

Handlingsplan for 'Heavy Duty' branchen

Anne Abildgaard og Henrik Frederiksen
COWI A/S

Peter Svane
Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning Aps.

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

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

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

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	13
1.1 BAGGRUND	13
2 KORTLÆGNING AF HEAVY-DUTY BRANCHEN	15
2.1 BESKRIVELSE AF HEAVY-DUTY BRANCHEN	15
2.2 BRUGERNE (UDFØRENDE)	16
2.3 MALINGLEVERANDØRER	18
2.4 Udstyrsleverandører	19
3 MILJØ- OG ARBEJDSMILJØBELASTNINGER	20
3.1 OVERFLADEBEHANDLING AF STÅLKONSTRUKTIONER	20
3.2 MILJØ- OG ARBEJDSMILJØBELASTNINGER I ET LIVSCYKLUSPERSPEKTIV	20
3.2.1 Forbrug af ressourcer	22
3.2.2 Energiforbrug	23
3.2.3 Kemiske stoffer	23
3.2.4 Arbejds miljø	24
3.3 PRIORITERING AF MILJØ- OG ARBEJDSMILJØBELASTNINGER	24
4 KATALOG OVER RELEVANTE PROJEKTER	25
4.1 KORTLÆGNING AF PROJEKTIDEER	25
4.2 KOMMENTARER TIL DE OPRINDELIGE PROJEKTIDÉER	26
4.3 NYE PROJEKTIDEER SAMT KOMMENTARER HERTIL	27
5 ANALYSE AF UDVALGTE PROJEKTER	29
5.1 MULIGE PROJEKTIDEER	29
5.2 VURDERINGSMETODE	29
5.3 BESKRIVELSE AF DE MULIGE INDSATSOMRÅDER	30
5.3.1 Udvikling af en bemanded, liftbåren kabine til såvel blæserensning som malingspåføring	30
5.3.2 Udvikling af elektrostatisk udvendig sprøjtepåføring af maling på større stålkonstruktioner.	30
5.3.3 Udvikling af automatisk (robot) påføring af maling på vindmøletårne	30
5.3.4 Udvikling af vacuumblæsemetode og udstyr til denne	30
5.4 VURDERING AF PROJEKTIDEERNE	30
5.4.1 Udvikling af en bemanded, liftbåren kabine til såvel blæserensning som malingspåføring	30
5.4.2 Udvikling af elektrostatisk sprøjtning til brug i fri luft	32

5.4.3	Udvikling af automatisk (robot) påføring af maling på vindmøletårne	34
5.4.4	Udvikling af vacuumblåsemetode og udstyr til denne	35
5.4.5	Informationsprojekt	36
5.5	SAMMENFATTENDE VURDERING AF PROJEKTIDEER	36
6	NYHEDSVÆRDI AF UDVALGTE PROJEKTER	39
6.1	BEMANDET LIFTBÅREN KABINE	39
6.2	MALING PÅ VINDMØLLETÅRNE	39
7	FORSLAG TIL HANDLINGSPLAN FOR HEAVY-DUTY BRANCHEN	41
7.1	UDVIKLING AF UDSTYR TIL AUTOMATISERET PÅFØRING AF MALING PÅ VINDMØLLETÅRNE.	41
7.1.1	Baggrund og formål	41
7.1.2	Fremgangsmåde	41
7.1.3	Tidsplan og budget	43
7.2	UDARBEJDELSE AF TILLÆG TIL DS/ISO 12944 "KORROSIONSBESKYTTELSE AF STÅLKONSTRUKTIONER" MED VÆGT PÅ MINDRE MILJØBELASTENDE LØSNINGER	43
7.2.1	Baggrund og formål	43
7.2.2	Fremgangsmåde	44
7.2.3	Tidsplan og budget	45
8	REFERENCER	47

Forord

Korrosionshindrende overfladebehandling af stålkonstruktioner, skibe og vindmølleårne er nødvendig, men omkostningskrævende og både miljømæssigt og arbejdsmiljømæssigt belastende. På grund af de store værdier, der her skal beskyttes mod rust, er udviklingen af materialevalg og processer tøvende og temmelig konservativ.

For at befordre udviklingen startede Arbejdstilsynet og Miljøstyrelsen i 2000 et udviklingsprojekt af nye metoder og materialer indenfor området. Af forskellige årsager nåede arbejdet imidlertid ikke længere end til et forprojekt (rapporteret i 2001), som rummede en række forslag til efterfølgende udviklingsprojekter.

I 2004 viste der sig en mulighed for at gennemføre et brancheudviklingsprojekt for "Heavy Duty branchen" i Miljøstyrelsens regi. Dette projekt er drøftet med en kæde af involverede brancheforeninger, og på Miljøstyrelsens opfordring er der gennemført et begrænset forprojekt - en ajourføring af det tidligere nævnte arbejde med særligt hensyn til projektideernes livscyklusperspektiv og nyhedsværdi.

Nærværende rapport gør rede for dette forprojekt. Arbejdet har medført en drejning fra de tidligere projektideer mod helt nye forslag. Det skyldes dels udviklingen i den forløbne tid, dels at projekterne skal kunne gennemføres inden for de givne økonomiske rammer.

Rapporten er udarbejdet af Anne Abildgaard og Henrik Frederiksen, COWI A/S i samarbejde med Peter Svane, Overfladeteknik, Maleteknisk Rådgivning Aps.

Sammenfatning og konklusioner

Kortlægning af Heavy-duty branchen

Dette projekt har til formål at identificere relevante udviklingsprojekter til reduktion af miljø- og arbejdsmiljøbelastninger fra heavy-duty branchen. Heavy-duty branchen udfører og overfladebehandler store stålkonstruktioner. Det er haller, fabriksbygninger, broer, skibe og vindmølletårne.

Branchen er samlet set i vækst, dels på grund af en stigning i brugen af stålkonstruktioner til haller og andre bygninger og dels et stigende marked indenfor vindmølleproduktion. Omsætningen i branchen er skønnet til ca. 1,3 mia. kr. Det skønnes, at de værdier branchen beskytter og vedligeholder udgør omkring 50 mia. kr.

Overfladebehandlingen kan foregå udendørs eller inde i store haller. Før overfladebehandlingen udføres, afrenses overfladen for rust og eventuel tidligere maling. Afrensningen medfører risiko for spredning af støv og blæsemiddel til omgivelserne. Den efterfølgende overfladebehandling foregår med opløsningsmiddelholdige malinger. Det betyder, at der sker en emission til det omgivende miljø af organiske opløsningsmidler (VOC). Malingen består desuden ofte af epoxy eller polyurethanmalinger, som har sundhedsskadelige effekter.

