	??	Ester	?	?	MSDS mangler
Rapsmethylester	??	Ester	?	?	MSDS mangler
Ethylhexyloleat	??	Ester	?	?	MSDS mangler
Nonylstearat	28084-19-7 ?	Ester	?	?	MSDS mangler
Propylene glycol dicaprylate-caprate	??	Ester	?	?	MSDS mangler

Systematisk navn	CAS nr.	Funktion	Miljøscreening		Bemærkninger til miljøscreening
			UMIP Hum.	UMIP Øko.	
Glyceroldicaprylat-caprat	??	Ester	?	?	MSDS mangler
Polymeriseret fedtsyreester (ethoxylet)	??	Selvemulgerende ester	(1) ²	0 * 1	Eksponeringscore 1 pga. lav toksicitet, selvom ikke let nedbrydelig
Polymeriseret fedtsyreester (ethoxylet)	173832-45-6	Selvemulgerende ester	(1) ²	0 * 1	Eksponeringscore 1 pga. lav toksicitet, selvom ikke let nedbrydelig
Polymeriseret fedtsyreester	??	Selvemulgerende ester	(1) ²	0 * 1	Eksponeringscore 1 pga. lav toksicitet, selvom ikke let nedbrydelig
Polymeriseret fedtsyreester (ethoxylet)	??	Selvemulgerende ester	(1) ²	1 * 1	Eksponeringscore 1 pga. lav toksicitet, selvom ikke let nedbrydelig
Fedtstof/voks					
Alifatiske kulbrinter C _n H _{2n+2}	64742-51-4	Voks	0	0? * 1?	Har formentlig lav toksicitet/let nedbrydelig
Alifatiske kulbrinter C _n H _{2n+2} E 102, E 132, E 160B, E 180	??	Voks	0	0? * 1?	Har formentlig lav toksicitet/let nedbrydelig
Polyethylene wax (alifatisk voks)	9002-88-4	Voks	0	0 * ?	
Fårefedt, fedtsyrer fra uld/får	92045-10-8 ? 92045-11-9 ?	Fedt	-	-	MSDS mangler
Lanolin (fårefedt), kommercielt, anhydrit	8006-54-0 ? 68201-49-0 ?	Fedt	0	-	MSDS mangler
Fårefedt, fedtsyrer fra uld/får	??	Fedt	0	? * ?	
Korrosionsinhibitorer					
Ikke oplyst	??	KI			
Syntetisk, amorf silica calcium-ionbyttet	7631-86-9	KI	0	0 * 1	
Syntetisk, amorf silica calcium-ionbyttet	7631-86-9	KI	0	0 * 1	
Dimer syre (fedtsyre, C18 umættet, dimer)	61788-89-4	KI	0	0 * 1	Eksponeringscore 1 pga. lav toksicitet på trods af ikke let nedbrydeligt og potentiel bioakkumulerbar
Caprylsyre (fedtsyrebaseret)	124-07-2	KI	4	0 * 1	
Oleylsarcosinat (Natrium salt) / (Z-) - N-methyl-N-(1-oxo-9-octadecenyl)-glycine	110-25-8	KI	4	4 * 4	
Sorbitanester (sorbitan monooleate) / (Z) - sorbitan mono-9-octadecenoate	1338-43-8	KI	0	2? * 1	Vurderingen af den potentielle miljøeffekt er baseret på et enkelt forsøg
Sorbitanmonooleat	1333-68-2 (1338-43-8)	KI	0	2? * 1	MSDS mangler; se produkt med CAS nr. 1338-43-8
Calciumdinonylnaphthalen-sulfonat	ikke oplyst	KI	1	0 * 1	
Polyglycerol polyricinolat	68936-89-0	KI	0	0 * 1	
Glycerider, C16-18 og C18 umættede mono- og di-	68424-61-3	KI	0	0 * 1	

Systematisk navn	CAS nr.	Funktion	Miljøscreening		Bemærkninger til miljøscreening
			UMIP Hum.	UMIP Øko.	
(glycerolmonooleat)					
Polyethylene glycol, diester af castorolie fedtsyrer	61790-99-6	KI	0	0 * 1	
Sorbitanmonooleat	1333-68-2 (1338-43-8)	KI	0	2? * 1	MSDS mangler; se produkt med CAS nr. 1338-43-8
Sikkativer					
Cobaltbis(2-ethylhexanoat) (+ blanding af fedtsyrestre)	136-52-7 (67762-38-3)	Sikkativ	1(4,8)	0 * 1	
Cobaltbis(2-ethylhexanoat) (i naphtha)	136-52-7 (64742-48-9)	Sikkativ	1(4,8)	0 * 1	
Manganbis(2-ethylhexanoat) (+ blanding af fedtsyrestre)	13434-24-7 (67762-38-3)	Sikkativ	1	0 * 1	
Manganbis(2-ethylhexanoat) (+ 2-(2-ethoxyethoxy)ethanol (i naphtha)	13434-24-7 (111-90-0) (64742-48-9)	Sikkativ	1	0 * 1	
2-ethylhexanoat, zirconium salt	22464-99-9	Sikkativ	1	0 * 1	
2-ethylhexanoat, zirconium salt (i naphtha)	22464-99-9 (64742-48-9)	Sikkativ	1	0 * 1	
Antioxidanter					
DL-alpha-tocopherol	59-02-9 (10191-41-0)	Antioxidant	0?	0?	MSDS mangler; der er ikke fundet miljø- og sundhedsmæssige oplysninger
Andre additiver					
Glycerider, C8-18, mono- og diacetater	91845-20-4	Filmdanner	0	0 * 1	
Modificeret polyester non-ionisk overfladeaktivt stof indeholdende < 5% xylene	?? (1330-20-7) ¹	OAS	1	2 * 1	Vurderingen af denne råvare er baseret på indholdet af opløsningsmiddel
Aminederivat af kondenseret fedtsyre	??	OAS	1	0 * 1	
?	??	Dispergeringsmiddel	?	?	MSDS mangler
Modificeret, hydrogeneret Castor Oil	8001-78-3 (8001-79-4 ?)	Fortykkelsesmiddel	0	? * ?	

- Opløsningsmiddel (xylener).
 - Produkterne/stofferne skal angiveligt ikke mærkes for sundhedsfare, men sikkerhedsdatabladene indikerer, at de kan være irriterende.
- KI Korrosionsinhibitor.
OAS Overfladeaktivt stof.

Den indledende screening for sundhedsmæssige egenskaber af alternativerne viser (se tabel 4.2), at de fleste stoffer får scoren 0 (ingen klassificering) eller 1 (irriterende og sundhedsskadelige stoffer). Kun tre indholdsstoffer får scoren 4 (ætsende stoffer eller stoffer med allergiske effekter), mens ét stof (cobaltbis(2-ethylhexanoat)) får scoren 8 for at være potentielt kræftfremkaldende overfor mennesker.

Den indledende screening for miljømæssige egenskaber af alternativerne viser, at de vurderede stoffer overvejende får scoren 0 eller 1 for akvatisk toksicitet og 1 for hverken bioakkumulerende eller ikke-letnedbrydeligt. Enkelte stoffer er tildelt scoren 2 henholdsvis 4 for giftig til meget giftig overfor akvatiske organismer. Endvidere er tre stoffer givet scoren 4 for at være bioakkumulerende eller ikke-letnedbrydeligt.

4.3 Vurdering af resultaterne

For en lang række produkter er der hverken oplyst CAS-nummer eller leveret sikkerhedsdatablad, hvorfor disse stoffer ikke er vurderet. For en række af de øvrige stoffer er det ikke muligt at foretage en vurdering efter UMIP's screeningsmetode pga. manglende informationer. Det betyder således ikke nødvendigvis, at disse produkter er "godkendte" i screeningen.

På trods af de manglende informationer er det alligevel muligt at udelukke enkelte alternativer primært på grund af deres miljømæssige egenskaber. Det drejer sig om følgende produkter:

- Produkt nr. 20 (methyllaurat)
- Produkt nr. 22 (isopropyllaurat)

Nogle produkter opnår den lavest mulige score i screeningen (Hum: 0 og Øko: 0 * 1) og bør derfor afprøves som alternativer.

Resultaterne af miljø- og sundhedsscreeningen er vurderet for de enkelte funktionelle grupper. Sammenligningen er primært foretaget på det aktive stof, men i de tilfælde, hvor f.eks. opløsningsmidler indgår i råvarerne i betydelig mængde er disse ligeledes kommenteret.

4.3.1 Olie / Fedtsyrestre / Selvemulgerende estre

Basisolier omfatter i princippet vegetabiliske olier, fedtsyrestre og selvemulgerende estre. I den praktiske test er udelukkende vegetabiliske olier undersøgt, hvorfor vurderingen hovedsageligt omhandler disse olier.

Der er generelt kun fundet få oplysninger om de vegetabiliske olier. De vegetabiliske olier udviser generelt lav toksicitet, om end der er fundet oplysninger, der indikerer, at linolie kan give anledning til allergiske reaktioner. De vegetabiliske olier formodes at være letnedbrydelige og ikke bioakkumulerbare.

De selvemulgerende estre er polymeriserede fedtsyrestre, som eventuelt er ethoxylerede. Der er ikke fundet supplerende oplysninger om disse stoffer, men de er alle ikke-klassificerede, om end de oplyses at være irriterende. Et enkelt af stofferne er skadeligt for vandlevende organismer.

4.3.2 Fedtstof/voks

Gruppen af fedtstoffer omfatter mineraloliebaserede stoffer (paraffinvoks og polyethylenvoks), ostevoks og fårefedt (lanolin etc.). Der er generelt få oplysninger om de pågældende stoffer. For de mineraloliebaserede produkter er der ingen eller ringe sundhedsskadelige effekter. Der foreligger ingen oplysninger om skæbne og effekter af de pågældende stoffer i det ydre miljø, men som polymerer kan det ikke udelukkes, at stofferne er ikke-letnedbrydelige.

Der foreligger ingen oplysninger om de fårefedt-baserede produkter, men de miljø- og sundhedsskadelige effekter af disse stoffer vurderes at være begrænset. Det kan dog ikke udelukkes, at stofferne er ikke-letnedbrydelige.

4.3.3 Korrosionsinhibitorer

Gruppen af korrosionsinhibitorer omfatter en lang række stoffer f.eks. sorbitanestre, oleylsarcosinat, metalalkylsulfonater, siliciumpolymerer (ionbyttede) og fedtsyrer. Vurderingen af stofferne er primært baseret på oplysninger fra sikkerhedsdatablade, da der for mange af stofferne ikke er fundet yderligere oplysninger i de anvendte databaser.

To stoffer giver anledning til risiko for ætsning (R34; caprylsyre) henholdsvis risiko for varig øjenskade (R41; oleylsarcosinat) og får dermed en score på fire i det anvendte screeningssystem. Ét stof giver anledning til risiko for irritation af hud og øjne (R36-38; calciumdiphenylnaphthalensulfonat) og får dermed en score 1. De øvrige korrosionsinhibitorer skal angiveligt ikke mærkes for sundhedsskadelige effekter.

Ét stof er klassificeret som meget giftigt for vandlevende organismer og uønskede langtidsvirkninger i vandmiljøet (R50/53; oleylsarcosinat) og giver derved anledning til en score på 4 og 4 for henholdsvis effekter og eksponering. Tre af de øvrige korrosionsinhibitorer (alle baseret på sorbitanmonooleat) er giftigt for organismer, der lever i vand, hvorfor det giver anledning til en score på 2 for effekter. De øvrige stoffer skal angiveligt ikke klassificeres som følge af effekter i miljøet.

Ud fra de tilgængelige informationer bør caprylsyre og oleylsarcocinat undgås i formulering af alternative rustbeskyttere, mens produkterne baseret på sorbitanmonooleat bør vurderes nærmere.

4.3.4 Sikkativer

Sikkativerne omfatter cobalt-, mangan- og zirconiumsalte af 2-ethylhexanonsyre i henholdsvis naphtha (mineralsk terpentin) og en blanding af fedtsyrestre. Der er kun fundet supplerende oplysninger om cobaltforbindelsen, mens de øvrige forbindelser er vurderet på grundlag af sikkerhedsdatablade. For alle sikkativerne gælder, at de i sikkerhedsdatabladet er mærket Xi, R38 (Lokalirriterende, Irriterer huden). Der foreligger en mere detaljeret vurdering af cobaltforbindelser, som indikerer, at cobaltsalte er let genotoksiske og tilstrækkelig evidens for at cobalt og cobaltforbindelser er kræftfremkaldende i dyr, men utilstrækkeligt datagrundlag til at vurdere kræftsisikoen for mennesker^{xviii}. Cobalt og cobaltforbindelser er af IARC¹⁶ klassificeret som gruppe 2B (potentielt kræftfremkaldende overfor mennesker).

Manganforbindelser er giftige, og giftigheden afhænger af anionen. Mn^{2+} er generelt mere giftig end Mn^{3+} . Klassificeringen af mangansalte varierer fra Farlig ved indånding og ved indtagelse (R20/22; mangan(IV)dioxid) til Farlig; alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding og indtagelse (R48/20/22; mangan(II)sulfat).

Den akutte giftighed af zirconiumsalte er lav, ligesom zirconium og zirconiumforbindelser har en lav systemisk giftighed. Visse zirconiumforbindelser kan give anledning til irritation eller ætsninger.

Sikkativerne forekommer enten i mineralsk terpentin, som skal mærkes Xn; R65 (Sundhedsskadelig, Farlig; kan give lungeskade ved indtagelse), eller i en blanding af fedtsyrestre, som ifølge sikkerhedsdatabladene ikke skal mærkes.

Der foreligger ikke oplysninger om skæbne og effekter af sikkativerne i det ydre miljø.

På det foreliggende grundlag vil mangan- og zirconiumsalte være at foretrække frem for cobaltforbindelser og opløst i fedtsyrestre frem for mineralsk terpentin.

4.3.5 Antioxidanter

Som antioxidant er vitamin E (f.eks. DL-alpha-tocopherol) identificeret. Vitamin E indgår i det humane stofskifte, hvor det har en række effekter bl.a. reduktion af effekten af visse skadelige stoffer. Det daglige behov er 10-20 mg vitamin E. Sundhedsskadelige effekter er ikke set ved normal dosering, men kvalme og diarré er ligesom forhøjet blodtryk set ved overdosering.

Der foreligger ikke oplysninger om skæbne og effekter af vitamin E i det ydre miljø.

4.3.6 Andre additiver

Denne gruppe omfatter dispergeringsmidler, filmdannere, fortykkelsesmidler og overfladeaktive stoffer. Et af stofferne (non-ionisk overfladeaktivt stof baseret på modificeret polyester) er opløst i xylener, som er klassificeret som farlig ved indånding og kontakt (R20/21) og hudirriterende (R38), hvorved det er givet en score 1 for sundhedseffekter. Xylener er ligeledes giftigt for vandlevende organismer, hvorved det er givet scoren 2 for akvatisk toksicitet. Der er ikke fundet oplysninger om det aktive stof, idet hverken det præcise navn eller CAS-nummer er oplyst.

Filmdanneren (glycerider, C8-18, mono- og diacetater) skal angiveligt ikke klassificeres som farligt. Der er ikke fundet yderligere oplysninger om stoffet. Det overfladeaktive stof aminderivat af kondenseret fedtsyre er klassificeret som hudirriterende (R38), hvorved det tildeles scoren 1 for sundhedseffekter. Der er ikke fundet yderligere oplysninger om stoffet.

5 Formulering af rustbeskytter

Formuleringen af den alternative rustbeskytter tog udgangspunkt i den basisrecept, der var fremkommet ved den indledende litteraturundersøgelse kombineret med den information om råvarerne, der var fremkommet ved miljøscreeningen. Kendskabet til traditionelle rustbeskyttere og disses kravspecifikationer blev ligeledes taget i betragtning.

Den oprindelige plan for produktudviklingen af det alternative produkt var først og fremmest at finde en sammensætning af basisolie, fedtstoffer og voks, der havde sammenlignelig viskositet med traditionelle rustbeskyttelsesprodukter anvendt til bilers hulrum. Kunne et alternativ fremstilles, således at dens viskositet var sammenlignelig med de traditionelle mineraloliebaserede rustbeskytteres, kunne en vis lighed også forventes mht. påføringsegenskaber såvel som indtrængningsevner.

Efter at en vegetabilskbaseret basisformulering med passende reologiske egenskaber var fremstillet skulle produktet så trinvis optimeres, så det kunne leve op til de forskellige krav angivet i SS 18 65 11 (Se kapitel 2). Næste trin var derfor at checke de fremstillede produktformuleringers vedhæftnings- og indtrængningsevner. Om nødvendigt skulle formuleringens indhold herefter justeres og optimeres, og vedhæftning og indtrængning skulle så undersøges igen. Herefter skulle de forskellige inhibitorer afprøves i formuleringen. Det var tiltænkt, at nogle enkelte screeningsforsøg skulle udføres for at udvælge den eller de mest egnede inhibitorer. Herefter skulle den optimale inhibitor koncentration fastlægges, igen ved nogle screeningsforsøg. Endelig skulle produktet justeres igen for at få den korrekte viskositet, vedhæftning og indtrængningsevne efter tilsætning af den valgte korrosionsinhibitor. Til sidst skulle rustbeskytterens kompatibilitet med andre rustbeskyttere samt materialer undersøges, ligesom den egentlige korrosionsbeskyttende effekt skulle fastslås i henhold til SS 18 65 11.

Desværre viste det sig, at produktudviklingen af et vegetabilskbaseret alternativ ikke var så lige til, hvorfor ovennævnte plan aldrig kom til at træde i funktion. En passende basisformulering af olie, voks og færefedt kunne forholdsvis hurtigt fremstilles med en formodet passende reologi således, at den kunne sprøjtes med en tryklufsprøjte ved et tryk på ca. 4 bar. Herefter blev vedhæftningsforsøg udført, og det blev hurtigt klart, at der var problemer med vedhæftningen til metaloverfladen for alternativer baseret på vegetabilske olier.

En rustbeskytters vedhæftningsevne er en yderst vigtig egenskab, da produktet ikke vil have en tilstrækkelig rustbeskyttende effekt, hvis det ikke bliver hængende på den behandlede metaloverflade i en tilpas mængde. I stedet for at kunne optimere formuleringen trinvis med hensyn til rustbeskytterens forskellige egenskaber, så kom vedhæftningsproblematikken til at lægge beslag på det meste af den tid, der var sat af til formuleringsarbejdet. De øvrige test af det alternative produkt blev derfor af mere sporadisk karakter. En egentlig optimering af produktet i henhold til SS 18 65 11 var ikke mulig at gennemføre indenfor projektets rammer.

Jo længere projektet forløb, jo mere indlysende blev det, at der i en vegetabilskbaseret rustbeskytter med 100% tørstof, der tørrer ved oxidativ tørring, altid vil være en konflikt mellem egenskaberne vedhæftning og indtrængning. Begge egenskaber er yderst basale for en rustbeskytter til hulrum. Hvis produktet blev fremstillet, så det havde tilpas vedhæftning, så forringedes dens indtrængningsevne og vice versa.

De traditionelle mineraloliebaserede rustbeskyttere er væsentlig nemmere at justere mht. disse egenskaber, da muligheden for at gøre produktet tyndere ved tilsætning af opløsningsmidler foreligger. Der kan herved opnås en tilpas lav viskositet, der giver produkterne en god sprøjtbarhed og indtrængningsevne lige efter påføringen. Opløsningsmidlerne fordamper forholdsvis hurtigt efter påføringen, hvorfor produktet bliver tykkere og der opstår ikke de samme vedhæftningsproblemer for den traditionelle type rustbeskytter som for det vegetabilske alternativ.

De opnåede testresultater for forskellige udvalgte formuleringer er beskrevet i dette kapitel. De angivne procentindhold i formuleringerne er vægtprocenter. Ud fra de opnåede resultater i formuleringsarbejdet var det tydeligt, at det ikke kunne betale sig at teste formuleringerne mht. kompatibilitet og korrosionsbeskyttende effekt i henhold til SS 18 65 11, idet formuleringerne ikke var færdigudviklede. Det var således heller ikke muligt at fremstille prøvebatches til test i pilotskala.

På baggrund af de opnåede resultater med de testede råvarer er det alligevel forsøgt at opstille to modelformuleringer, som kunne anvendes til LCA-screeningen. Formuleringerne indeholder to af de meste lovende korrosionsinhibitorer. LCA-screeningen blev gennemført, på trods af, at det ikke lykkedes at færdigudvikle et alternativ, for at få en indikation af, om det fra et miljømæssigt synspunkt, overhovedet vil være fornuftigt at forsætte med at udvikle en vegetabilskbaseret rustbeskytter.

5.1 Testresultater

5.1.1 Viskositet

Det alternative produkt skal dels kunne påføres med eksisterende udstyr og dels er det vigtig, at produktet ikke løber af metaloverfladen efter påføring. Heller ikke ved øgede temperaturer. Det er endvidere yderst vigtigt, at rustbeskytteren besidder en tilstrækkelig evne til at trænge ind i revner og spalter, således at det giver en tilpas beskyttelse ved brug i hulrum. Første trin af produktudviklingen var derfor at finde en passende sammensætning af basisolie, fedtstof og voks, der havde en så sammenlignelig viskositet med traditionelle rustbeskyttelsesprodukter som muligt. De første formuleringer blev lavet uden tilsætning af korrosionsinhibitorer, da filosofien var, at der først skulle fremstilles en basis formulering af det alternative produkt, som de forskellige typer korrosionsinhibitorer herefter kunne testes i.

For at kunne fremstille alternativer, der har sammenlignelig viskositet med de traditionelle produkter, var det nødvendigt først at karakterisere traditionelle rustbeskyttelsesprodukter med hensyn til viskositet. Fyns Undervognscenter har leveret et kommercielt og velfungerende mineraloliebaseret produkt, der er blevet brugt som reference i de forskellige test.

5.1.1.1 Viskositetsbestemmelser på basisformuleringer

Traditionelle mineraloliebaserede produkter har, som allerede nævnt, typisk et tørstofindhold på ca. 50%, mens de vegetabiliske produkter vil have et tørstofindhold på ca. 100%. På trods af det skal det vegetabiliske produkt have tilsvarende påføringssegenskaber, og dermed viskositet som de traditionelle produkter, for at kunne anvendes i de eksisterende anlæg i undervognscentrene.

Viskositeten er målt med et Bohlin Reometer, og er bestemt ved forskellige forskydningshastigheder fra 0.7 s^{-1} til 700 s^{-1} . Det kommercielle produkt er forskydningsfortyndende. Det vil sige, at produktets viskositet falder ved høj forskydningshastighed (shear rate), for derefter at stige igen til næsten den oprindelige værdi, når der måles ved lav forskydningshastighed igen. Dette er en fordel, når produktet skal sprøjtes, eftersom det vil blive tyndere pga. det øgede tryk i sprøjtepistolen. Produktet vil dermed dels være nemmere at påføre og dels give øget indtrængning. Når trykket ikke længere er påført prøven vil dens viskositet stige og dermed vil evnen til at vedhæfte øges.

Der er lavet formuleringer til bestemmelse af viskositet med de tre vegetabiliske olier: rapsolie, sojaolie og linolie. Der er tilsat voks til olierne for at øge formuleringernes evne til at vedhæfte på metaloverflader. Der er lavet et antal formuleringer med to forskellige vokse, hhv. paraffinvoks og ostevoks. Begge vokstyper består af alifatiske kulbrinter. Alle tre vegetabiliske olier er tilsat de to vokse i varierende mængde fra 3 til 14%. Ostevoksen har en mere elastisk struktur end paraffinvoksen. De reologiske egenskaber af tre forskellige lanolinprodukter i rapsolie er også blevet undersøgt.

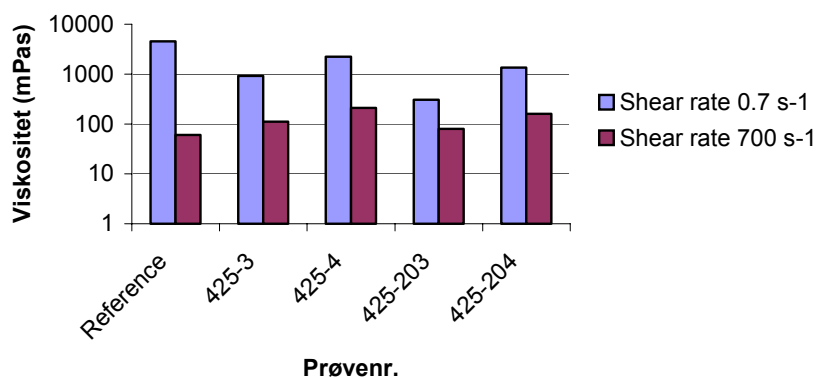
I tabel 5.1 og 5.2 er viskositeten for forskellige formuleringer angivet ved forskellige forskydningshastigheder. Jo højere forskydningshastighed desto større påvirkning af prøven. Viskositeten for referenceproduktet er angivet til sammenligning.

I starten blev der udelukkende fokuseret på, hvorvidt det alternative produkt havde en viskositet som gjorde, at den kunne anvendes i de eksisterende påføringsanlæg i undervognscentrene. Udgangspunktet, for formuleringen af basisolien, var derfor, at viskositeten ved den høje forskydningshastighed skulle være sammenlignelige med referenceproduktets. Der blev gjort mindre ud af, hvorvidt de alternative formuleringer var lige så forskydningsfortyndende som referenceproduktet, hvilket senere hen har vist sig at være mindst lige så vigtigt.

I figur 5.1 ses, at sojaolie med 12% ostevoks (425-3) samt linolie med 6% paraffin (425-203) har den mest sammenlignelige viskositet med referenceproduktet ved den høje forskydningshastighed af de fire formuleringer angivet i tabel 5.1.

Tabel 5.1
 Viskositeten for sojaoliebaserede formuleringer (425-3;425-4) og linoliebaserede formuleringer (425-203; 425-204). Værdierne ved den højeste forskydningshastighed (shear rate) er mærket af, da der i den indledende fase blev lagt vægt på at viskositeten var sammenlignelig med Referenceproduktet ved denne forskydningshastighed.

	Indhold (%)				
	Reference-produkt	425-3	425-4	425-203	425-204
Paraffin			3	6	
Ostevoks		12			9
shear rate (s ⁻¹)	Viskositet (mPas)				
0,7	4528	923	2233	306	1354
7	629	248	624	127	327
70	145	137	272	86	206
700	60	111	211	79	160
70	110	116	226	77	175
7	531	180	355	136	237
0,7	3395	762	1422	434	642



figur 5.1
 Sammenligning af viskositet ved hhv. høj og lav forskydningshastighed (shear rate) mellem referenceproduktet og de sojaoliebaserede og linoliebaserede prøver. Bemærk y-aksen er logaritmisk.

Som det kan ses i tabel 5.2 er rapsolie med 5% lanolinprodukt (formulering 425-109 og 425-110) newtonske, og de har en sammenlignelig viskositet med referenceproduktet ved den høje forskydningshastighed. Newtonsk betyder, at viskositeten er den samme ved alle forskydningshastigheder. "Rene" vegetabiliske olier er også Newtonske.

Formulering 425-111 har sammenlignelig viskositet med referenceproduktet ved den høje forskydningshastighed og er samtidig en anelse forskydningsfortyndende. Lanolinproduktet, der er anvendt i denne formulering, synes derfor at være den mest anvendelig af de tre undersøgte lanolinprodukter.

Rapsolieformuleringerne med ostevoks (425-103 og 425-104) har en væsentlig højere viskositet end referenceproduktet ved den høje forskydningshastighed. Derfor blev ostevoksen fravalgt ud fra den betragtning, at den gør produktet mindre sprøjtbart end de øvrige rapsolieformuleringer. Ostevoksen synes dog at kunne gøre formuleringen mere forskydningsfortyndende, hvilket kan være en fordel.

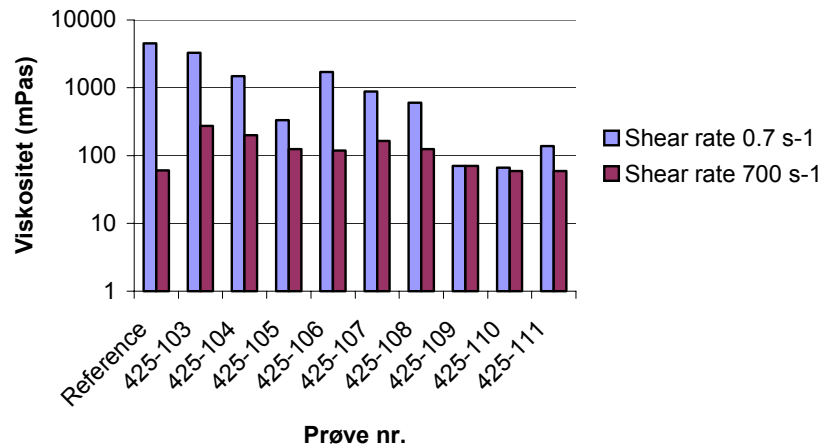
Formuleringerne med paraffin (425-105 til 425-108) viste, at formuleringer med ca. 3% paraffin havde den mest sammenlignelige viskositet med referenceproduktet ved den høje forskydningshastighed (prøve 425-106 og 425-108).

Ud fra ovennævnte blev det antaget, at rapsolieformuleringer med paraffin og lanolinprodukt i de nævnte koncentrationer (3% og 5%) formodentlig ville have en konsistent der tillod, at de kunne påføres med trykluftesprøjte. Denne basisformulering blev derfor udgangspunktet for de efterfølgende forsøg og prøvefremstillinger. Ved at øge eller mindske på voks og/eller lanolinindholdet kan viskositeten af prøverne enten øges eller sænkes. Det blev valgt at fortsætte med både rapsolie og linolie som basisolier. Desværre foreligger der ingen indledende viskositetsmålinger på formuleringer, der indeholder både paraffin og lanolin.

Tabel 5.2

Viskositet for forskellige rapsoliebaserede formuleringer. 425-103 og 425-104 indeholder ostevoks. 425-105 til 425-108 indeholder mellem 3 og 6% paraffin, mens de sidste tre formuleringer, 425-109, 425-110 og 425-111 indeholder ca. 5% lanolinprodukt (fårefedt). Formuleringerne er tilsat tre forskellige lanolinprodukter.

shear rate (s ⁻¹)	Viskositet (mPas)									
	Reference-produkt	425-103	425-104	425-105	425-106	425-107	425-108	425-109	425-110	425-111
0,7	4528	3282	1486	334	1713	877	601	70	66	138
7	629	746	423	159	489	410	345	70	61	78
70	145	367	235	130	231	283	231	70	59	62
700	60	275	200	125	118	165	125	70	59	59
70	110	337	222	124	118	171	123	70	59	61
7	531	648	360	148	130	228	157	70	60	71
0,7	3395	2832	1228	309	135	612	370	70	64	119



Figur 5.2
Sammenligning af viskositeten af rapsolieprøverne med referenceproduktet ved to forskellige forskydningshastigheder (shear rates). Bemærk y-aksen er logaritmisk.

De fleste af de vegetabiliske formuleringer, der er målt viskositet på, er forskydningsfortyndende, men ikke i så udpræget grad som referenceproduktet.

Efter en passende sammensætning af voks, fedtstof og basisolie (enten rapsolie eller linolie) var fundet, skulle det undersøges, hvorvidt disse prøver kunne sprøjtes med sprøjtepistol ved et tryk på 4 bar samt om de havde vedhæftnings- og indtrængningsevner, der kunne leve op til kravspecifikationer i SS 18 65 11.