Overfladebehandlingen foregår typisk ved manuel påføring, og det betyder en udsættelse af de udførende for sundhedsskadelige stoffer som epoxy og opløsningsmidler. Det er derfor nødvendigt at anvende personlige værnemidler i udstrakt grad for at reducere påvirkningen.

Kortlægningen af branchen viser, at de væsentligste miljø- og arbejdsmiljøbelastninger udgøres af udledning af opløsningsmidler, støv og blæsemidler samt udsættelse af personer, der udfører overfladebehandlingen for sundhedsskadelige stoffer herunder opløsningsmidler.

Branchen er underlagt reglerne i EU's VOC direktiv, dvs. branchen er forpligtiget til at reducere udledningen af opløsningsmidler til miljøet i løbet af de kommende år. For at nå dette mål er det nødvendigt enten at skifte til andre malinger med mindre indhold af opløsningsmidler, reducere forbruget af malinger med opløsningsmidler eller finde alternativer malingstyper.

Kataloget over relevante projekter

Projektet har identificeret en række relevante udviklingsprojekter, der kan reducere miljø- og arbejdsmiljøbelastningerne fra branchen. Der er gennemført en vurdering af projekterne i forhold til potentialet for reduktion af branchens miljø- og arbejdsmiljøbelastninger samt en vurdering af projekternes nyhedsværdi.

Der er identificeret projekter indenfor sammenligning af afrensningsmetoder med fokus på økonomi. Projekterne er vurderet at være for specifikke og ikke

relevante for hele branchen. Et andet projektforslag vedrører undersøgelse af forurening af overflader i forbindelse med genbrug af blæsemiddel. Dette projekt er imidlertid allerede i gang i et andet regi.

En projektidé vedrørende en vurdering af alternative blæsemidlers miljø- og arbejdsmiljøbelastninger er ikke længere så aktuelt, da et alternativ (Carbogrit), som forventes at blive dominerende, allerede er dokumenteret. En undersøgelse af blæsemidlers effektivitet er heller ikke aktuel længere, da Carbogrit allerede er undersøgt for de samme parametre.

En projektidé omhandlende en vurdering af håndholdte rensværktøjers effektivitet er vurderet at være for specifik til at være relevant som et udviklingsprojekt for hele branchen.

Vurderingen peger på, at en del af de identificerede projekter er for specifikke og ikke indeholder væsentlige miljø- og arbejdsmiljømessige gevinster.

Tilbage er der tre projekter, som alle indeholder væsentlige miljø- og arbejdsmiljømessige potentialer. Det er følgende projektidéer:

- en bemanded, liftbåren kabine til blæserensning og påføring af maling
- udvikling af automatiseret malingspåføring på vindmølleårne
- information til rådgivere og projekterende

Forslag til udviklingsprojekter

De to projekter omhandlende en bemanded, liftbåren kabine til blæserensning og påføring af maling og udvikling af automatiseret malingspåføring på vindmølleårne er vurderet i forhold til hinanden med hensyn til miljø- og arbejdsmiljømessige potentiale.

Vurderingen viser, at der er størst gevinst med hensyn til reduktion af ressourcer og miljøbelastning for projektet til vindmølleårne. Dette projekt er derfor udvalgt som et udviklingsprojekt for branchen.

Derudover er det foreslået, at der igangsættes information om alternative malingsystemer, der er mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende end de traditionelle og anerkendte systemer.

For begge projekter er der udarbejdet mere detaljerede projektforslag. Udviklingen af en automatiseret påføring på vindmøller forudsætter aktiv deltagelse fra producenter af vindmøller, producenter af udstyr til automatiseret påføring, rådgivere, producenter af maling samt udførende indenfor malingspåføring. Projektet forventes at kunne gennemføres i 2 faser, således at fase 1 vedrører forsøg i laboratorieskala og fase 2 er udvikling af anlæg i fuld skala.

Informationsprojektet foreslås gennemført som et tillæg til den eksisterende standard DS/ISO 12944 "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner". Standarden indeholder i dag meget begrænset vejledning i valg af malingsystemer ud fra et miljø- og arbejdsmiljømessigt synspunkt.

Tillægget tænkes at indeholde en eksempelsamling på miljø- og arbejdsmiljøvenlige alternative systemer samt en folder, med case-stories, med eksempler på virksomheder, der har anvendt alternative malingsystemer.

Summary and conclusions

A survey of the heavy-duty sector

The scope of the present work is to identify how occupational health can be improved and environmental impacts can be reduced in the heavy-duty sector and to propose suitable development projects supporting these improvements. The heavy-duty sector produces large steel constructions like wind turbines, bridges, factory buildings and ships.

There is overall growth in the sector, mainly due to increasing construction activity and because of the booming market for wind turbines. Turnover for the sector is estimated at EUR 2 mill per year. The value of buildings and constructions protected by the heavy-duty sector is estimated at EUR 7 billion

Anti-corrosion protection may be performed indoors in large workshops or outdoors with or without shelter. Before coating, surfaces are cleaned of rust, scale and previous paint layers. There is a risk of pollution with dirt and dust from these cleaning activities. Subsequently the steel is coated, typically with solvent-borne products, implying a risk of VOC-emissions. Moreover the coatings are frequently epoxy- or polyurethane-based, thus presenting an occupational health risk as well.

There is much manual work in the sector, and handling of dangerous coating materials often requires personal protection equipment like gloves, masks or even full protective garments with external air-supply.

The survey has shown that the most serious problems in the sector are emissions of solvents, dust and blast media (sand, grit etc.) to the environment and employees being exposed to solvents and other hazardous substances.

According to the EU VOC Directive, the sector is obliged to reduce future emissions of solvents. To achieve this, contractors must apply coating materials with reduced solvent content, use less solvent-borne coatings or find alternative coating materials.

Suitable projects

Several development projects relevant to the sector have been identified - projects that may reduce environmental impacts and occupational health risks. The different proposals have been evaluated with particular regard to their environmental and occupational health potential and their degree of originality.

Some proposals deal with comparison of different blast cleaning methods regarding their efficiency and cost. However relevant, these projects are considered too specific to fulfil the demands of the entire heavy-duty sector.

Another idea is to investigate how blast media contaminate during use; but work in this area has already been initiated elsewhere.