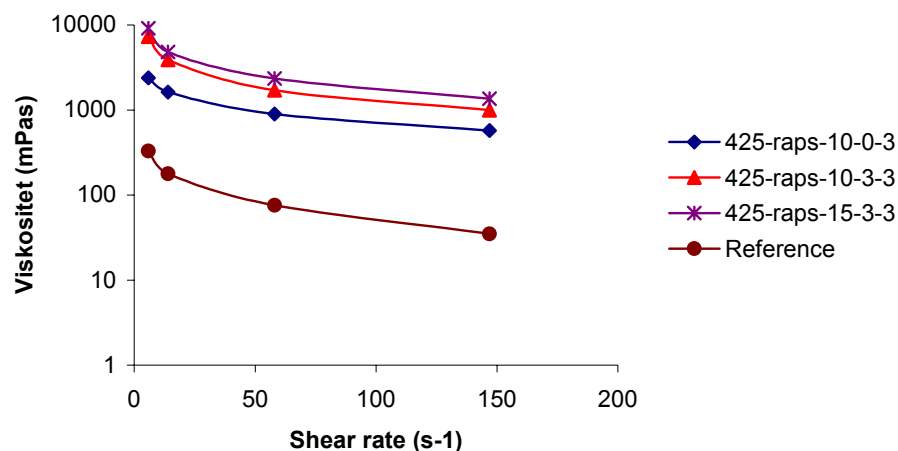
5.1.1.2 Viskositetsbestemmelser på alternativer med traditionel inhibitor

Mens målingerne beskrevet i forrige afsnit blev brugt til at finde en passende udgangsrecept med hensyn til olie, voks og fedt, er målingerne beskrevet i dette afsnit foretaget for at se, hvor meget viskositeten afviger mellem referenceproduktet og rapsolieformuleringer, der indeholder en traditionel petroleumssulfonatbaseret inhibitor. Formuleringerne har derudover evt. indeholdt mikrovoks og/eller lanolinprodukt.

De tre viste rapsolieformuleringer i figur 5.3 har en god vedhæftning til metaloverflader ved stuetemperatur. Deres vedhæftning ved øget temperatur er ikke undersøgt. Der er en klar sammenhæng mellem vedhæftning og viskositet, idet 425-raps-15-3-3, som har den højeste viskositet af de tre, også udviser det mindste vægttab efter påføring på lodret hængende metalplader (se afsnit 5.1.3.3) og dermed bedste vedhæftning. Disse rapsolieformuleringer forekommer også at være væsentlig mere forskydningsfortyndende end de formuleringer, der blev undersøgt tidligt i projektet.

Tabel 5.3
 Formuleringer bestående af rapsolie, inhibitor, mikrovoks og lanolinprodukt (fårefedt). De angivne tal i prøvebetegnelsen refererer til det omtrentlige procentvise indhold af hhv. inhibitor, mikrovoks og lanolinprodukt i den nævnte rækkefølge.

shear rate (s ⁻¹)	Viskositet (mPas)					
	Reference-produkt	425-raps-10-0-3	425-raps-10-3-0	425-raps-10-3-3	425-raps-15-0-0	425-raps-15-3-3
5,8	329	2380	3430	7290	4810	9150
14	179	1630	2190	3890	2690	4820
58	76	898	1230	1700	1330	2350
147	35	572	771	994	846	1360



Figur 5.3
 Viskositeten af 3 rapsolieprøver tilsat en traditionel inhibitortype. Bemærk y-aksen er logaritmisk.

5.1.2 Påføringsegenskaber

Sprøjtet påføringen af det vegetabilskbaserede alternativ foregik med en Air GUNSA AZ3 sprøjtet pistol med luftindtag, med et maksimalt sprøjtetryk på 6.8 bar. Fyns Undervognscenter har oplyst, at påføringen skal foregå ved et tryk på ca. 4 bar.

Der er kun udført sprøjtetforsøg med en enkelt laboratorieprøve, hvor rapsolie var anvendt som basisolie. Formuleringen indeholdt udover voks og lanolin også et rustbeskyttende pigment. Det rustbeskyttende pigment blev senere taget ud af formuleringerne, da det dels havde tendens til at fælde ud, og dels havde negativ indvirkning på produktets indtrængningsevne. Da

formuleringen indeholdt 2% af ovennævnte pigment, var hhv. koncentrationen af paraffin og lanolin sat ned med 1% for at opretholde en nogenlunde identisk viskositet med den, der blev målt for olie/voks/lanolin basisformuleringen ved de indledende forsøg.

Den testede prøve blev tyktflydende ved henstand, men en let omrøring gør den tyndere, og sprøjtekonsistensen blev særdeles god. Prøven var sprøjtbar allerede ved 2 bar. Da kravet er sprøjtbarhed ved 4 bar kunne det tyde på, at der kan tillades en vis variation i sammensætningen af rustbeskytteren uden, at sprøjtbarheden forringes væsentlig.

Der blev fremsendt 3 prøver til test hos Fyns Undervognscenter, da de har meget større erfaringsmæssigt grundlag for at bedømme de fremstillede rustbeskytteres sprøjtbarhed. Den ene af de tre prøver var identisk med den ovennævnte. De to andre prøver var tilsvarende i sammensætning, men basisolien var hhv. linolie i den ene og en 1:1 blanding af linolie og rapsolie i den anden. Fyns Undervognscenters umiddelbare reaktion var, at alle tre prøver var sprøjtbar ved 3.5 bar, men at de helst ikke skulle være tykkere.

5.1.3 Vedhæftning

Efter at have konstateret, at laboratorieprøver formuleret ud fra basisrecepten kunne sprøjtepåføres, var det næste trin at undersøge deres evne til at hæfte til metaloverflader.

I henhold til SS 18 65 11 gøres dette ved at observere hvor store vægttab produkterne har ved forhøjede temperaturer. Jo mindre vægttab der observeres, jo bedre hæfter produktet til overfladen. Hvorvidt en given prøve hæfter tilstrækkelig afprøves ved hjælp af standard SS 18 60 16. Ifølge SS 18 65 11 må vægttabet ikke overstige 20% w/w.

De udførte vedhæftningstest er kun delvist udført efter SS 18 60 16. I de fleste tilfælde er prøverne ikke påført med sprøjte, som angivet i standarden. De er påført med lakpåfører eller pensel. Nogle prøver har ikke tørret i det antal dage, der er angivet i standarden, mens andre enten har tørret liggende og eventuelt ved lidt forhøjede temperaturer. Den korrekte udførelse i henhold til standarden er, at prøvepladerne med rustbeskytter først opbevares 7 døgn i dårligt ventilerede beholdere ved 23°C og dernæst tages ud og opbevares lodret hængende i mindst 14 dage ved 23°C. Prøvepladerne vejes og placeres derefter 1 time i ovnen ved 90°C, og vægttabet registreres.

Der er i projektet fremstillet adskillige prøver, der kunne leve op til det vægttabskriterium på max. 20%, der er angivet i SS 18 65 11, på trods af, at de fleste prøver udviste meget dårlig vedhæftning. Dette skyldes, at den anvendte standard SS 18 60 16 ikke tager højde for det eventuelle vægttab, der opstår efter påføring og indtil prøverne skal i ovnen. For de fleste af de undersøgte vegetabiliske basisformuleringer gælder det, at der næsten ikke var noget produkt tilbage på de rustbeskyttede overflader efter de 14 dages opbevaring/tørring. Derfor var der næsten ingen prøve at tabe af ved den øgede temperatur. Prøverne kunne således i teorien klare vægttabskriteriet pga. standardens forskrifter, men ikke i praksis, da vægttab var forekommet allerede ved stuetemperatur.

Ovennævnte observationer gjorde, at standarden SS 18 60 16 herefter ikke blev anvendt til yderligere test. I stedet blev vedhæftningen af de forskellige formuleringer bedømt ved at påføre prøverne på plader (for det meste med pensel) og hænge dem op. Vægttabet blev så undersøgt ved at veje prøven efter et døgn og eventuelt med jævne mellemrum over en længere periode.

5.1.3.1 Vedhæftning af basisformuleringer

Der er lavet over 50 vedhæftningstest på et næsten lige så stor antal forskellige formuleringer, hvor basisolien enten har været rapsolie, linolie eller en blanding af de to olier i forskellige forhold. Derudover har paraffin og lanolinindholdet været varieret. De fleste formuleringer har været tilsat sikkativ for at accelerere tørringen i håb om, at dette øgede vedhæftningen. Derudover har det været forsøgt at tilsætte blæst raps eller kogt linolie til basisolien. Dels for at få et tykkere produkt og dels for at få et produkt med øget filmdannelse. I begyndelsen blev der endvidere anvendt et rustbeskyttende pigment, som havde en positiv indvirkning på det alternative produkts vedhæftning, men ikke på dets indtrængning, se afsnit 5.1.4. Da pigmentet tilmed var vanskeligt at dispergere ind i formulering, blev det fravalgt.

I tabel 5.4 er vægttabet eller vægtforøgelsen vist for udvalgte formuleringer baseret på rapsolie, linolie eller blandinger af disse. Udgangspunktet er basisformuleringen fundet efter de indledende viskositetsmålinger og sprøjtetforsøg. Da 2% pigment forsøgsvis blev tilsat blev paraffin og lanolinindholdet sat ned til hhv. 2% og 4% i forhold til den oprindelige basisformulering. Alle formuleringer, der indeholder pigment er testet i henhold til SS 18 60 16 bortset fra, at prøverne er påført med applikator i stedet for at blive sprøjtet på.

Tabel 5.4

Vægttab for forskellige rapsoliebaserede formuleringer. Alle formuleringer indeholdt sikkativ. Prøverne er opbevaret/tørret ved stuetemperatur.
* Negativ værdier fordi den har taget på i vægt, hvilket er typisk for en oxidativt tørrende film. Formuleringen indeholdt endvidere pigment. Bemærk de påførte mængder er relativt små.

	Indhold (%)								
	425-129	425-207	207/129 A	207/129 B	207/129 C	425-134	425-139	425-144	425-151
Raps	91,3		45,7	30,4	60,9	94,4	94,8	94,8	85,9
Linolie		91,3	45,7	60,9	30,4				
Blæst raps									10
Paraffin	2	2	2	2	2	1	0,5	0,7	0,7
Lanolin	4	4,1	4	4	4	4	4,1	4	3
Pigment	2	2	2	2	2				
	Vedhæftning								
Påført (g)	0,34	0,164	0,143	0,152	0,162	1,005	0,613	0,209	0,608
Vægttab (%)	-5*	-8,5*	-6,3*	-6,6*	-4,3*	57,6	55,8	49,8	77,9

Som det ses i tabel 5.4 udviser formuleringer indeholdende 2% pigment mindre vægtforøgelser efter, at de har tørret i dårligt ventileret beholder i 7 dage. Derefter er de taget ud af beholderne, og har tørret hængende i 14 dage ved 23°C og 50% RH. Det skal bemærkes, at de påførte mængder har været relativt små, hvilket i sig selv vil have en tendens til at mindske et eventuelt vægttab.

Vægtændringen for formulering 425-207 er senere blevet undersøgt igen for at verificere effekten af pigmentet. I den nye test blev pladen med påført prøve hængt lodret "til tørre" foran et vindue. Den nye test viste, at formuleringen med pigment kun udviste små vægttab på ca. 12 og 15% i løbet af hhv. 1 og 4 døgn. Dette er dog et væsentlig vægttab i forhold til det, der var observeret tidligere. Forskellen kan eventuelt forklares ved, at der er påført en mængde, der er 5 til 6 gange større end den angivet i tabel 5.4. I den nye test blev der endvidere observeret et vægttab på 69,8% for 425-207, efter at pladen havde hængt i solskin i et par timer. Dette indikerer, at formuleringerne ikke vil have tilpas vedhæftning ved øgede temperaturer på trods af pigmentet, især ikke hvis de er påført i et forholdsvis tykt lag.

Efter de indledende vedhæftningsforsøg med formuleringer indeholdende pigment blev selve indtrængningen af disse formuleringer testet. Se afsnit 5.1.4. Det viste sig, at pigmentet havde en negativ indflydelse på indtrængningen, ligesom der tilsyneladende er en grænse for, hvor meget paraffin formuleringen må indeholde for at kunne trænge tilstrækkelig ind i henhold til SS 18 65 11.

Det blev også konstateret, at en øget mængde paraffin ikke, som umiddelbart forventet, medførte bedre vedhæftning, men at vægttabet ved forhøjet temperatur (90°) derimod øges. Der løber simpelthen mere prøve af ved opvarmningen. Dette kan dels skyldes en øgede mængde prøve på pladerne, og dels at den anvendte paraffin har et smeltepunkt omkring 60 °C.

Herefter blev der lavet test på adskillige formuleringer uden pigment og med et paraffin indhold på under 2% samt med varierende sikkativ mængder. Der er vist nogle udvalgte formuleringer i tabel 5.4. Som det ses, er der meget store vægttab allerede ved stuetemperatur, og alle formuleringer hæfter derfor dårligt til metaloverflader.

Hovedkonklusionen fra de mange test er, at en vegetabilskbaseret basisformulering indeholdende paraffin, lanolin og sikkativer ikke har tilstrækkelig vedhæftning, hvad enten den er baseret på rapsolie eller linolie. En bedre vedhæftning kan eventuelt opnås ved at øge mængden af hhv. paraffin og/eller lanolin, men det vil så resultere i en dårligere indtrængning og sprøjtbarhed. Der vil endvidere også være en grænse for, hvor store mængder af de nævnte råvarer, der kan opløses i olien.

Da korrosionsinhibitorerne med sikkerhed ville ændre formuleringernes viskositet, blev det besluttet at screene inhibitorernes effekt i et vegetabilsk alternativ, før der blev brugt mere tid på at optimere produktet med hensyn til vedhæftning.

5.1.3.2 Vedhæftning af formuleringer med filmdannende inhibitor

Gennem de mange udførte vedhæftningstest blev det indlysende, at det var et stort problem at gå fra traditionelle mineraloliebaserede rustbeskyttelsesprodukter med 50% tørstof til et vegetabilskbaseret produkt med 100% tørstof. I de opløsningsmiddelholdige traditionelle produkter kan der næsten altid opnås et tilpas samspil mellem vedhæftning, påføringsegenskaber og indtrængning, idet der rimelig nemt kan justeres på produktet ved at ændre mængden af opløsningsmiddel i basisolien.

Anvendelsen af vegetabiliske olier giver ikke en tilstrækkelig hurtig tørring af produktet, selvom der anvendes såvel tørrende olier som sikkativer. Det kan tydeligt ses af de viste væggtab i foregående afsnit. En bedre vedhæftning vil derfor kun kunne opnås ved hjælp af de øvrige tilstedeværende råvarer i alternativet. Muligheden var derfor at forsøge at øge vedhæftningen ved at øge mængden af voks og/eller færefedt samt at bruge andre typer af disse råvarer, men samtidig havde indtrængningstestene vist, at der var en grænse for hvor meget paraffin, der kan være tilstede i produktet, hvis der skal opnås en tilpas indtrængning.

I stedet blev det forsøgt at øge produktets evne til at filmdanne ved at anvende korrosionsinhibitorer, der selv kan danne film. En leverandør specialfremstillede tre sorbitan estre, der er i stand til at danne film. Inhibitorerne blev testet i basisformuleringen mht. deres evne til at vedhæfte. Blandingerne indeholdt hhv. ca. 92%, 40%, 20% og 10% af de respektive inhibitorer i rapsolie. Derudover indeholdt prøverne 1% paraffin og 4% lanolin og der var tilsat Co-, Zr- og Ca-sikkativ. Blandingerne blev påført på stålplader med pensel og derefter hængt op. Væggtabene af prøverne blev registreret over en uge. De varierede fra 40% til 80% alt efter indhold og type af sorbitan ester.

Den rustbeskyttende effekt af den sorbitan ester, der umiddelbart gav de mindste væggtab i rapsolieformuleringerne, blev herefter screenet. Formuleringer, der indeholdt ca. 45% af den valgte filmdannede sorbitan ester, blev fremstillet. Indholdet af paraffin, lanolin og sikkativ var som ved de øvrige vedhæftningsforsøg. Basisolien var enten rapsolie, linolie, kogt linolie eller blandinger af to af olierne, hvor der var lige dele af de to olier.

Formuleringerne blev påført pladerne med pensel og væggtabene efter 3 døgn blev registreret. Se tabel 5.5. Efter tørringsperioden er der forsvundet mellem 37% og 71% af den påførte mængde prøve. Vedhæftningen er derfor stadig utilstrækkelig på trods af tilsætning af filmdannende inhibitorer.

Tabel 5.5

de observerede væggtab for forskellige basisolier med ca. 45% filmdannende sorbitan ester som inhibitor. Typen af basisolie er indikeret ved bogstaverne efter tankestregen, hvor R = raps; L = linolie og KL = kogt linolie.

Prøve	I030	I030-R	I030-L	I030-KL	I030-RL	I030-RKL	I030-LKL
Påført (g)		0,405	0,484	0,729	0,535	0,492	0,573
Væggtab (%)	68	58,5	63,4	37	71,4	53,7	59,7

5.1.3.3 Vedhæftning af formuleringer med traditionel inhibitor

Lige inden projektet blev afsluttet blev en mikrovoks og en mere traditionel type korrosionsinhibitor modtaget. Mikrovoksen havde et væsentligt højere smeltepunkt (ca. 98 °C) end den tidligere anvendte paraffin. Korrosionsinhibitoren var en calcium dinonylnaphthalensulfonat inkorporeret i en mikrovoks.

Der blevet lavet vedhæftningsforsøg med formuleringer, der indeholdt varierende mængder af inhibitorer såvel som mikrovoks og lanolin. Formuleringerne indeholdt ikke sikkativer. Indholdet af inhibitor varierede mellem 5 og 15%. Indholdet af hhv. mikrovoks og lanolin var enten 0 eller 3%. Det er undersøgt, hvorvidt forskellige kombinationer af de nævnte råvarekoncentrationer kunne give en tilpas vedhæftning.

Prøverne blev påført på stålplader med pensel og hængt op. Vægttabene blev fulgt over nogle dage. Som det ses i tabel 5.6 udviste formuleringerne generelt relativt små vægttab ved stuetemperatur. Hvis det samlede indhold af inhibitor, mikrovoks og lanolin er omkring 15 – 16% er vægttabet så godt som elimineret. Inhibitoren bidrager også til den øgede vedhæftning, fordi den mikrovoks, hvori den aktive del er inkorporeret, har et relativt højt smeltepunkt.

Det er ikke testet, hvor godt formuleringerne vedhæfter ved 90°C som angivet i SS 18 60 16, men da mikrovoksen har et væsentligere højere smeltepunkt end den tidligere anvendte paraffin, kan man forvente en øget vedhæftning ved forhøjede temperaturer.

I det vegetabiliske alternativ med ca. 100% tørstofindhold kan vedhæftningen altså øges ved at øge voksmængden og eventuelt skifte den anvendte voks ud med en voks med et højere smeltepunkt. Til gengæld bliver produkterne meget tyktflydende, og har en viskositet, der var væsentlig højere end referenceproduktet (Se afsnit 5.1.1.2). Det vil givetvis have stor negativ indflydelse på såvel produktets påføringsegenskaber som på dets indtrængningsevne. Et tykt produkt trænger ikke så nemt ind i smalle spalter som et tyndt. Indtrængningen af alternativer med en traditionel inhibitortype er ikke blevet undersøgt.

Tabel 5.6
Vægttab for forskellige formuleringer af rapsolie med en traditionel type inhibitor samt eventuelt en mikrovoks og/eller Lanolin. Ingen formuleringer indeholdt sikkativ.

	Indhold (%)						
Prøve	425-5-0-0	425-10-0-0	425-15-0-0	425-10-0-3	425-10-3-0	425-10-3-3	425-15-3-3
Raps	95	90	83,9	86,3	86	83,8	78,7
Mikrovoks					4,3	3,4	3,6
Lanolin				2,9		3	3
Inhibitor	5	10	16,1	10,8	9,7	9,8	14,7
	Vedhæftning						
Påført (g)	0,354	0,403	0,359	0,938	0,788	0,43	0,385
Vægttab (%)	59,3	31	3,3	22,2	14,6	1,9	1

Problematikken med vedhæftningsevne kontra påføringsegenskaber og indtrængningsevne synes umiddelbart meget vanskelig at løse og det lykkedes heller ikke indenfor projekts tidsrammer. En løsning på problemet kan være at fremstille en vandig emulsion ud fra de vegetabiliske formuleringer.

5.1.4 Indtrængningsevne

De alternative formuleringers evne til at trænge ind i spalter er blevet testet i henhold til SS 18 60 23 og SS 18 65 11. Testen er dog kun udført som enkelt bestemmelser, og er udført ved 50% relativ luftfugtighed og 23°C i stedet for 15°C. Prøverne er endvidere ikke blevet sprøjtet ned i en beholder som angivet i standarden. Denne udeladelse kan især have negativ indflydelse på forskydningsfortyndende produkter. De formuleringer, der er testet, samt de opnåede resultater kan ses i tabel 5.7.

For at kunne leve op til kravene i SS 18 65 11 skal en rustbeskytter til bilers hulrum kunne trænge mindst 20 mm op i spalter med en spaltebredde på hhv. 50 og 200 µm efter hhv. 1 og 24 timer ved 15 °C og 50% relativ luftfugtighed.

Tabel 5.7

Test af alternativerne samt referenceproduktets indtrængningsevne i henhold til SS 18 60 23. Ifølge SS 18 65 11 skal en rustbeskytter til bilers hulrum kunne trænge mindst 20 mm op i de givne spaltebredder efter hhv. 1 og 24 timer. Testen er udført ved 23°C i stedet for 15°C. Prøverne er ikke blevet sprøjtet ned i en beholder, som angivet i standarden.

Basisolie	Bemærkninger	Indtrængning efter 1 time (mm)		Indtrængning efter 24 timer (mm)	
		50 µm	200 µm	50 µm	200 µm
Linolie:rapsole (1:1)	2% paraffin 2% pigment 4% lanolin	26.0	18.0	70.0	18.0
Linolie:rapsole (1:1)	2% paraffin 4% lanolin	37.5	20.0	70.0	28.0
Raps	1% paraffin 4% lanolin	45.0	22.0	70.0	23.0
Linolie	1% paraffin 4% lanolin	70.0	25.0	70.0	29.0
Raps	4% lanolin	70.0	26.5	70.0	27.0
Linolie	4% lanolin	70.0	30.0	70.0	34.5
Referenceprodukt		13.0	15.5	13.0	16.0

Indeholder formuleringen 2% pigment, 2% paraffin og 4% lanolin, overholder den ikke kravene til indtrængning, mens formuleringerne med 2% paraffin og 4% lanolin ligger lige på grænsen. Da de linoliebaserede formuleringer tilsyneladende har lidt bedre indtrængning end de rapsoleibaserede, ville et rapsoleibaseret alternativ formodentligt ikke kunne leve op til indtrængningskravene, hvis den indeholdt 2% paraffin. Heraf blev det konkluderet til det videre formuleringsarbejde, at formuleringen ikke skulle

indeholde pigment, samt at paraffinindholdet ikke måtte overstige 2% og snarere skulle være 1% eller derunder.

Rapsolie- og linolieprøverne uden paraffin og rustbeskyttende pigment har enkelte små huller i filmen efter 1 døgn. Efter en uge er disse forsvundet. Dvs. filmen trækker sig sammen. Blandingerne af linolie og rapsolie har færre men lidt større huller i filmen efter 1 døgn, også disse forsvinder efter en uges tid. Dog er der enkelte større huller tilbage i kanten af filmen, men ikke i de nederste 20 mm af filmen.

De to prøver med 1% paraffin har tydelige aftegninger af paraffin. Det kan således ses, at paraffinen ikke trænger nær så langt op som olierne, men dog i nærheden af de 20 mm. Der er endvidere enkelte små huller i filmene efter 1 døgn. Disse forsvinder efter en uges tid.

Indtrængningstesten er også udført for referenceproduktet. Dette produkt klarer heller ikke kravet til indtrængning på trods af, at det er godkendt til hulrumsbehandling. Det skal dog pointeres, at det er en enkelt bestemmelse og produktet har ikke været sprøjtet ned i prøvebeholderen, som den bør ifølge standarden. Det kan betyde, at viskositeten reelt har været for høj i forhold til, når produktet sprøjtes ind i bilers hulrum. Det har formodentlig større indflydelse på referenceproduktet, at den ikke er blevet sprøjtet ned i en beholder end for de øvrige prøver, da det er væsentlig mere forskydningsfortyndende end de testede alternativer.

Der er ikke udført indtrængningstest på formuleringer, der indeholdt korrosionsinhibitorer.

5.1.5 Rustbeskyttelsesfilmens sprødhed

En prøveplade, hvor en linoliebaserede rustbeskytter var påført, blev anbragt i en fryser i 24 timer ved $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ for at konstatere om prøven kunne modstå kulde. Pladen blev efter de 24 timer bøjet over dorn. Rustbeskyttelsesfilmen viste ingen revner, krakeleringer eller afskalning. Dvs. prøven udviste ingen sprødhed ved den lave temperatur. Den her omtalte sprødhedstest er en "hurtig udgave" af standard SS 18 60 12, i det pladen ikke har ligget i den foreskrevne tid samt har været brugt til væggtabsforsøg (og har således været udsat for $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ i en time). Lagtykkelsen var ikke korrekt, da der kun var ca. $10\text{ }\mu\text{m}$ rustbeskytter på og der reelt skal være omkring $50\text{ }\mu\text{m}$.

Der er ikke lavet yderligere sprødhedstest. Det blev ikke fundet nødvendigt. Dels fordi den alternative rustbeskytter ikke er fuldt færdigformuleret og dels fordi hvis en linoliebaseret prøve klarer sprødhedstesten, så vil der højst sandsynlig heller ikke være problemer med en rapsoliebaseret prøve. Den linoliebaserede prøve vil have den største grad af tørring af de to, og derfor udvise større tendens til at krakelere og blive sprød. Det kan dog ikke udelukkes, at lagtykkelsen har betydning for det opnåede testresultat.

5.1.6 Inhibitorers indvirkning på metaller

Indvirkningen af fire forskellige typer af inhibitorer på hhv. kobber, zink og aluminium er undersøgt i henhold til SS 18 60 13. Inhibitorerne er hhv. en caprylsyre, en dimer syre, en oleylsarcosinat og en sorbitan ester. De tre første er testet i 2 forskellige koncentrationer på hhv. 2% og 5%. Sorbitan estrens indvirkning er kun testet som en 5% opløsning i den alternative rustbeskytter.

Alle inhibitorer blev blandet i den samme basisprøve, der bestod af rapsolie med ca. 4% lanolin og 0.5% paraffin indhold. Basisprøven var endvidere sikkativeret med Co-, Mn- og Ca-sikkativ.

Plader af kobber, zink og aluminium blev neddyppet i de forskellige rustbeskytterprøver, og blev herefter opbevaret ved 50°C i minimum 7 dage. Prøverne blev fjernet vha. mineralsk terpentint og ethanol. Pladerne blev herefter bedømt visuelt samt ved at måle glansen.

Glansmålingerne viste ved sammenligning med metalplader, der ikke havde været neddyppet i rustbeskytter, at oleylsarcosinaten tilsyneladende har en relativ stor indvirkning på zink og til dels også på kobber, da der her observeres væsentlige glanstab. Oleylsarcosinaten er endvidere ifølge miljøscreeningen en af de mest miljøbelastende af de undersøgte inhibitorer. Oleylsarcosinaten blev derfor fravalgt som egnet råvarer i den alternative rustbeskytter.

Glansændringerne for de andre metaller og korrosionsinhibitorer er ikke umiddelbart signifikante. Nogle af pladerne har farveændringer, men ikke deciderede ætsninger.

5.1.7 Test af inhibitorer og rustbeskyttelsesevne

Der er ikke udført nogen test i henhold til SS 18 65 11 mht. det alternative produkts rustbeskyttelsesevne, idet disse to test ikke har nogen relevans før et fuldt færdigudviklet produkt foreligger.

I stedet er der udført et antal screeningsforsøg med ovennævnte inhibitorer samt endnu en sorbitan ester (sorbitan mono-oleate), en polyglycerol polyricinoleate og en glycerol mono-oleate. Prøver indeholdende inhibitorerne i hhv. ca. 5% og 10% blev fremstillet ud fra den samme grundformulering, der bestod af rapsolie med ca. 1% paraffin og 4% lanolin. Desuden var prøven tilsat Co- og Mn-sikkativ.

Prøverne blev påført med pensel på stålplader på både forside og bagside. Pladerne med de forskellige rustbeskytterprøver havde hængt i ca. et døgn før de blev neddyppet i marint saltvand. Pladerne blev neddyppet således, at der var rustbeskyttet overflade både over og under vand. Herefter er det evalueret hvor hurtigt pladerne rustede samt hvordan rustbeskyttelsesfilmen ser ud. En stålplade påført referenceproduktet blev ligeledes neddyppet i marint saltvand.

Samtlige prøver rustede indenfor det første døgn efter neddykning på nær referenceproduktet, der til sammenligning kan klare at være neddyppet i saltvandet i mere end 6 måneder uden, at der opstår egentlige rustangreb på pladens behandlede dele af overfladen.

Sorbitan ester inhibitorerne var umiddelbart dem, der gav den bedste rustbeskyttelse ved anvendelse i den alternative rustbeskytter ligesom selve rustbeskyttelsesfilmen så bedst ud for de prøver, der indeholdt sorbitan ester. Pladerne, der var påført prøver indeholdende sorbitan estre, rustede også meget hurtig, men angrebene i begyndelsen af testen var mindre markante end for de øvrige testede inhibitorer.

Konklusionen, på de rustforsøg der er udført med de ovennævnte inhibitorer, er, at der ikke kunne opnås tilstrækkelig rustbeskyttelse med de pågældende formuleringer, hvilket kan skyldes to ting. Dels at inhibitorerne ikke giver tilstrækkelig rustbeskyttende effekt, og dels at filmtykkelsen af rustbeskytteren ikke er tilstrækkelig høj til at give en tilpas rustbeskyttende effekt. Svaret er sandsynligvis en kombination af de to nævnte muligheder.

Som konsekvens blev det forsøgt at fremskaffe nye råvarer, der kunne øge formuleringernes vedhæftning. En leverandør specielfremstillede 3 sorbitan estre, der er i sig selv er i stand til danne en film. Før de filmdannende sorbitan estre blevet screenet for deres rustbeskyttende effekt, blev det undersøgt, hvor godt formuleringer med varierende indhold af disse inhibitorer vedhæfter (Se afsnit 5.1.3.2).

Den rustbeskyttende effekt af den sorbitan ester, der umiddelbart gav de mindste vægttab, blev herefter screenet. Formuleringerne indeholdt ca. 45% af den valgte filmdannede sorbitan ester samt 1% paraffin, 4% lanolin og sikkativ. Basisolien var enten rapsolie, linolie, kogt linolie eller blandinger af to af olierne i lige dele.

Hver prøve blev påført med pensel på to plader. Den ene plade blev opbevaret hængende, mens den anden blev opbevaret liggende. Begge hold plader tørrede i 6 dage. Efter tørringsperioden er der forsvundet mellem 37% og 71% af prøverne på de plader, der har hængt (Se afsnit 5.1.3.2). Der er ikke forsvundet noget prøve fra de plader, der har ligget, eftersom det alternative produkt ikke fordamper. Der er således en væsentlig tykkere film på de plader, der har ligget vandret og tørret.

Pladerne blev herefter neddyppet i marint saltvand. Generelt er den rustbeskyttende effekt noget større af den filmdannende sorbitan ester end af de øvrige afprøvede inhibitorer. Det skyldes formodentlig, dels at inhibitoren kan bidrage til filmdannelsen, og dels at den er tilsat i væsentlig højere koncentration end de øvrige testede inhibitorer.

Der observeres rustangreb indenfor et døgn på de plader, der har hængt og tørret, rustangrebene kommer senere og mindre markant for de prøveplader, der har ligget vandret og tørret. Dette viser, at det er vigtigt at have en vis lagtykkelse af rustbeskytteren for at opnå en rustbeskyttende effekt. Forsøgene viser også, at formuleringerne stadig ikke har tilstrækkelig vedhæftning, da der forsvinder meget prøve fra de plader, der hænger, selv når der anvendes tørrende olie (linolie) og filmdannende sorbitan estre. Prøverne når ikke at tørre og filmdanne inden de løber af pladerne.

De sidste screeningsforsøg er foretaget på vegetabiliske formuleringer, der er tilsat en mere traditionel korrosionsinhibitor. Den afprøvede inhibitor er en calcium dinonylnaphthalensulfonat.