Another idea is to investigate the efficacy and costs of alternative blast cleaning media. This no longer seems appropriate as an alternative has already been found ("Carbogrit"), and this has been studied and introduced on the Danish market.

Investigation of the efficacy of manual tools for cleaning operations has been found too specific to justify public support.

Summing up, several ideas have been presented that either are too specific or which do not seem to possess sufficient environmental or occupational health potential. Three ideas however have passed this initial screening:

- a mobile platform with an enclosure for blast cleaning and coating e.g. of steel ships
- automised paint application on towers for wind turbines
- information for consultants on environment-friendly coatings alternatives

Suggested development projects

Two projects – a) mobile platform for blast cleaning etc. and b) automised paint application on wind turbine towers - have been compared and their environmental and occupational health potential evaluated. The conclusion is in favour of the project on coating towers for wind turbines. This project seems to have the best potential to reduce emissions and consumption of resources. Accordingly, this project is suggested as a development project for the heavy-duty sector.

In addition, it is suggested that an information project be initiated to inform professional consultants about alternative coating systems with less environmental and occupational health impact than traditional systems.

For both projects more detailed project descriptions are presented. Development of automised paint application assumes active participation from an industrial manufacturer of turbine towers, from manufacturers of paint application equipment, paint manufacturers, paint contractors and an advisory body. It is intended that development be divided into a) laboratory or pilot scale experiments with application principles, and b) development of a full-scale plant.

The information project is suggested as an unofficial annex to EN/ISO 12944 - Corrosion protection of steel structures by protective paint systems. This standard presently offers a very limited choice of coating systems from an environmental and occupational health point of view.

It is intended that the annex contain a comprehensive list of examples of coating systems that take into account environmental and occupational health aspects.

1 Indledning

Heavy-Duty branchen har i henhold til Miljøstyrelsens prioriteringsplan for renere produkter 2003 "Innovation og spredning af miljøvenlige produkter - Brancheindsats for produktkæde" fået bevilling til gennemførelse af forprojekt til projektet "Korrosionshindrende overfladebehandling af store stålkonstruktioner og skibe".

Forprojektet er en opfølgning af "Forprojekt til almennyttigt udviklingsprojekt: Udvikling og demonstration af teknologi, metoder, udstyr og materialer for overfladebehandling; et projekt for implementering af nye økonomisk bæredygtige, arbejdsmiljø- og miljøbeskyttende former for udendørs overfladebehandling." Projektet blev udført for Arbejdstilsynet i 2001 /Arbejdstilsynet, 2001/.

Formålet med det nye forprojekt har været dels at afdække om der i branchen er nye udviklingstendenser i forhold til metoder, udstyr eller materialer, som det vil være hensigtsmæssigt at inddrage i et efterfølgende udviklingsprojekt, dels at foretage en systematisk vurdering af interesser, problem, mål og eventuelle alternative strategier, for herigennem at skabe et grundlag for beslutning om hvilke udviklingsideer, der vil være størst samlet potentiale i at arbejde videre med.

1.1 Baggrund

I det tidligere forprojekt deltog repræsentanter for nogle af de udførende af overfladebehandling, men ikke alle. Der var heller ikke repræsentanter for udstyrsleverandører og leverandører af malingsystemer. Det er i dette forprojekt valgt at inddrage repræsentanter for alle.

Det tidligere forprojekt er afsluttet og peger på a) 6 forskellige forslag til undersøgelser af opklarende karakter samt b) to konkrete udviklingsideer:

a. Foreslåede undersøgelser i forprojektet i 2001:

- 1 Sammenlignende forsøg til at belyse økonomien i hhv. tør blæserensning ("sandblæsning") og UHP-rensning (Ultra High Pressure water-jetting)
- 2 Sammenlignende forsøg til belysning af økonomien i hhv. trykluftdreven blæserensning og mekanisk dreven slyngrensning
- 3 Undersøgelser af kontamineringen af overflader, specielt ved genbrug af tørt blæsemiddel; samt betydningen heraf for den efterfølgende malebehandlings beskyttelsesværdi
- 4 Vurdering af alternative blæsemidlers miljø- og arbejdsmiljømæssige effekt

- 5 Vurdering af håndholdte rens værktøjs ydeevne ved brug på vanskelige detaljer, som ikke kan afrens med mere eller mindre automatiserede metoder.
- 6 Bestemmelse af blæsemidlers effekt og optimale brugsparametre dvs. tryk, blæsevinkel og arbejdshastighed.

b. Foreslåede udviklingsideer i forprojektet i 2001:

- 7 Udvikling af halvautomatiske robotter til blæserensning og malebehandling (en kabine til montering på en liftarm el.l.)
- 8 Udvikling af elektrostatisk sprøjtning til brug i fri luft.

Siden det tidligere forprojekts afslutning (2000 – 2003) er der gennemført et EU-projekt "ECOPAINT" bl.a. med dansk deltagelse af Odense Stålskibsværft A/S, Lindø og Hempel A/S. Projektets formål er at forbedre de miljømæssige forhold ved overfladebehandling af store stålskibe. Projektets resultater er fortrolige, men ifølge de danske deltagere overlapper arbejdet ikke med nærværende projekt.

Det tidligere forprojekts anbefalinger er blevet revurderet af den samlede heavy-duty branche i forbindelse med planlægning af nærværende projektforslag. Det tidligere arbejde har ganske vist fokuseret på miljø og arbejdsmiljø, men har ikke været struktureret efter det aktuelle brancheindsatskoncept. Derudover er der behov for en nyhedsværdiundersøgelse samt en vurdering af ideerne sammen med eventuelle nye ideer i et livscyklusperspektiv og prioritering i relation til barrierer, muligheder og positiv effekt på miljøet.

De fem brancheforeninger har afholdt møder om initiativet, og mellem møderne er udkast til indholdet i projektet rundsendt til foreningernes medlemmer for at få alle synspunkter inddraget.

2 Kortlægning af heavy-duty branchen

2.1 Beskrivelse af heavy-duty branchen

Heavy-duty branchen udfører overfladebehandling af store stålkonstruktioner. Branchen kan opdeles i brugerne (udførende), leverandører af udstyr samt leverandører af maling.