En formulering indeholdende 15% calcium dinonylnaphthalensulfonat inhibitor, 3% mikrovoks samt 3% lanolin i rapsolie blev neddyppet i marint saltvand. Dette produkt har den bedste rustbeskyttende effekt af alle de undersøgte i projektet, da der ikke blev observeret nogle rustangreb indenfor de første dage. Det var desværre ikke muligt at evaluere og teste formuleringen yderligere indenfor projektets rammer. Det kan blot konstateres, at såvel rustbeskyttelsesevne som vedhæftning forbedres væsentligt ved at tilsætte en traditionel type inhibitor til det vegetabiliske alternativ sammen med en mikrovoks.

5.2 Modelformulering til Ica-screening

På trods af, at det ikke lykkedes at færdigudvikle en alternativ rustbeskytter var det relevant at gennemføre en LCA-screening, da resultatet af denne kan bruges til at få en indikation af, om det er relevant at fortsætte med at udvikle en vegetabilskbaseret rustbeskytter. Det er opstillet to modelformuleringer, hvis miljøprofil er blevet sammenlignet med miljøprofilen for en traditionel mineraloliebaseret rustbeskytter.

Den ene formulering er baseret på den filmdannende sorbitan ester, mens den anden formulering indeholder den mere traditionelle petroleumssulfonat baserede inhibitor. Sidstnævnte er især medtaget pga. af den gode vedhæftning og tilsyneladende større rustbeskyttende effekt. Formuleringen er ikke testet nærmere med hensyn til indtrængning, termisk stabilitet og korrosionsbeskyttende effekt.

Sammensætningen af de to modelformuleringer er angivet i tabel 5.8. Der er i de efterfølgende afsnit knyttede korte kommentar til det enkelte valg af råvarer.

Tabel 5.8
modelformuleringer til Ica-screening udvalgt på basis af de opnåede testresultater.

	Indhold i vægt%	
	Alternativ 1	Alternativ 2
Rapsolie	76,5-78,5	47,5
Korrosionsinhibitor - Sorbitanester		45
Korrosionsinhibitor – petroleumssulfonat	15	
Voks (PE-voks eller paraffin)	1-3	1
Lanolinprodukt	3	4
Sikkativ	2,5	2,5

5.2.1 Basisolie

Sojaolie, rapsolie og linolie er alle blevet testet i basisformuleringen. Alle tre olier har tilsyneladende tilpas lav viskositet til at kunne bruges som basisolie ud fra påføringssynspunkt, men de giver alle en for dårlig vedhæftning, selv de tørrende olier. Tørringen er simpelthen for langsom, selv ved tilstedeværelsen

af sikkativer, og olierne når at glide af før en eventuelt tørring sker. Olierne må tilsættes relativt store mængder voks og/eller lanolin for at øge vedhæftningen. Kogt linolie og blæst rapsolie er også blevet testet, men det gav ikke en signifikant bedring af vedhæftningen.

Som udgangspunkt er rapsolien blevet foretrukket som basisolie. Da alle tre olier giver stort set lige dårlig vedhæftning, bør olien med den bedste profil fra screeningen anvendes. Både sojaolie og rapsolie er spiseolier, og får en lav score i screeningen. Sojaoliens profil ser umiddelbar lidt bedre ud end rapsolien på basis af de få data, der var tilgængelige, men rapsolien var fra start af den foretrukne basisolie, da den produceres i store mængder i Danmark. Rapsolien besidder umiddelbart også de bedste opløselighedsegenskaber af de tre olier, og den har ikke problemer med selvantændelse og rynkedannelse som linolien har.

Rapsolien er anvendt som basisolie i begge modelformuleringer.

5.2.2 Fedtstof

Råvarerne var vanskelige at fremskaffe, og der var derfor kun tre forskellige lanolinprodukter, der kunne komme på tale. Et lanolinprodukt blev udvalgt på basis af de indledende viskositetsmålinger. Det valgte lanolinprodukt havde den bedste opløselighed i vegetabiliske olie. Lanolinproduktet indgår i begge modelformuleringer.

Et enkelt vaselineprodukt blev også fremskaffet, men da det stort set havde samme konsistens og smeltepunkt som lanolinproduktet, blev det ikke testet yderligere. Tilstedeværelsen af mineraloliebaserede råvarer skal også begrænses mest muligt i en vegetabilisk alternativ rustbeskytter. Vaselineproduktet er ikke blevet miljøscreenet.

5.2.3 Voks

Voksprodukterne var ekstremt svære at fremskaffe og formuleringsarbejdet var tvunget til at tage udgangspunkt i de få prøver, der kunne fremskaffes. Paraffin blev efter de indledende viskositetsmålinger foretrukket frem for ostevoksen, og blev en del af selve basisformuleringen sammen med lanolin og rapsolie, som det fremgår af alternativ 2 i tabel 5.8.

Til sidst i projektet fremkom en mikrovoks med væsentlig højere smeltepunkt end den oprindeligt anvendte paraffin. Der er ikke modtaget nogen MSDS eller tekniske databade for produktet, hvorfor det ikke kunne miljøscreenes. Mikrovoksen giver formuleringen en god vedhæftning pga. det høje smeltepunkt, men produktets indtrængningsevner er formodentlig begrænsede. Dette bør naturligvis undersøges nærmere. Mikrovoksen indgår i alternativ 1.

5.2.4 Korrosionsinhibitor

De screeningsforsøg, der er lavet med de forskellige inhibitorer, viser, at den rustbeskyttende effekt af de fremstillede prøver er ret begrænsede. Hvilket til dels skyldes den manglende vedhæftning. De udførte test kombineret med miljøscreeningen peger på sorbitan estre som de mest egnede af de alternative

inhibitorer. Den rustbeskyttende effekt er dog ret begrænset. En vis bedring ses i den rustbeskyttende effekt ved at benytte en filmdannende sorbitan ester. Derfor er denne inhibitor valgt i den ene modelformulering (alternativ 2).

For at verificere hvorvidt den dårlige rustbeskyttende effekt af den vegetabilskbaserede rustbeskytter skyldtes den dårlige vedhæftning eller de anvendte inhibitorer, blev en mere traditionel korrosionsbeskytter også undersøgt. Det er en calcium dinonylnaphthalensulfonat. Denne inhibitor har en lidt ringere miljøprofil end sorbitan estrene, men er dog acceptabel i et vegetabilsk alternativ.

Formuleringen indeholdende mikrovoks og den traditionelle inhibitor er valgt som modelformulering til LCA-screeningen (alternativ 1), da denne formulering havde den bedste vedhæftning og tilsyneladende også den bedste rustbeskyttende effekt. Flere test er nødvendige for at verificere dette.

5.2.5 Additiver

Der har været tilsat sikkativer til de fleste formuleringer for at øge tørringen. Enten Co og Mn sikkativ systemer eller Co, Zr og Ca systemer. Sikkativerne indgår derfor i begge modelformuleringer.

Sikkativerne har ikke været tilsat formuleringerne med den traditionelle inhibitor i de test, der er foretaget i projektet, men da der foreligger en mulighed for anvende dem, er det valgt også at inkludere dem i alternativ 1.

De øvrige typer af råvarer er ikke blevet testet i projektforløbet.

6 LCA-screening

Dette afsnit sammenligner traditionel rustbeskytter med alternative rustbeskyttere baseret på vegetabiliske råvarer ved en LCA-screening. LCA-screeningen er gennemført i overensstemmelse med de internationale LCA-standarder^{xxiv,xxv,xxvi,xxvii}. Vurderingen af miljøeffekterne er foretaget ved anvendelse af den dansk udviklede UMIP-metode^{xxviii}.

6.1 Formål med LCA-screeningen

Formålet med LCA-screeningen er at vurdere om produktion og anvendelse af en rustbeskytter fremstillet på grundlag af vegetabiliske råvarer, er miljømæssigt mere eller mindre fordelagtig end en traditionel rustbeskytter fremstillet på grundlag af fossile råvarer. LCA-screeningen omfatter produktion af råvarer, produktion af færdigvare (rustbeskytter) og anvendelse af færdigvare (påføring af rustbeskytter).

LCA-screeningen er foretaget i forbindelse med udviklingen af en rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer som beskrevet i afsnit 4.1 og 5.2. I forløbet med udvikling af den alternative rustbeskytter er der afprøvet en række forskellige sammensætninger, og der er ikke ved projektperiodens udløb fundet én sammensætning, som kan opfylde de tekniske krav til en rustbeskytter. Vurderingen er derfor gennemført på et produkt, der skønnes at være repræsentativt for rustbeskyttere baseret på vegetabiliske råvarer.

6.2 Afgrænsning af vurderingen

6.2.1 Funktionel enhed

Udgangspunktet for en LCA-screening er definition af en funktionel enhed, og til denne vurdering er følgende funktionelle enhed valgt:

Behandling af 1 m² overflade med rustbeskytter med en filmtykkelse på 50 µm

Valget af funktionel enhed er baseret på anvendelse af traditionel rustbeskytter, hvor den ønskede effekt opnås ved en filmtykkelse på 50 µm.

Forbrug af rustbeskytter til opfyldelse af den funktionelle enhed er vist i Tabel 6.1. For traditionelle opløsningsmiddelbaserede rustbeskyttere er pålægningen baseret på, at opløsningsmidlet fordamper, og efterlader binderen og de aktive stoffer, mens den alternative rustbeskytter er baseret på oxidativt tørrende bindemidler (ved kemisk reaktion mellem monomerer eller præpolymerer), hvor hele den påførte mængde i princippet bliver siddende på den behandlede flade.

Tabel 6.1

Forbrug af rustbeskytter til opfyldelse af den funktionelle enhed: behandling af 1 m² overflade.

	Enhed	Referenceprodukt	Alternativt produkt
Filmtykkelse, våd	µm	100	50
Filmtykkelse tør	µm	50	50
Vægtfylde	kg/m ³	860	860 ¹
Vægt	kg	0,086	0,043

1. Anslået vægtfylde.

Det er antaget, at begge midler har den samme holdbarhed, dvs. at de kan beskytte overfladen i samme tidsrum, inden der skal foretages en genbehandling. Dette forhold vil være et emne for nærmere undersøgelse i det videre arbejde med at udvikle en vegetabilsk rustbeskytter.

Sammensætningen af de vurderede produkter er vist i Tabel 6.2. De angivne procenter er gennemsnitlige indhold, der bruges som udgangspunkt for den sammenlignende vurdering.

Tabel 6.2

Sammensætning af vurderede produkter (vægt%).

	Referenceprodukt ¹	Alternativ 1	Alternativ 2
Mineralsk terpentin	40-50%		
Basisolie (mineralolie)	32-51%		
Rapsolie		76,5-78,5%	47,5%
Sorbitanester			45%
2-Butoxyethanol	2%		
Korrosionsinhibitor	2-6%	15% ²	
Lanolinbaseret voks	5-10%	3%	4%
Voks (paraffin eller PE-voks)		1-3%	1%
Sikkativ		2,5%	2,5%

1. Anslået sammensætning.

2. Traditionel korrosionsinhibitor baseret på en petroleumforbindelse.

I de tilfælde, hvor der er angivet et interval, er der valgt værdier midt i intervallet, så der samlet opnås 100%.

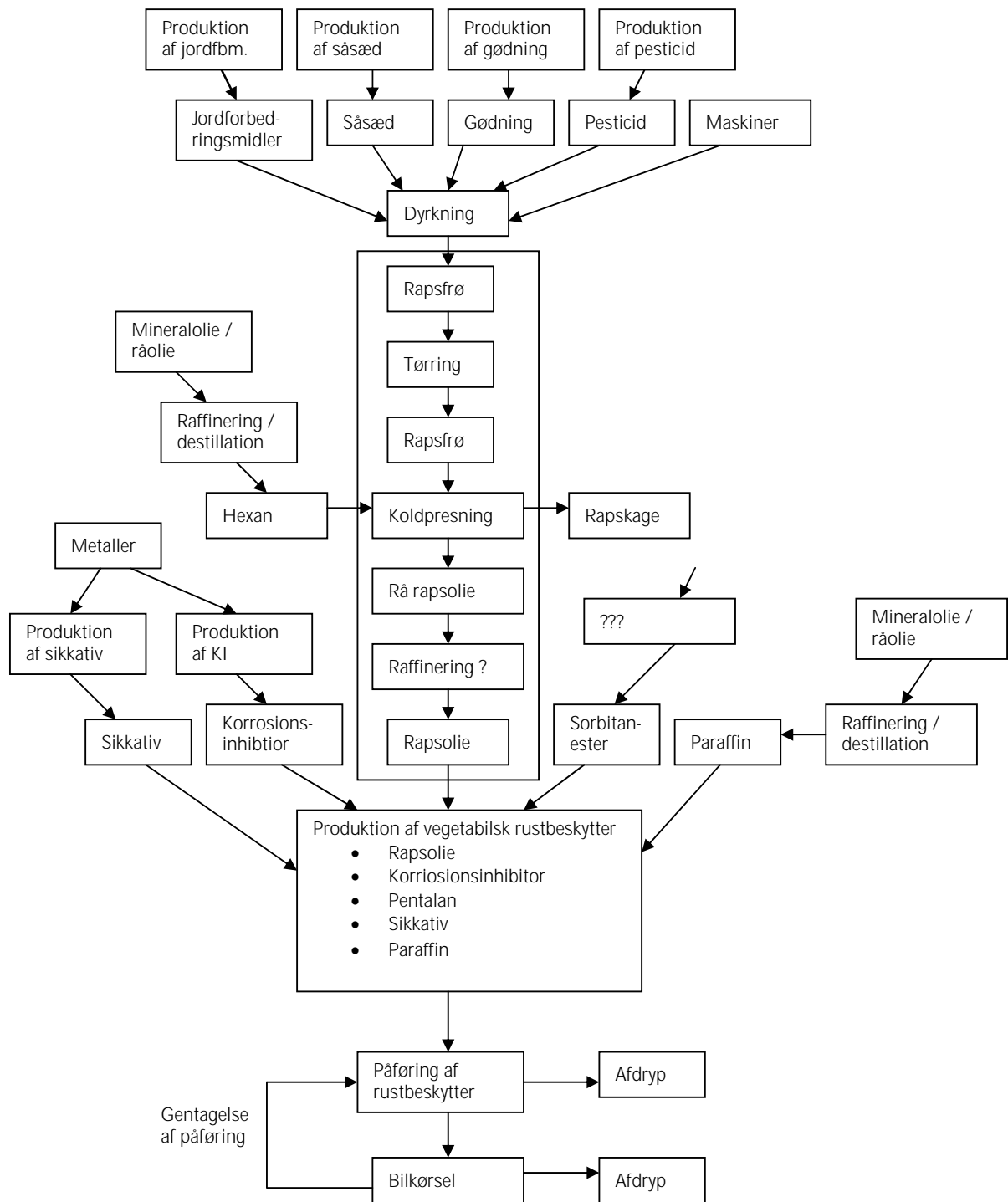
6.2.2 Systemgrænser

Livscyklusscreeningen af en alternativ og traditionel rustbeskytter omfatter følgende faser af livscyklus:

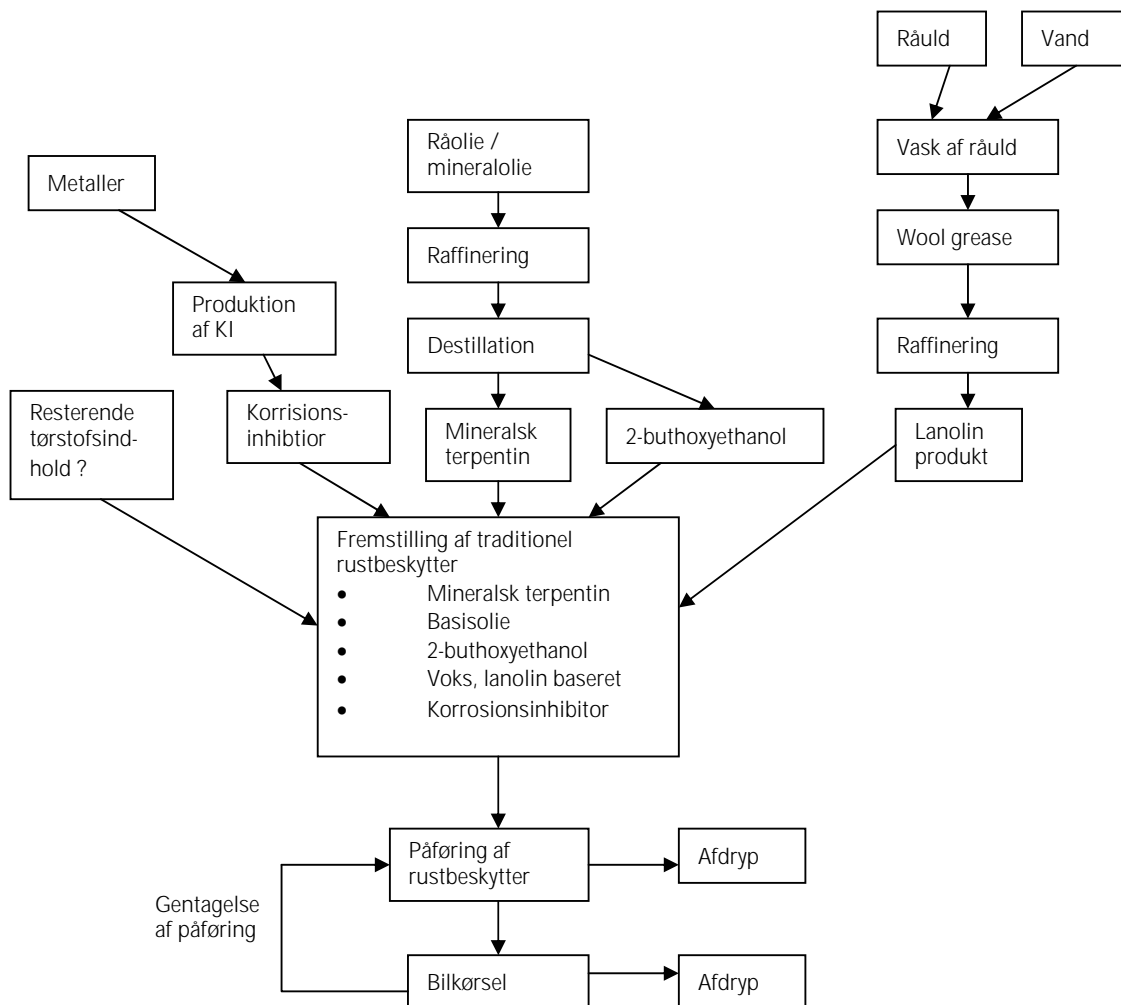
- Produktion af råvarer
- Produktion af færdigvarer
- Anvendelse af produktet

Rustbeskytteren vil sidde, hvor det er anbragt - f.eks. under biler etc. - indtil det er slidt af og erstattet af en ny belægning. Det betyder, at der ikke forekommer en decideret bortskaffelsesfase. Der er ikke foretaget en kortlægning og vurdering af, hvordan afvasket/-slidt rustbeskytter spredes i det ydre miljø.

Flowdiagram for produktion af den alternative og den traditionelle rustbeskytter er vist i Figur 6.1 henholdsvis Figur 6.2.



Figur 6.1
Flowdiagram for fremstilling og anvendelse af rustbeskytter fremstillet på basis af vegetabiliske råvarer.



Figur 6.2
Flowdiagram for fremstilling og anvendelse af rustbeskytter fremstillet på basis af fossile råvarer.

6.2.3 Beskrivelse af livscyklus

Livscyklus for de to produkttyper er kort beskrevet herunder. De kvantitative informationer, som er anvendt i denne vurdering, er præsenteret i oversigtsform i Tabel 6.3.

Udvinding af fossile råstoffer og fremstilling af råmaterialer

Der er anvendt europæiske gennemsnit for udvinding af fossile råstoffer, fremstilling af basiskemikalier og fremstilling af forskellige monomerer og polymerer. Oplysningerne er indsamlet af den europæiske plastindustri, APME^{xxix}.

De primære råstoffer er naturgas fra Nordsøen, råolie fra Nordsøen og andre lokaliteter. Naturgas og råolie indgår som energikilde såvel som "feedstock" ved produktion af basiskemikalier f.eks. naphtha, monomerer og polymerer. Råvarer gennemgår en raffinering efterfulgt af crakning, hvorved der

produceres f.eks. ethen, propen og buten mv. Disse monomerer polymeriseres til f.eks. polyethylen eller polypropylen, eller de reagerer videre til de ønskede monomerer er dannet. Forbrug af ekstern energi samt transportprocesser er inkluderet i opgørelserne fra APME.

Fremstilling af vegetabiliske råvarer og råmaterialer herfra

Rapsolie produceres ud fra raps dyrket i Danmark^{xxx}. Input er såsæd, gødning/jordforbedring (kalk, kalium, kvælstof, fosfat samt magnesium og svovl), pesticider og energiforbrug til markarbejde (jordforarbejdning, såning, gødsning, udbringning af pesticider, skårlægning af raps, mejetærskning m.v.). Rapsfrøene transporteres til decentrale anlæg, hvor de tørres. Ved koldpresning udvindes rapsolie og et restprodukt, der afsættes som foderkage. Udbyttet er angivet til 0,265 kg rapsolie/kg rapsfrø og 0,684 kg rapskage/kg rapsfrø; svindet fra processen er således 0,041 kg.

Transportprocesser er inkluderet i opgørelsen. Det drejer sig om transport af diverse råvarer fra forskellige lokaliteter i Europa til Danmark og transport af rapsfrø til oliemøllen.

Fremstilling af additiver

Der indgår en række forskellige additiver og råvarer i de to vurderede produkter; se Tabel 6.2, hvoraf der findes ingen eller få oplysninger om miljøbelastninger ved produktionen af additiverne/råvarerne. I de tilfælde, hvor der ikke findes oplysninger om det pågældende stof, er der anvendt oplysninger om tilsvarende stoffer.

Naphtha

Ved raffinering af råolie gennemføres blandt andet en fraktionsdestillation, som resulterer i forskellige destillater heriblandt naphtha^{xxxii}. Naphtha er et blandingsprodukt med et typisk kogepunkt på 90-170°C, og det er udgangspunkt for fremstilling af en lang række produkter, og til specifikke anvendelser kan det være raffineret yderligere dvs. med et mere snævert kogepunktsinterval.

Voks, paraffinbaseret

Paraffinvoks fremstilles ud fra et restprodukt ("slack wax") fra raffinering af råolie^{xxxii,xxxiii}. Restproduktet "de-olieres" og hydrogeneres, og den fraseparerede olie bruges som energikilde i processen. Paraffinvoks kan skræddersys til en lang række forskellige formål.

6.2.3.1 Fremstilling af færdigvarer

Færdigvarer fremstilles ved blanding af de indgående ingredienser. Energiforbruget hertil afhænger blandt andet af, hvorvidt opvarmning er nødvendig eller ej. Processerne er beskrevet herunder. Der er ikke indhentet specifikke oplysninger om energiforbrug i fremstillingsfasen. Energiforbrug til omrøring er estimeret på grundlag af en vurdering af forskellige malingsprodukter hos en dansk producent^{xxxiv}; estimatet indeholder energiforbrug til omrøring såvel som ventilation. Energiforbruget til blanding er opgjort til 0,02-0,04 kWh/kg og energiforbruget til udsugning/ventilation ved fremstilling af opløsningsmiddelbaserede produkter er opgjort til 0,2 kWh/kg. Energiforbrug til opvarmning er estimeret under antagelse om, at de forskellige råvarer har en varmekapacitet på gennemsnitligt 2 kJ/kg °C; temperaturen på lagervarer antages at være 15 °C.

Referenceprodukt

Produktionsprocessen for referenceproduktet er ikke kendt, men det antages at det fremstilles ved en batchproces, hvor ingredienserne blandes under opvarmning. Da produktet indeholder lanolinbaseret voks antages det, at der er behov for en opvarmning til 60-70°C. Spild fra processen antages at udgøre 0,5% i forbindelse med emballering og rengøring af blandetank.

Alternativt produkt

De alternative produkter er udelukkende fremstillet i laboratorieskala, og disse forhold antages at være repræsentative for industriel produktion. Det kan ikke udelukkes at energiforbruget herved bliver overestimeret.

For begge de beskrevne alternativer indgår der voks, og ved fremstilling af prøvebatches har det været nødvendigt at opvarme 1. alternativ til omkring 90°C og 2. alternativ til omkring 60-70°C. Spild fra processerne antages at udgøre op til 1% i forbindelse med emballering og rengøring af blandetank.

6.2.3.2 Anvendelse af færdigvarer

Rustbeskytter påføres normalt ved 2-4 bar. De alternative rustbeskyttere antages at blive påført ved samme tryk, idet et af kriterierne i udviklingsarbejdet var, at de alternative produkter skulle kunne påføres med samme udstyr, som anvendes til traditionel rustbeskytter. Viskositeten i de alternative produkter er lidt højere end i det traditionelle produkt, hvorfor 4 bar er anvendt i de videre beregninger.

Spildet ved påføring antages at være det samme for det traditionelle produkt og for de alternative produkter, og det afhænger i høj grad af den person, der udfører processen. Det betyder, at det ikke er muligt at give generelle oplysninger om spild, men det antages at ligge i intervallet 10-25%. Erfaring viser, at der tabes ½-1 l ud af 6,5 l svarende til 8-16%.

6.2.3.3 Elektricitet og termisk energi / transportprocesser

Ved fremskaffelse af råvarer / additiver til Danmark, blanding af færdigvarer og påføring af færdigvarer medgår der transportydelser og energi i form af elektricitet og procesenergi. Oplysninger om miljøbelastninger ved frembringelse af disse ydelser er baseret på energi- og transportscenarier opstillet i det danske emballagestudie^{xxxv}. Det drejer sig om følgende ydelser:

- Elektricitet, europæisk gennemsnit
- Procesenergi, naturgas, > 100 kV
- Procesenergi, let fuelolie
- Transport, lastbil
- Transport, skib

Mængden af farligt affald produceret ved kraftvarmeproduktion og udvinding af let fuelolie er fundet at være for store, hvorfor de er reduceret med en faktor 1000 og mængden af industriaffald er reduceret med en faktor 10. Mængden af farligt affald og industriaffald produceret ved udvinding af naturgas er korrigeret efter diskussion med forfatteren. Til estimering af miljøbelastningerne fra lastbiltransport er scenariet dækkende tung og medium lastbil, landlig kørsel valgt som repræsentativ for den samlede transport med lastbil, og til estimering af miljøbelastningerne fra skibstransport er scenariet dækkende 2 takt, fuelolie drevet skib valgt som repræsentativ for skibstransport.

6.2.4 Datakilder

LCA-screeningen er dels baseret på specifikke data, dels generiske data. For en række af de indgående råvarer har det ikke været muligt at finde generiske data, hvorfor der er anvendt informationer om produktion af tilsvarende råvarer. De anvendte datasæt er præsenteret i Tabel 6.3 med angivelse af datakvalitet, alder, geografisk område, reference og eventuelle kommentarer.

Tabel 6.3
 Oversigt over data anvendt i LCA-screeningen af al ternativ og traditionel
 rustbeskytter.

Materiale / proces	Estimat	Data-kvalitet	År	Geografisk område	Reference	Kommentar
Rapsolie		H	2001 / 2002	Danmark	Grinderslev & Schmidt (2002)	
Mineralsk terpentin	Naphtha	H	1990 - 1994	Europa	Boustead / APME	Ved raffinering af råolie fremkommer en række forskellige fraktioner f.eks. naphtha
Basisolie, mineralsk	Naphtha	(H) / M		Europa	Boustead / APME	Mineralolie er én af fraktionerne, der kommer ud af raffinering; anvendelse af naphtha som approksimation er sandsynligvis underestimeret
Sorbitanester	Naphtha	M		Europa	Boustead / APME	F.eks. sorbitanmonooleat
2-Butoxyethanol	Naphtha	M		Europa	Boustead / APME	
Korrosionsinhibitor	Worst case estimat	L				Som worst case estimat anvendes et energiforbrug på 40 MJ/kg svarende til 11 kWh/kg
Voks, lanolinbaseret	Voks, paraffin	M				

	i n					
Voks, paraffin- Lanolin produkt	V o k s , p a r a f f i n	H M	1997	Europa	Sasol (1998)	
Sikkativ	W o r s t c a s e e s t i m a t	L				Som worst case estimat anvendes et energiforbrug på 40 MJ/kg svarende til 11 kWh/kg
El	E u r o p æ i s k g e n n e m s n i t	H	1994 - 1995	Europa	Frees & Weidema (1998)	
Procesenergi	L e t f u e l o l i e	H	1994 - 1995	Danmark / Europa	Frees & Weidema (1998)	
Procesenergi	N a t	H	1994 - 1995	Danmark / Europa	Frees & Weidema (1998)	

	u r g a s					
Transport	L a s t b i l	H	1994 - 1995	Danmark / Europa	Frees & Weidema (1998)	
Transport	S k i b	H	1994 - 1995	Danmark / Europa	Frees & Weidema (1998)	
Blanding af færdigvarer	E s t i m e r e t		2001 / 2002	Danmark	Nielsen (1999)	Blanding af opløsningsmiddelbaseret maling antages at være repræsentativt for fremstilling af rustbeskytter kombineret med energiforbrug (el) til opvarmning
Påføring af færdigvare	E s t i m e r e t		2001 / 2002	Danmark	Nielsen (1999)	Energiforbrug til sprøjttemaling vurderes at være repræsentativt for påføring af rustbeskytter

6.2.5 Allokering

I forbindelse med processer med flere output er der gennemført allokering af miljøbelastninger. Allokering er anvendt i følgende tilfælde:

- Forarbejdning / raffinering af råolie til naphtha, fuelolie, m.v.
- Produktion af rapsolie / rapskage

Ved produktion af rapsolie fås samtidig rapskage, som kan afsættes som foderkage. Ved anvendelse af økonomisk allokering (2001-priser) er miljøpåvirkningerne fordelt mellem rapsolie og rapskage. Fordelingsnøglen er opgjort således, at 57% af miljøbelastningerne tilskrives rapsolie og 43% tilskrives rapskage.

6.2.6 Miljøvurdering

Vurdering af de potentielle miljøeffekter ved produktion og anvendelse af rustbeskytter udføres ved anvendelse af UMIP-metoden. Følgende miljøeffekter medtages i vurderingen:

- Drivhuseffekt
- Forsuring
- Næringssaltbelastning
- Fotokemisk ozondannelse
- Human toksicitet

- Affald (fordelt på farligt affald, industri- og mineralsk affald samt volumenaffald)
- Forbrug af ressourcer

Endvidere er arbejdsmiljøforholdene ved anvendelse af traditionel såvel som vegetabilskbaseret rustbeskytter beskrevet og vurderet.

Tabel 6.4

Oversigt over stoffer, der bidrager til de udvalgte miljøeffekter.

	Drivhuseffekt	Forsuring	Nærings salt-belastning	Fotokemisk ozondannelse	Human / Økotoxicitet
Emissioner til luft					
As					+
Cd					+
CH4	+			+	
Co					+
CO					+
CO2	+				
Cr					+
Cu					+
Dioxin					+
HCl		+			
HF		+			
Hg					+
NH3		+	+		
N2O	+		+		+
Ni					+
nmVOC				+	
NOx		+	+		+
PAH					+
Partikler					+
Pb					+
SO2		+			+
Zn					+
Emissioner til vand					
NH4+		+	+		
NO3-		+	+		
PO43-		+	+		
Total-N			+		
Total-P			+		
As					+
Cd					+
Hg					+
Ni					+
Pb					+

6.2.7 Begrænsninger / udeladelser

Begrænsninger og udeladelser i vurderingen er gennemgået herunder:

- For råvarer, hvor der ikke er fundet LCA informationer, er emissioner estimeret ud fra antagelse om et energiforbrug på 40 MJ/kg svarende til 11 kWh/kg; for andre råvarer er der anvendt analogibetragtninger.
- Der er ikke medtaget en bortskaffelsesfase, idet produktet bliver siddende indtil det bliver slidt af (og således bliver spredt i miljøet), eller det bliver rensat af ved genbehandling af emnet (herved bliver det bortskaffet som kemikalieaffald).
- Arbejdsmiljø er udelukkende diskuteret i forhold til håndtering og påføring af rustbeskytteren.