Branchens brugere, dvs. virksomheder der udfører og overfladebehandler store stålkonstruktioner er organiseret i følgende organisationer

- Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder, FDO
- Sandblæse- og Maleentreprenørernes Brancheforening, SME
- Danske Maritime, DMT (skibsværfter)

Leverandører af udstyr er tilknyttet organisationen:

- Maleudstyrs- og Anlægsleverandørernes Brancheforening, MAB

Leverandører af maling har følgende organisation:

- Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri (FDLF)

Branchen er samlet betragtet i vækst, for stålkonstruktioner omfatter stålkonstruktioner som haller og fabriksbygninger, der i stadigt stigende omfang udføres i stål. Dertil kommer et stigende marked indenfor produktion af vindmøller /Dansk Vindmølleindustri, 2004/. Stålskibe udgør et vigende marked hvad nybygninger angår, men Danmark har en stor og internationalt anerkendt skibsreparationssektor. Især for skibsfarten gælder det, at vedligeholdelse spiller en væsentlig rolle for sikkerheden i erhvervet.

Branchen omsætter pt. for skønsmæssigt 1,3 mia. kr., og beskytter eller vedligeholder værdier for ca. 50 mia. kr. om året /FDO og DMT, 2003/. Branchens samlede emission af opløsningsmidler udgør 1.300 tons om året /Dansk Industri, 2002/. Hertil kommer spild i form af brugte blæsemidler forurenet med malingrester og antifouling.

Branchen – især skibsværfterne - har tradition for usædvanligt forpligtende garantier for behandlingens holdbarhed lige fra farve- og lakleverandøren frem til den udførende. Branchen er derfor temmelig tilbageholdende hvad angår eksperimenter med og implementering af nye og renere teknologier og systemer, med mindre disse er omhyggeligt gennemprøvede.

Danmark er hårdt trængt af andre lande med lempeligere krav om hensyn til miljø og arbejdsmiljø. Det gælder bl.a. de baltiske stater og det fjerne Østen.

2.2 Brugerne (udførende)

Brugerne kan opdeles i tre overordnede grupper, en for overfladebehandling af stålkonstruktioner. En anden gruppe, der overfladebehandler skibe og den tredje gruppe, der overfladebehandler vindmøller.

Stålkonstruktioner

Broer, tanke, master, autoværn, jernbaneperronner, fabrikshaller og industrianlæg er typiske eksempler. Offshoreindustrien udgør en særlig sektor hvor der er ekstremt store krav til overfladebehandlingens korrosionshæmmende virkning.

Der males på svært jern og stål, dvs. rør, profiler og tykke plader. Meget af branchens arbejde er håndværk, ofte hårdt manuelt arbejde; enkeltstyksproduktion, eller produktion i små serier (i modsætning til tyndpladeindustrien som er en helt anden branche). Arbejdet foregår i haller eller i fri luft, afhængig af emnet og afhængig af om der er tale om nybehandling eller vedligeholdelse.

Ståloverfladen renses næsten under alle omstændigheder først ved en form for blæserensning for at komme ned til rent stål og for at etablere en vis ruhed. På fabrik eller værksted foretrækker man slyngrensning med stålgrit, -shot eller -kugler hvor det er muligt.

Til vedligeholdelse og andre arbejder hvor slyngrensning ikke kan gennemføres, bruger man fristråleblæsning med kvartssand eller med alternative blæsemidler som olivinsand, granat eller det syntetiske "Carbogrit" (endnu på forsøgsstadiet 2004).

Højtryksspuling, evt. med sandtilsats, benyttes i en vis udstrækning til vedligeholdelse, men vand og stål er principielt ikke nogen ideel kombination.

Blandt malematerialerne dominerer epoxybaserede grundmalinger og polyurethan til topcoat; begge typer er 2-komponente og omfattet af særlige regler fra Arbejdstilsynet. De udførende virksomheder (ca. 30 i alt) beskæftiger fortrinsvis specialarbejdere, og både ved afrensning og malearbejde er det nødvendigt med omfattende beskyttelsesforanstaltninger, dvs. heldragt og luftforsynet åndedrætsværn. For det eksterne miljø er der risici i form af støj, støv, rester af blæsemidler og maling. Normalt er det nødvendigt at etablere omfattende stilladser og afskærmninger for at begrænse forurening af omgivelserne.

Forbruget af maling til stålkonstruktioner er ifølge branchen af størrelsesordenen 1,6 mio. liter pr. år. Tallet er behæftet med nogen usikkerhed, idet der ikke findes opgørelser i Danmarks Statistik over forbruget af maling til bestemte formål. Opgørelserne i Danmarks Statistik er baseret på forbrug opdelt på bindemiddeltyper.

Skibe

Nybygning af skibe foregår i Danmark nu stort set kun på Odense Stålskibsværft, Karstensens Skibsværft A/S og et par andre værfter. På de øvrige danske værfter udføres der fortrinsvis reparationsarbejder. Ved nybygning er den væsentligste afrensningsprocedure fristråleblæsning i fri luft af svejsesømme. Den øvrige del af pladerne er shopprimede og kan males direkte. Forbruget af blæsemiddel er af størrelsesordenen 750 tons pr. år for nybyggede skibe.

Ved reparationsarbejder, foregår afrensning af maling på udvendige overflader på skibsskroget med traditionel fristråleblæsning i fri luft. I nogle tilfælde kan afrensningen erstattes af UHP-rensning, idet overfladerne har den ønskede ruhed fra den oprindelige behandling, og der således kun er behov for at fjerne maling og rust. Forbruget af blæsemiddel til vedligeholdelse af skibe er af størrelsesordenen 3.700 tons pr. år.

Ved tidligere zinkbehandlede overflader, der skal genbehandles med zinkprimere (ca. 60 - 70 %), forekommer tekniske problemer med UHP-afrensningskvaliteten, hvorfor der også her i vid udstrækning anvendes fristråleblæsning. De miljø- og arbejdsmiljømæssige problemer minder om dem, der allerede er beskrevet ovenfor under "Stålkonstruktioner"; det samme gælder valg af malematerialer, dog er denne branche af forståelige grunde endnu mere tilbageholdende med brug af alternative, mindre miljøbelastende, for slet ikke at nævne vandige malevarer.

Forbruget af maling til nybehandling af skibe er omkring 220.000 l pr. år, hvoraf ca. 10 % er spild. Tilsvarende tal for forbruget til vedligeholdelse er 260.000 l maling pr. år, heraf er ca. 30 % spild.

Vindmøller

Vindmølleindustrien er i stadigt stigende vækst. Danske vindmølleproducenter har en væsentlig andel af verdensmarkedet. Det anslås, på baggrund af Dansk Vindmølleindustri's statistik, at der årligt produceres omkring 1.500 vindmøller i Danmark.