6.3 Opgørelse af miljøbelastninger

6.3.1 Blanding af råvarer

Energiforbruget ved fremstilling af traditionel og alternativ rustbeskytter er opgjørt i Tabel 6.5. Energiforbruget til opvarmning er estimeret ud fra en antagelse om en gennemsnitlig varmekapacitet for råvarerne på 2 kJ/kg °C.

Tabel 6.5

Opgørelse af energiforbrug til fremstilling af traditionel og alternativ rustbeskytter (1.000 kg).

		Reference	Alternativ 1	Alternativ 2
Energiforbrug, omrøring	kWh	40	40	40
Blandingstemperatur	°C	65	90	65
Opvarmning	°C	50	75	50
Energiforbrug, opvarmning	kJ	100.000	150.000	100.000
Energiforbrug, opvarmning	kWh	28	42	28
Energiforbrug, ventilation	kWh	200		
Energiforbrug, i alt	kWh	268	82	68

Emissionen af flygtige organiske forbindelser fra blanding af den traditionelle rustbeskytter er ikke kendt, men som et worst case estimat - baseret på produktion af opløsningsmiddelbaseret maling³⁴ - antages emissionen at være 6% af den indgående mængde. Emissionen angives at være nmVOC (flygtige organiske forbindelser undtagen methan). Fordampning og emission fra fremstilling af de alternative rustbeskyttere antages at være forsvindende.

6.3.2 Påføring af rustbeskytter

I en opgørelse af energiforbrug ved anvendelse af opløsningsmiddelbaseret maling³⁴ er energiforbruget til sprøjtning estimeret til 0,129 kWh/kg og energiforbruget til udsugning estimeret til 0,97 kWh/ton. Disse værdier antages at være repræsentative for påføring af rustbeskytter og under forudsætning af, at det kun anvendes udsugning ved påføring af traditionel rustbeskytter.

6.3.3 Transport

Transportbehovet for de forskellige undervognsbehandlingsmidler er opgjørt i Tabel 6.6, Tabel 6.7 og Tabel 6.8. Transportbehovet er opgjørt ud fra en antagelse om, hvor de forskellige råvarer er produceret.

Tabel 6.6

Opgørelse af transportbehov ved fremstilling af traditionel rustbeskytter.

Traditionel Råvare	Mængde kg	Oprindelse Land	Transport- middel		Transport- mængde	
			Lastbil km	Skib km	Lastbil kgxkm	Skib kgxkm
Mineralsk terpentin	0,45	EU		800	-	360
Basisolie	0,415	EU		800	-	332
2-butoxyethanol	0,02	D	600		12	-
Korrosionsinhibitor	0,04	D	600		24	-
Voks, lanolinbaseret	0,075	D	600		45	-
I alt	1				81	692

Tabel 6.7
Opgørelse af transportbehov ved fremstilling af alternativ rustbeskytter (alternativ 1).

Alternativ 1	Mængde	Oprindelse	Transportmiddel		Transportmængde	
			Lastbil	Skib	Lastbil	Skib
Råvare	kg	Land	km	km	kgxkm	kgxkm
Rapsolie	0,775	DK	200	-	155	-
Korrosionsinhibitor	0,15	D	600	-	90	-
Voks, paraffin	0,02	D	600	-	12	-
Lanolin produkt	0,03	D	600	-	18	-
Sikkativ	0,025	D	600	-	15	-
I alt	1				290	-

Tabel 6.8
Opgørelse af transportbehov ved fremstilling af alternativ rustbeskytter (alternativ 2).

Alternativ 2	Mængde	Oprindelse	Transportmiddel		Transportmængde	
			Lastbil	Skib	Lastbil	Skib
Råvare	kg	Land	km	km	kgxkm	kgxkm
Rapsolie	0,475	DK	200	-	95	-
Sorbitanester	0,45	EU	-	800	-	360
Voks, paraffin	0,01	D	600	-	6	-
Lanolin produkt	0,04	D	600	-	24	-
Sikkativ	0,025	D	600	-	15	-
I alt	1				140	360

Transporten antages at foregå med medium-tung lastbil (landlig kørsel) og skib (2-takt, fuelolie).

6.4 Vurdering af potentielle miljøeffekter

De potentielle miljøeffekter ved fremstilling af traditionel rustbeskytter og alternative formuleringer af rustbeskyttere baseret på vegetabiliske råvarer er sammenlignet ved følgende parametre:

- Drivhuseffekt
- Forsuring
- Næringssaltbelastning
- Fotokemisk ozondannelse
- Humantoksicitet

Herudover er ressourcer, affald samt betydningen for arbejdsmiljøet diskuteret.

De samlede miljøbelastninger er vist i Tabel 6.9. Tabellen viser, at den traditionelle rustbeskytter udviser den største potentielle effekt hvad angår drivhuseffekt, fotokemisk ozondannelse (smog) og human toksicitet, mens alternativ 1 udviser den største potentielle effekt hvad angår forsuring og næringssaltbelastning.

Tabel 6.9
Samlede miljøeffekter for traditionel og alternative rustbeskyttere.

		Traditionel	Alternativ 1	Alternativ 2
Drivhuseffekt	g CO ₂ /FE	235	119	64
Forsuring	g SO ₂ /FE	1,0	7,1	4,3
Næringssaltbelastning	g NO ₃ /FE	0,64	15	9
Fotokemisk ozondannelse	g C ₂ H ₄ /FE	22	0,016	0,009
Human toksicitet via luft	m ³ /FE	4,50E+05	5,77E+03	5,27E+03

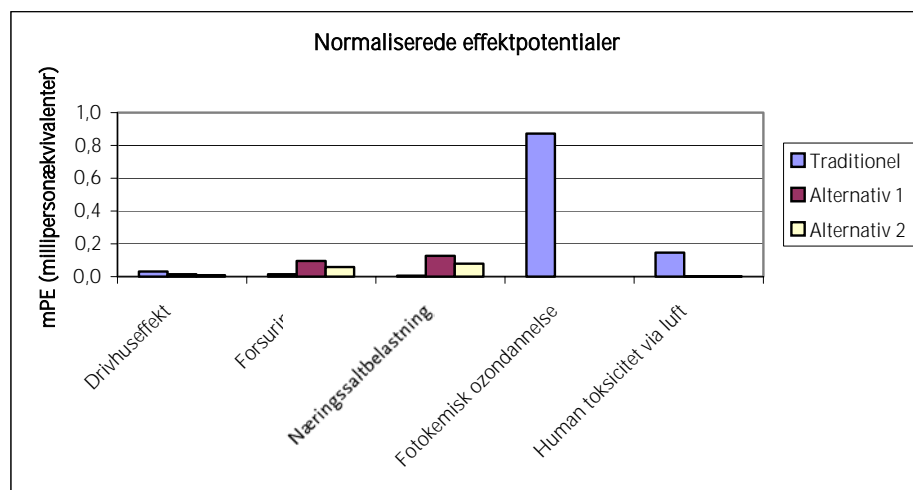
FE Funktionel enhed; den funktionelle enhed er defineret som behandling af 1 m² overflade med en filtykkelse på 50 µm.

Parametrene er præsenteret enkeltvis fordelt på råvareproduktion, fremstilling af produkt og påføring af produkt herunder. For alle potentielle miljøeffekter gælder, at transport ikke giver noget nævneværdigt bidrag til den samlede miljøeffekt.

Normaliserede miljøeffekter er vist i Tabel 6.10 og illustreret i Figur 6.3. Ved normalisering relateres hver enkelt miljøeffekt til den årlige belastning per person inden for et nærmere defineret område (for drivhuseffekt er normaliseringsreference dækkende hele verden anvendt og for de øvrige effekter er normaliseringsreferencer dækkende Europa (EU-15) anvendt). Det betyder, at den normaliserede effekt kan udtrykkes som personækvivalent, hvorved størrelsesordenen på de enkelte parametre bliver sammenlignelig.

Tabel 6.10
Normaliserede miljøeffekter.

		Traditionel	Alternativ 1	Alternativ 2
Drivhuseffekt	mPE	0,030	0,015	0,0084
Forsuring	mPE	0,014	0,10	0,058
Næringssaltbelastning	mPE	0,0053	0,13	0,079
Fotokemisk ozondannelse	mPE	0,87	0,0006	0,0004
Human toksicitet via luft	mPE	0,15	0,0019	0,0017



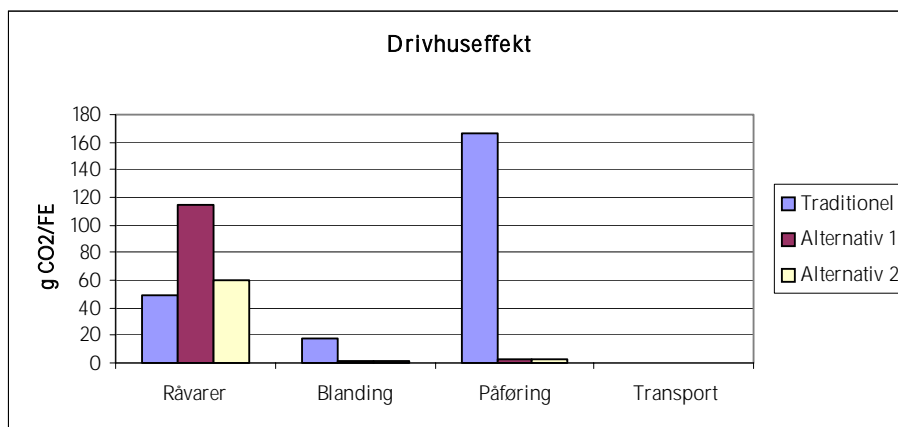
Figur 6.3
Normaliserede effektpotentialer.

Tabellen og figuren viser, at de væsentligste miljøeffekter er fotokemisk ozondannelse og human toksicitet for den traditionelle rustbeskytter. Denne sammenligning på tværs af miljøeffekter skal dog tages med forbehold, idet

især bestemmelse af effektpotentialet for human toksicitet er behæftet med en væsentlig usikkerhed.

6.4.1 Drivhuseffekt

Den potentielle drivhuseffekt for det traditionelle produkt og de to alternativer er præsenteret i Figur 6.4.



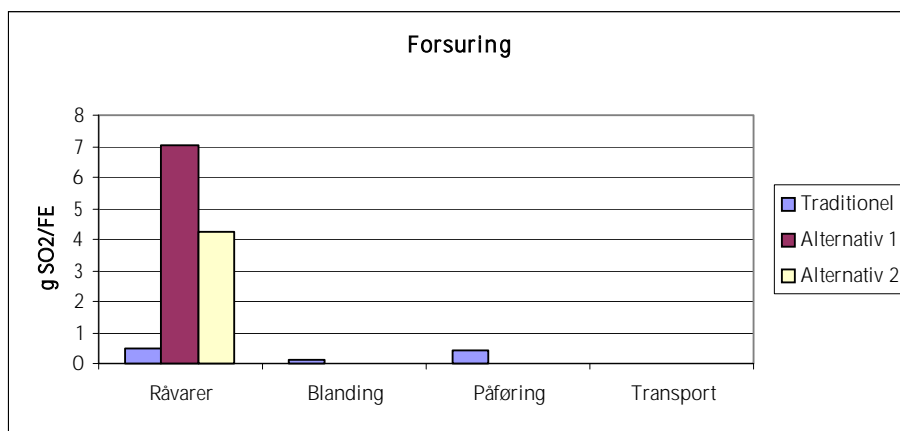
Figur 6.4
Potentiell drivhuseffekt ved fremstilling og anvendelse af traditionel og alternativ rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer.

Den traditionelle rustbeskytter udviser den største potentielle drivhuseffekt, og det er i faserne råvareproduktion og påføring de største bidrag forekommer. Bidraget fra råvareproduktionen kan primært tilskrives energirelaterede emissioner, mens bidraget fra påføring (og blanding) dels kan tilskrives energirelaterede emissioner, dels emissionen af organisk opløsningsmiddel. Det er antaget at 100% af den afgivne mængde emitteres til det ydre miljø, og det drejer sig om 6% af den tilsatte mængde ved blandingen og de totale mængder i det færdige produkt, idet opløsningsmidlet fordampes efter påføring og efterlader en film på den behandlede overflade.

For de to alternativer forekommer det største bidrag til drivhuseffekten i fasen råvareproduktion. Her giver korrosionsinhibitor (alternativ 1) og sikkativ (alternativ 1 og 2) væsentlige bidrag. I følsomhedsanalysen (afsnit 6.4.9) er betydningen af en fordobling af det estimerede energiforbrug til fremstilling af de to råvarer diskuteret.

6.4.2 Forsuring

Den potentielle forsuring for det traditionelle produkt og de to alternativer er præsenteret i Figur 6.5.

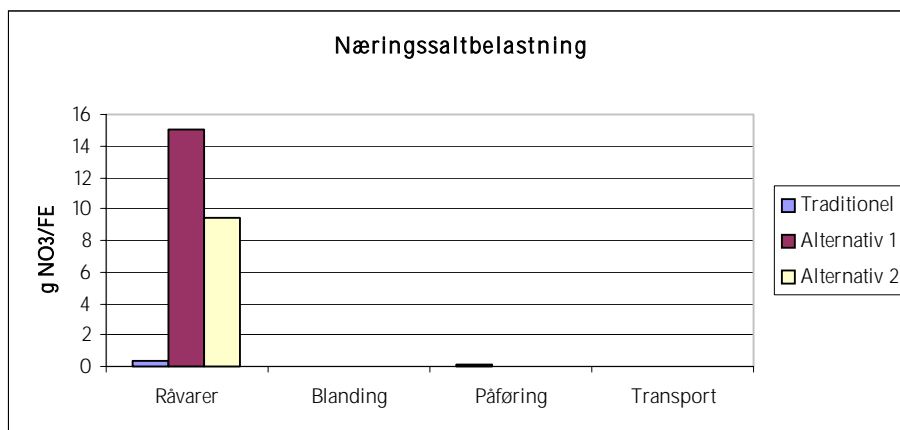


Figur 6.5
Potentiel forsurening ved fremstilling og anvendelse af traditionel og alternativ rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer

Forsuring er ofte knyttet til energirelaterede emissioner, men i dette tilfælde ses det største bidrag til forsurening at forekomme i fasen råvareproduktion. Det store bidrag kan forklares ved afdampning af ammoniak samt udvaskning af ammonium og nitrat fra produktion af rapsfrø.

6.4.3 Næringssaltbelastning

Den potentielle næringssaltbelastning for det traditionelle produkt og de to alternativer er præsenteret i Figur 6.6.

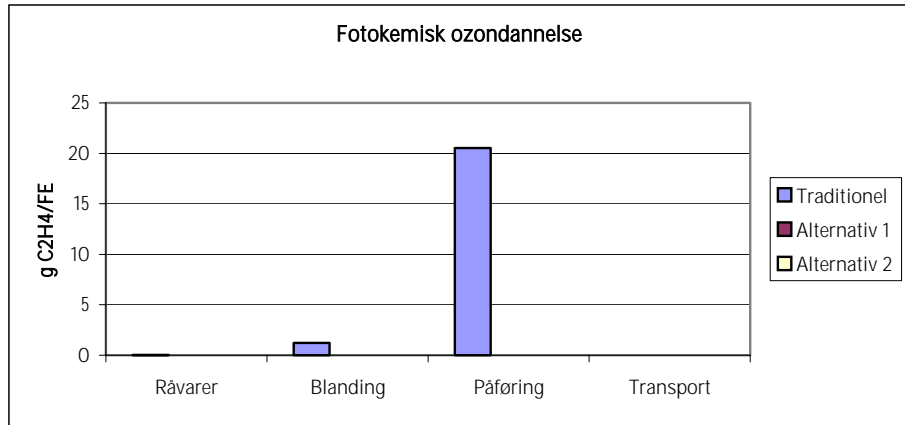


Figur 6.6
Potentiel næringssaltbelastning ved fremstilling og anvendelse af traditionel og alternativ rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer.

De to alternativer udviser langt det største bidrag til næringssaltbelastninger, og som for forsurening kan det forklares ved afdampning af ammoniak og dinitrogenoxid samt udvaskning af ammonium, nitrat og total-N og total-P fra dyrkning af raps.

6.4.4 Fotokemisk ozondannelse

Den potentielle fotokemiske ozondannelse for det traditionelle produkt og de to alternativer er præsenteret i Figur 6.7.

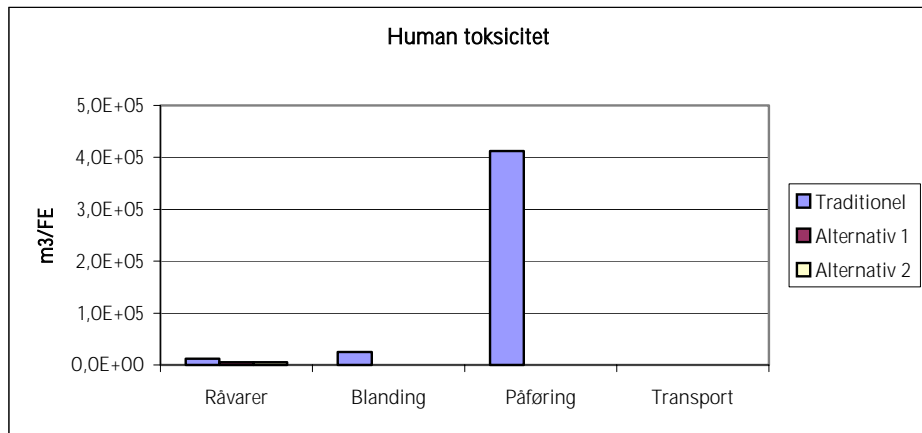


Figur 6.7
Potentiel fotokemisk ozondannelse ved fremstilling og anvendelse af traditionel og alternativ rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer.

Fotokemisk ozondannelse er knyttet til emission af flygtige organiske stoffer (VOC), og figuren viser et bidrag fra blanding og påføring af traditionel rustbeskytter. Bidraget kan i overvejende grad tilskrives emissionen af organisk opløsningsmiddel, hvoraf der emitteres 6% af den tilsatte mængde under blandingen og 100% af indholdet af organisk opløsningsmiddel i det færdige produkt emitteres.

6.4.5 Human toksicitet

Den potentielle humane toksicitet for det traditionelle produkt og de to alternativer er præsenteret i Figur 6.8



Figur 6.8
Potentiel humantoksikologisk belastning (emission til og eksponering via luft) ved fremstilling og anvendelse af traditionel og alternativ rustbeskytter baseret på vegetabiliske råvarer.

Humantoksiske effekter er knyttet til en lang række stoffer, som kan være energi- som procesrelaterede emissioner. Den største potentielle effekt udviser den traditionelle rustbeskytter, og da de største bidrag forekommer ved blanding og under påføring kan bidraget tilskrives emissionen af flygtige organiske opløsningsmidler.

6.4.6 Arbejdsmiljø

Arbejdsmiljøproblemer knyttet til produktion og anvendelse af rustbeskytter kan primært tilskrives anvendelse af kemiske stoffer. Der er ikke i forbindelse med screeningen indhentet oplysninger om arbejdsmiljøforhold fra producenter af de indgående råvarer. Råvareproduktion og fremstilling af rustbeskytter foregår formodentlig i lukkede systemer, hvorfor arbejdsmiljøproblemer knyttet hertil vil være begrænsede.

Her vil udelukkende blive omtalt problemer ved håndtering og påføring af rustbeskytter. Eksponeringen kan forekomme ved kontakt med produkterne, ved indånding af dampe eller aerosoler. For traditionel rustbeskytter vil der kunne forekomme udsættelse ved kontakt såvel som ved indånding af aerosoler og dampe, mens der for vegetabilskbaseret rustbeskytter vil kunne forekomme udsættelse ved kontakt og ved indånding af aerosoler.

De potentielle effekter ved udsættelse for indholdsstoffer i rustbeskytter baseret på vegetabilske råvarer er vist for de indgående råvarer i afsnit 4.

Råvarerne, der indgår i referenceproduktet, er ikke vurderet i forbindelse med miljø- og sundhedsscreeningen af potentielle råvarer. Det indeholder ifølge sikkerhedsdatabladet dearomatiseret mineralisk terpentin (Xn; R22) og 2-buthoxyethanol (Xn; R20/21/22, 37) samt andre stoffer, der ikke har indflydelse på produktets klassificering (stoffer der er enten ikke-klassificerede eller som forekommer i en koncentration, der gør at de ikke bidrager til produktets klassificering). De klassificerede stoffer vil udgøre en potentiel risiko ved såvel kontakt som indånding af aerosoler og dampe. Opløsningsmidlet vil især udgøre en risiko ved indånding, idet det samlede indhold af opløsningsmidler fordampes i forbindelse med påføringen.

Råvarer, der indgår i de vegetabilsk baserede rustbeskyttere, er ikke udspecificeret, men udelukkende angivet ved råvaretype. Inden for de forskellige funktionelle grupper er de kritiske råvarer linolie (potentielt allergen), og cobaltholdige sikkativer (hudirriterende/potentielt kræftfremkaldende). Disse råvarer vil kunne give problemer ved såvel kontakt som ved indånding af aerosoler.

Samlet set vurderes påføring af de vegetabilsk baserede rustbeskyttere at give anledning til mindre risiko end den traditionelle rustbeskytter, idet de farlige stoffer forekommer i lave koncentrationer i vegetabilskbaseret rustbeskytter - med mindre linolie anvendes som basisolie. Korrosionsinhibitorerne forekommer i en koncentration på op til 15% (op til 45% for en ikke-problematisk korrosionsinhibitor). Sikkativerne forekommer som en blanding af forskellige organiske metalsalte opløst i f.eks. naphtha i op til 2,5% hvilket betyder, at indholdet af f.eks. cobaltbis(2ethylhexanoat) vil være under 1%. De organiske opløsningsmidler i den traditionelle rustbeskytter udgør op til 50%, som fordampes ved påføringen.

6.4.7 Ressourcer

Ressourceforbruget er opgjort som brunkul, kul, olie, naturgas og uspecificeret biobrændsel; se Tabel 6.11. Hertil kommer forbrug af rapsfrø til produktion af rapsolie, men denne ressource genereres i første fase af

livsforløbet ved input af gødning, pesticider og markarbejde, hvorfor mængden ikke indgår i opgørelsen som ressource.

Tabel 6.11

Ressourceforbrug opdelt på brunkul, kul, olie, naturgas og uspecificeret biobrændsel (f.eks. rapsolie) ved fremstilling og brug af traditionel og vegetabilskbaseret rustbeskytter.

	Brunkul g	Kul g	Olie g	Naturgas g	Uspecificeret biobrændsel g
Traditionel	225	287	1.057	103	0,049
Alternativ 1	266	345	226	160	5,37
Alternativ 2	61,8	87,2	578	114	3,33

Forbruget af brunkul og kul er primært knyttet til fremstilling af el (europæisk), mens forbruget af olie primært er knyttet til fremstilling af råvarer i form af opløsningsmidler og basisolier. Det største forbrug af brunkul og kul ses for alternativ 1 og den traditionelle rustbeskytter, mens det største forbrug af olie ses for den traditionelle rustbeskytter og alternativ 2.

6.4.8 Affald

Den producerede mængde affald er opgjort som farligt affald, industri- og mineralsk affald samt volumenaffald for råvareproduktion, produktion af færdigvare samt anvendelse af rustbeskytteren (påføring); se Tabel 6.12.

Tabel 6.12

Affald fordelt på farligt affald, industri- og mineralsk affald samt volumenaffald produceret ved fremstilling og brug af traditionel og vegetabilskbaseret rustbeskytter.

		Råvarer	Blanding	Påføring	Transport	I alt
Traditionel						
Farligt affald	g/FE	0,028	0,00022	0,00088	0,00030	0,030
Industri- og mineralsk affald	g/FE	0,42	0,12	0,50	0,0029	1,05
Volumenaffald	g/FE	1,90	1,13	4,63	-	7,67
Alternativ 1						
Farligt affald	g/FE	0,0016	0,000033	0,000052	0,00037	0,0021
Industri- og mineralsk affald	g/FE	0,45	0,019	0,029	0,0037	0,50
Volumenaffald	g/FE	4,09	0,17	0,27	-	4,54
Alternativ 2						
Farligt affald	g/FE	0,0071	0,000027	0,000052	0,00020	0,0074
Industri- og mineralsk affald	g/FE	0,12	0,015	0,029	0,0020	0,17
Volumenaffald	g/FE	0,63	0,14	0,27	-	1,05

For de tre typer af affald er det fremstilling og anvendelse af traditionel rustbeskytter, der giver anledning til den største mængde affald per funktionel enhed.

Ud over de i tabellen angivne mængder forekommer der affald ved påføring. Ved påføring af traditionel rustbeskytter (behandling af en bil) forekommer der et spild på ½-1 l ud af 6,5 l svarende til 8-16%. Spildet er afdryp, og mængden afhænger af mekanikerens rutine. Spildet kan angiveligt regenereres, men det vil ofte være forurenet med snavs m.v. fra bilen, hvorfor regenerering ikke er hyppigt forekommende. Der er ikke erfaringer med påføring af de alternative rustbeskyttere, hvorfor det antages at spildet udgør samme andel. Der anvendes imidlertid mindre mængde rustbeskytter per

areal, hvorved den dannede mængde affald vil blive tilsvarende mindre. Spildet fra behandlingen vil være at regne som farligt affald.

6.4.9 Følsomhedsanalyse

Der er gennemført følsomhedsanalyse på følgende parametre:

- Estimeret energiforbrug til fremstilling af stoffer, hvor der ikke findes LCA-relaterede oplysninger (11,1kWh/22,2 kWh)

Resultaterne af følsomhedsanalysen på energiforbrug til fremstilling af ukendte stoffer er vist i Tabel 6.13. Tabellen viser, at det er de energirelaterede effekter (drivhuseffekt og forsurening), der ændrer sig, hvilket er helt i overensstemmelse med, at det er energiforbrug til produktion af visse råvarer, der er ændret. Den største reduktion ses ved alternativ 1, som og har det højeste indhold af korrosionsinhibitor/sikkativ. Ændringen har således ingen indflydelse på det overordnede resultat.

Tabel 6.13
Følsomhedsanalyse på energiforbrug til fremstilling af stoffer med ukendt energiforbrug.

		Traditionel		Alternativ 1		Alternativ 2	
		Fordoblet	Basis	Fordoblet	Basis	Fordoblet	Basis
Drivhuseffekt	g CO ₂ /FE	251	233	157	118	70	64
Forsuring	g SO ₂ /FE	1,2	1,00	7,8	7,4	4,6	4,5
Næringssalt-belastning	g NO ₃ /FE	0,68	0,61	16	16	9,9	9,9
Fotokemisk ozondannelse	g C ₂ H ₄ /FE	22	22	0,026	0,016	0,011	0,0091
Human toksicitet via luft	m ³ /FE	4,50E+05	4,49E+05	1,28E+04	1,07E+04	8,50E+03	8,18E+03

6.5 Fortolkning af resultaterne

Vurderingen af de enkelte miljøeffekter viser, at den traditionelle rustbeskytter udviser størst potentiale for drivhuseffekt, fotokemisk ozondannelse og human toksicitet, mens de alternative rustbeskyttere udviser størst potentiale for forsurening og næringssaltbelastning. For den traditionelle rustbeskytter kan potentialet forklares ved bidrag fra emission af organiske opløsningsmidler (VOC), mens potentialet for de alternative rustbeskyttere kan forklares ved fremstilling af rapsolie, og det største potentiale ses for produktet med det største indhold af rapsolie.

De vegetabilsk baserede rustbeskyttere vurderes at give anledning til færre potentielle arbejdsmiljøproblemer, idet udsættelse i overvejende grad er begrænset til kontakt og indånding af aerosoler, mens den traditionelle rustbeskytter giver mulighed for udsættelse ved kontakt samt ved indånding af aerosoler og dampe. Den traditionelle rustbeskytter indeholder endvidere en større andel farlige stoffer, som f.eks. resulterer i afdampning af halvdelen af den tilførte mængde i form af opløsningsmidler.

Følsomhedsanalysen på det estimerede energiforbrug til fremstilling af ikke kendte råvarer viser, at en fordobling af energiforbruget (som er estimeret ud fra en worst case betragtning) ikke ændrer det overordnede resultat af vurderingen. I

8 Litteraturliste

-
- i** www.dinitrol.dk; 20-11-2002
- ii** www.fyunce.dk; 20-11-2002
- iii** www.corr-institute.se/english/reports/rep97_e5.html; 06-11-2002
- iv** Patent EP 0057488; 1982; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- v** Patent EP 0259271; 1989; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- vi** Patent US 5348575; 1994; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- vii** Muntada L.; "The use of vegetable oils in lubricating greases"; Presented at the first CTVO-net workshop on lubricants and hydraulic fluids (17/2-99); (www.dainet.de/fnr/ctvo/lubricants/muntada.doc ; 12/5-2000)
- viii** Patent US 4201681; 1980; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- ix** Patent GB 990653; 1965; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- x** Patent GB 639814; 1950; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- xi** Patent EP 038512; 1990; Tilgængelig på www.espacenet.dk
- xii** www.clariant.com
- xiii** Miljøstyrelsen (2002). Listen over farlige stoffer. Bekendtgørelse nr. 439 af 3. juni 2002; Tilgængelig på <http://www.mst.dk>.
- xiv** Miljøstyrelsen (2003). Vejledende liste til selvklassificering af farlige stoffer; Tilgængelig på <http://www.mst.dk>.
- xv** N-Class database; Tilgængelig på <http://www.kemi.se>.
- xvi** The International Agency for Research on Cancer (IARC); Tilgængelig på <http://www.iarc.fr>.
- xvii** Hazardous Substances Data Bank (HSDB®); Tilgængelig på <http://www.nlm.nih.gov>.
- xviii** The National Toxicology Program (NTP); Tilgængelig på <http://ntp-server.niehs.nih.gov>.
- xix** The ECOTOX (ECOTOXicology) database; Tilgængelig på <http://www.epa.gov>.
- xx** Chemfate; Tilgængelig på <http://esc.syrres.com>.
- xxi** Integrated Risk Information System (IRIS); Tilgængelig på <http://www.epa.gov>.
- xxii** Wenzel H, Hauschild M, Alting L (1997). Environmental assessment of products. Volume 1 Methodology, tools and case studies in product development. London: Chapman & Hall.
- xxiii** Jensen AA, Tüchsen F (1990). Cobalt exposure and cancer risk. Critical review in Toxicology 20(6):427-437.
- xxiv** Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and framework. EN ISO 14040, 1997.
- xxv** Environmental management - Life Cycle Assessment - Goal and scope definition and inventory analysis. ISO 14041, 1998.
- xxvi** Environmental management - Life Cycle Assessment - Life cycle impact assessment. ISO 14042.
- xxvii** Environmental management - Life Cycle Assessment - Life cycle interpretation. ISO 14043.
- xxviii** Hauschild MZ, Wenzel H (1998). Environmental assessment of products. Volume 2: Scientific background. London: Chapman & Hall.
- xxix** Boustead I. Eco-profiles. Findes på www.apme.org.
- xxx** Grinderslev M, Schmidt A (2002). LCA af rapsolie og dieselolie til minikraftvarme. Udarbejdet af dk-TEKNIK ENERGI & MILJØ for NESAs.

-
- xxx**i Boustead I. Eco-profiles; Tilgængelig på www.apme.org.
- xxx**ii Sasol. Sasol Environmental Report 1998; Tilgængelig på www.sasol.com.
- xxx**iii Sasol Wax. Production process paraffin waxes; Tilgængelig på www.sasolwax.com.
- xxx**iv Nielsen CW (1999). Livscyklusvurdering af 3 typer maling. Miljøprojekt nr. 488. København: Miljøstyrelsen.
- xxx**v Frees N, Weidema B (1998). Life cycle assessment of packaging systems for beer and soft drinks. Energy and transport scenarios - Technical report 7. Miljøprojekt nr. 406. København: Miljøstyrelsen.