Der er meget store krav til holdbarheden af malingen og korrosionshæmmende behandling af vindmøllerne. Designlevetiden for en vindmølle er 20 - 25 år. Vedligeholdelse i levetiden består primært i en afvaskning af møllevinger. Branchen vurderer, at der ikke er behov for egentlig vedligeholdelse af overfladebehandlingen, bortset fra pletreparationer.

Vindmøller overfladehandles i lukkede haller under kontrollerede forhold. Forbehandlingen består i en afrensning, typisk med stålgrit. Blæsemidlet kan genbruges 300 - 500 gange. Bortskaffelsen sker sammen med det den rust, der fjernes fra overfladen.

Den blæserensede overflade sprøjtemetalliseres med zink

Overfladebehandlingen foregår manuelt ved airless sprøjtning med de samme typer maling som nævnt ovenfor under "Stålkonstruktioner". Bemærkningerne om arbejdsmiljøbelastninger kan overføres fra de allerede nævnte, dog med den tilføjelse, at sprøjtemetallisering er forbundet med særlige risici.

Forbruget af maling er af størrelsesordenen 0,5 - 0,75 l pr. m² overflade, afhængigt af hvor effektivt lagtykkelsen kan styres, og dermed forbruget af maling. Det anslås, at der er tale om et reelt forbrug af størrelsesordenen 1,8 - 2,1 gange det teoretiske forbrug, dvs. 80 - 110 % ekstra forbrug af maling.

Det samlede behandlede areal anslås til ca. 1,4 mio. m² for vindmølleårne. Det er lavere end for den seneste 3-årige periode, hvor der har været tale om ca. 2,5 mio. m². Det samlede forbrug af maling til vindmølleårne er af branchen anslået til ca. 1,4 mio. liter pr. år. Forbruget er jf. tidligere kommentar for stålkonstruktioner behæftet med nogen usikkerhed.

Det anslås, at omkring 4000 personer er beskæftiget med produktionen, heraf ca. 125 personer i 2004 med overfladebehandlingen. Den maksimale kapacitet i branchen vurderes at være 225 personer til overfladebehandling.

2.3 Malingleverandører

I perioden 1980-1985 blev der gennemført en række kortlægnings- og udviklingsprojekter finansieret af Miljøstyrelsen, bl.a. om anvendeligheden af vandige malingsystemer til korrosionshindrende malebehandling /Miljøstyrelsen, 1990 - 1995/.

Disse udviklingsprojekter har påvirket farve- og lakfabrikkernes udvikling af mindre miljøbelastende produkter og systemer. Gennemslagskraften i praksis, dvs. hos udførende og brugere inden for heavy-duty branchen, har imidlertid været begrænset.

Stålkonstruktioner

Der er udviklet såkaldte hybridsystemer (kombinationer mellem opløsningsmiddelholdige og opløsningsmiddelfrie malevarer), især til brug ved værkstedsarbejde – i mindre udstrækning ved udendørs overfladebehandling. Systemerne har ikke været anvendt så meget i praksis til store konstruktioner, bl.a. på grund af træghed blandt rådgivere og brugere. Derudover har der været tilfælde med dårlige erfaringer i praksis, især ved brug af vandige malevarer, som af indlysende årsager har svært ved at tørre og hærde i det danske klima.

Der er dog også positive erfaringer med rent vandige acrylsystemer, specielt hos Bane Danmark (tidligere ”Banestyrelsen”), som i stor udstrækning benytter denne type produkter til vedligeholdelse af stålbroer. Den øvrige del af markedet dækkes af traditionelle opbygninger med epoxygrundmaling efterfulgt af polyurethanmaling.

Skibe

Værftsbranchen er uden tvivl den mest tilbageholdende, når det kommer til at eksperimentere med nye behandlingssystemer. Det er forståeligt, for konsekvenserne af en fejlslagen behandling er økonomisk meget alvorlige. Udviklingen går langsomt, og sker fortrinsvis ved små gradvise reduktioner i produkternes indhold af opløsningsmidler og brug alternative afrensingsmidler. Brug af vandige systemer er indtil videre utænkelig.

Vindmøller

Der har i de seneste år især været fokus på udvikling af malinger med et højere tørstofindhold, dvs. mindre mængder af opløsningsmidler /Hempel, 2004/. Helt opløsningsmiddelfrie epoxygrundmalinger benyttes af nogle producenter, Topmalingen er fortsat polyurethanbaseret og med et betragteligt indhold af opløsningsmidler. Indholdet af opløsningsmidler er i dag gennemsnitligt ca. 35 %. Vandige malingsystemer findes allerede og de er testet til at være af samme kvalitet som de traditionelle systemer. De vandige malingsystemer findes som epoxy-, polyurethan- og zinkmalinger. Indholdet af opløsningsmidler er under 1 % i disse malinger. De vandige systemer anvendes endnu ikke, idet der fra producentside stilles specifikke krav om, at der skal anvendes opløsningsmiddelholdige malinger. Vandige acrylmalinger kan ikke benyttes, da de er for bløde og dermed ikke opfylder de tekniske kvalitetskrav.

Branchen vurderer selv, at det kan være vanskeligt at opfylde VOC-målet for 2007, hvis der ikke sker en ændring i valget af malinger.

Som blæsemiddl anvendes i dag i stor udstrækning stålgrit, der ifølge de udførende kan genbruges 300 - 500 gange.

Blæsemidlet Carbogrit

Carbogrit er et dansk, syntetisk fremstillet blæsemiddel, hvor udgangsmaterialet er slam fra rensningsanlægget på Stignæs ved Korsør. Der er tale om et meget ambitiøst projekt, som har stået på i adskillige år. Pt. (2004) foregår der produktion i begrænset skala for at finjustere processen inden anlæggets fulde kapacitet kan udnyttes. Produktionen suppleres af en landsdækkende returordning som skal gøre det muligt at arbejde i en form for lukket kredsløb der skal reducere spild og forurening hos brugerne. Når anlægget på et tidspunkt når fuld produktion, kan det dække Danmarks forbrug af blæsemidler – og mere til. Blæsemidlets effektivitet er bedre end for konventionelt kvartssand, og det indeholder kun ubetydelige mængder skadelig α -kvarts. Det kan genbruges 2-3 gange. Carbogrit forventes at påvirke forbrugsmønstret af blæsemidler i Danmark dramatisk.

2.4 Udstyrsleverandører

Udstyr til blæserensning og påføring af maling produceres fortrinsvis i udlandet og importeres til Danmark af de virksomheder, der er repræsenteret af MAB - Maleudstys- og Anlægsleverandørernes Brancheforening. Lifte og stilladser produceres i nogen udstrækning i Danmark. I produktkæden for den aktuelle brancheindsats er udstyrsleverandørerne nok det led der hidtil har været svagest med hensyn til miljøbefordrende udvikling. Der sker naturligvis en fortløbende udvikling af udstyr, men kvantespring har der ikke været tale om de seneste 10-20 år. Den mest bemærkelsesværdige nyskabelse er renseudstyr, som arbejder med vand i stedet for traditionel blæserensning, dvs. højtryksspuling og, især Ultra High Pressure (UHP) – udstyr.

3 Miljø- og arbejdsmiljøbelastninger

3.1 Overfladebehandling af stålkonstruktioner

Overfladebehandling af store stålkonstruktioner kan opdeles i følgende hovedområder:

- stålkonstruktioner
- skibe
- vindmøller

Overfladebehandlingen kan foregå i fri luft eller inde i store haller afhængigt af om der er tale om fabriksmalede elementer til en produktionshal eller der er tale om overfladebehandling af broer på stedet.

Overfladebehandlingen består typisk af følgende elementer:

- afrensning af ståloverfladen
- evt. metallisering
- grundmaling
- mellemmaling
- topcoat

Formålet med behandlingen er, at beskytte stålkonstruktionen mod korrosion og dermed sikre en lang levetid af selve konstruktionen. Stålkonstruktionens levetid er sædvanligvis længere end malebehandlings levetid. Det er derfor nødvendigt at gentage overfladebehandlingen med varierende intervaller. En vedligeholdelse vil typisk indeholde de samme 4 elementer som en nybehandling.

Udgangspunktet for valg af rensemetode og malingsystem er den internationale (og danske) standard DS/EN ISO 12.944, som foreslår behandlinger afhængig af hvilke korrosive påvirkninger den pågældende konstruktion skal kunne tåle. De anførte behandlinger er eksempler, men opfattes ofte som forskrifter, fordi den faglige indsigt i området er koncentreret hos farve- og lakfabrikkerne og hos nogle få rådgivere. Der er imidlertid erfaringer fra praksis som demonstrerer, at selv meget krævende stålkonstruktioner kan males med helt vandige malingsystemer. Erfaringerne viser dog også, at der er flere faldgruber ved brug af de mindre miljøbelastende systemer end ved traditionelle produkter.

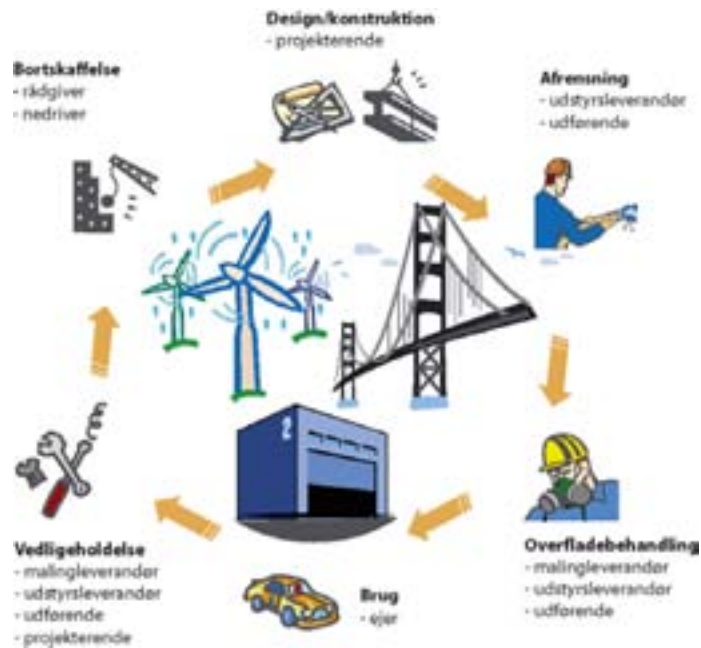
Heavy-duty er et område, hvor overfladebehandling fortsat domineres af lidt miljøvenlige metoder, materialer og systemer. Det gælder både forbehandling og malebehandling.

3.2 Miljø- og arbejdsmiljøbelastninger i et livscyklusperspektiv

I livscyklusforløbet for overfladebehandling af store stålkonstruktioner er der flere aktører, som har betydende indflydelse på den valgte

overfladebehandling og dermed på de tilhørende miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger. Aktørerne er illustreret i den efterfølgende figur.

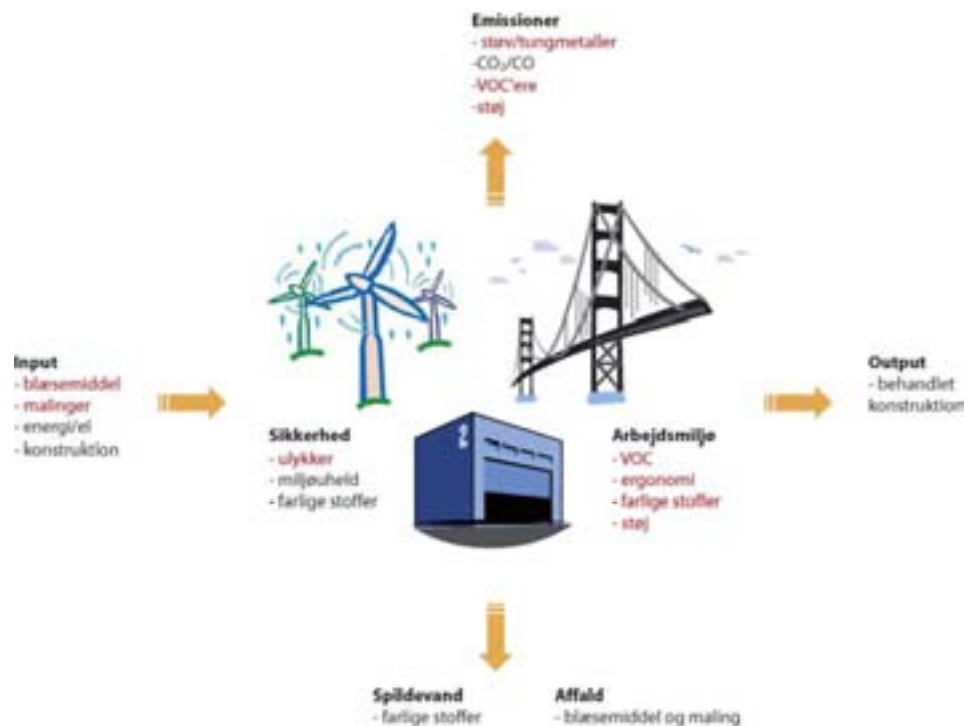
Figur 1 Aktører i Livscyklusforløbet for overfladebehandling af store stålkonstruktioner



Miljøbelastningerne i livscyklusforløbet består primært af de afledte miljøeffekter af følgende tre parametre:

- forbrug af ressourcer
- energiforbrug
- forbrug af kemiske stoffer

Den følgende figur illustrerer miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger for selve overfladebehandlingen af store stålkonstruktioner.



Figur 2 Miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger ved overfladebehandling af store stålkonstruktioner

De enkelte miljøpåvirkninger gennemgås i de følgende afsnit.

3.2.1 Forbrug af ressourcer

Forbruget af ressourcer i livscyklusforløbet består af forbrug af blæsemidler til afrensning, forbrug af malinger samt forbrug af udstyr til afrensning og til påføring af malinger.

Blæsemidlet er i dag primært kvartssand og granat til udendørs arbejder, og stålgrit til værkstedsbrug. Forbruget pr. m² afrenset overflade varierer fra 5 til 20 kg afhængig af hvad der skal fjernes fra overfladen, og hvilke krav der er til den færdige flade.

Forbruget af malinger afhænger af kravet til levetid for malebehandlingen og dermed lagtykkelsen. Forbruget er desuden bestemt af, hvor effektivt den ønskede lagtykkelse kan styres under påføringen. En automatisering af påføringen, så der styres præcist efter den ønskede lagtykkelse vil kunne reducere forbruget. Med et tørstofindhold på 50 volumenprocent, en ønsket samlet tør lagtykkelse på 200 µm og et tab (forbisprøjt) på 50 % bliver forbruget af maling pr m²: $0,2 * 2 * 2 = 0,8$ l eller $0,8 * 1,5 = 1,2$ kg maling.

Udstyret til påføring er hovedsagelig airless sprøjte, suppleret med pensel og rulle, hvor sprøjtning ikke er mulig. Der er et betydeligt tab ved sprøjtepåføring (forbisprøjt) – ofte omkring 50 % - hvilket er et problem ud fra mange forskellige synsvinkler: økonomisk, miljømæssigt, arbejdsmiljømæssigt – for slet ikke at nævne de tilfælde, hvor bygninger og biler i nærheden bliver tilsmudset og efterfølgende må gøres rene med store efterregninger til følge. Forbisprøjt er et stort problem ved komplicerede, åbne

(gitter-) konstruktioner. Tabet er langt mindre ved behandling af store, ensartede flader fx på skibe og vindmøller.

Overforbrug af maling hænger også sammen med et andet spørgsmål: lagtykkelsens variation. Ved manuel påføring varierer lagtykkelsen meget, og det er derfor nødvendigt at bruge mere maling end teoretisk påkrævet, for at sikre en given minimum lagtykkelse.

Levetiden af overfladebehandlingen er typisk 15 år, hvor den ønskede levetid af konstruktionen ofte er væsentligt højere. I konstruktionens levetid vil overfladebehandlingen skulle gentages et antal gange. Det indebærer gentagelse af forbruget af blæsemidler, maling og udstyr. En undtagelse fra dette er overfladebehandling af vindmøller. Her er designlevetiden 20 - 25 år, det samme gælder levetiden for overfladebehandlingen.

3.2.2 Energiforbrug

Energiforbruget i livscyklusforløbet er begrænset set i forhold til driften af fx et skib. Energiforbruget består af el- og olieforbrug til udstyr samt evt. opvarmning. Energiforbrug til opvarmningen sker primært i forbindelse med overfladebehandling på værksted, f.eks. ved overfladebehandling af vindmøller, som foregår i store haller.

Der er desuden et energiforbrug til fremstilling af blæsemidler (knusning, sortering, forsendelse – samt for stålgrits vedkommende tillige smeltning), men da midlerne kan genbruges (stålgrit især) er energiforbruget ikke dominerende.

3.2.3 Kemiske stoffer

Blandt malematerialerne dominerer produkter på basis af epoxy og polyurethan fortsat. I begge tilfælde har de fortsat et vist indhold af opløsningsmidler. Både epoxy og polyurethan er underlagt bestemmelser om substitution, dvs. de må kun anvendes, hvis der ikke kan findes egnede alternativer.

Både afrensning og overfladebehandling giver anledning til forurening af omgivelserne.

Afrensningen kan medføre spredning af blæsemiddel, tungmetaller og rester af gammel maling. Spredning af malingrester er aktuel i forbindelse med vedligeholdelse.

Under udførelse af overfladebehandlingen sker der emission til det omgivende miljø af kemiske stoffer i forbindelse med spild og emission af VOC'er (flygtige organiske komponenter/opløsningsmidler) og andre miljøfremmede stoffer fra malingen.

Valget af malingsystem er betydende for mængden af opløsningsmidler, der afgives til miljøet og for hvilke andre miljøfremmede stoffer, der kan afgives.

De hyppigst anvendte malingsystemer er i dag baseret på epoxy og polyurethan, som nævnt i afsnit 2.3. Disse malinger indeholder miljøfremmede stoffer som isocyanater og epoxyforbindelser. Derudover er de anvendte malinger opløsningsmiddelholdige. Opløsningsmidlerne er xylen,

diethylenglycol monoethyl ether, butylglycol, andre ethere, alkoholer, glycoler mm.

Afdampningen pr. m² overflade afhænger af lagtykkelsen og indholdet i malingen. Det kan variere fra 20 til 260 g afdampet VOC pr. m² /Industriens Branchearbejdsmiljøråd, 2002/.

3.2.4 Arbejdsmiljø

De hyppigst anvendte malinger indeholder som nævnt epoxy, isocyanater og opløsningsmidler. Vandige systemer på acrylbasis findes dog, og udover vand indeholder de mindre mængder hjælpeopløsningsmidler, typisk glycoler.

Isocyanater og epoxyforbindelser er allergifremkaldende. Stofferne kan fremkalde både allergiske hudlidelser og astma. Opløsningsmidlerne kan medføre sundhedseffekter som skader på centralnervesystemet, luftvejsgener, hudgener og irritation af slimhinder.

Der skal derfor bruges luftforsynet åndedrætsværn og særlig arbejdsbeklædning, når der anvendes malinger baseret på epoxy eller isocyanater. Det betyder meget u hensigtsmæssige arbejdsforhold.

Ud over den kemiske arbejdsmiljøbelastning er der også risiko for ulykker, især når arbejdet foregår udendørs på komplicerede konstruktioner.

I en lang række situationer vil der endvidere være tale om ubehagelige arbejdsstillinger.

3.3 Prioritering af miljø- og arbejdsmiljøbelastninger

De mest dominerende miljø- og arbejdsmiljøpåvirkninger er vist i den efterfølgende oversigt. Forbruget af maling, spild og overforbrug er nærmere beskrevet i kapitel 2. Det skal bemærkes at de anførte forbrug er behæftet med nogen usikkerhed, da der ikke findes præcise opgørelser over forbrug til de enkelte formål.

Tabel 3-1 Væsentligste miljøbelastninger for overfladebehandling af store stålkonstruktioner samt antal beskæftigede (anslåede data for 2003/2004)

Konstruktion	Blæsemidler tons	Maling liter	Spild/ overforbrug liter	VOC emission	Antal beskæftigede
Stålkonstruktioner	5.000 - 25.000	1.600.000	80 - 160.000 ¹	800.000 ²	
Skibe					
- nybehandling	750	220.000	25.000	110.000 ²	50
- vedligeholdelse	3.700	260.000	80.000	130.000 ²	75
Vindmøller					
- nybehandling		1.400.000	700.000 ³	700.000 ²	125

¹ Der er primært tale om forbisprøjt

² Forudsat et tørstofindhold på 50 %

³ Spild er her primært overforbrug

4 Katalog over relevante projekter

4.1 Kortlægning af projektideer

Der er gennemført en kortlægning af området i to etaper:

1. I et projekt udført 2000-2001 for Arbejdstilsynet. Dette arbejde er rapporteret januar 2001

”Forprojekt til almennyttigt udviklingsprojekt: Udvikling og demonstration af teknologi, metoder, udstyr og materialer for udendørs overfladebehandling; et projekt for implementering af nye økonomisk bæredygtige, arbejdsmiljø- og miljøbeskyttende former for udendørs overfladebehandling”

I denne rapport foreslås 8 forskellige projekter – 6 udredningsprojekter og 2 udviklingsprojekter - til efterfølgende bearbejdning. Oprindeligt var det tanken at ét eller flere af disse projekter skulle sættes i værk for midler fra en særlig pulje. Det blev imidlertid ikke realiseret, eftersom puljen blev inddraget efter seneste folketingsvalg.

Projektets styregruppe havde deltagelse fra Arbejdstilsynet, Miljøstyrelsen, Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder (FDO), Skibsværftsforeningen (nu Danske Maritime) samt CO Industri. Udover de to myndigheder var således udførende og brugere af overfladebehandling repræsenteret, men hverken leverandører af maling eller udstyr.

2. I nærværende forprojekt for Miljøstyrelsens brancheudviklingsprojekt er der bygget videre på ovennævnte arbejde, idet det er undersøgt, hvorvidt de fremkomne projektideer stadig er gangbare, og om der er opstået andre og mere relevante forslag. Vurderingen omfatter en nyhedsundersøgelse, herunder ved kontakter formidlet af styregruppen for det nye projekt.

De projekter, der er fundet interessante, er vurderet ud fra LFA- og LCA-tankegangen; de miljømæssige aspekter har herved fået større vægt end i det tidligere projektarbejde.

Projektets styregruppe omfatter i modsætning til det tidligere projekt nu hele kæden fra materialeproducenter til brugere: Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri (FDL), Maleudstørs- og Anlægsleverandørernes Brancheforening (MAB), Foreningen af Danske Overfladebehandlingsvirksomheder (FDO), Foreningen af Sandblæse- og Maleentreprenører (SME) samt Danske Maritime.

4.2 Kommentarer til de oprindelige projektidéer

a) *Sammenlignende forsøg eller andre undersøgelser til belysning af økonomien i UHP og tør blæserensning*

Kommentar: Ideen er for specifik til at vedrøre hele branchen

b) *Sammenlignende forsøg eller andre undersøgelser til belysning af økonomien i trykluftdreven blæserensning og mekanisk dreven slyngrensning*

Kommentar: Ideen er for specifik til at vedrøre hele branchen

c) *Undersøgelser af kontamineringen af overflader, specielt ved genbrug af tørt blæsemiddel; samt betydningen heraf for den efterfølgende malebehandlings beskyttelsesværdi*

Kommentar: Denne type problemstilling bearbejdes allerede i EU-projekterne ECODOCK og ECOPAINT, hvor bl.a. Odense Stålskibsværft deltager.

d) *Vurdering af alternative blæsemidlers arbejdsmiljømæssige og miljømæssige effekt*

Kommentar: Opgaven er for stor til at kunne løses inden for de givne økonomiske rammer. Desuden formodes det, at det nye blæsemiddel "Carbogrit" vil blive helt dominerende i fremtiden. Midlets indflydelse på miljø og arbejdsmiljø allerede er desuden dokumenteret.

e) *Vurdering af håndholdte renserværktøjs ydeevne ved brug på vanskelige detaljer, som ikke kan afrensnes med mere eller mindre automatiserede metoder*

Kommentar: Ideen er for specifik til at vedrøre hele branchen. Odense Stålskibsværft er ganske vist interesseret i undersøgelser af vacuumblæserensning af svejsesømme i fortsættelse af deres engagement i de tidligere nævnte EU-projekter

f) *Undersøgelser af blæsemidlers effektivitet ved afrensning af forskellige typer maling afhængig af blæseparametre som blæsemidlets hastighed, blæsevinkel og tryk*

Kommentar: I forbindelse med udviklingen af "Carbogrit" – et syntetisk danskproduceret blæsemiddel – er der udført omfattende sammenlignende forsøg med dette og alternative blæsemidlers effektivitet. Projektet anses derfor for overflødig

g) *Udvikling af en bemandet, liftbåren kabine, som kan benyttes både til blæserensning og til påføring af maling. Her ønskes en form for kabine, som er billigere og mere universal end de kendte alternativer f.eks. "Paintmaster" og "Dockmaster", som er udviklet hos Blohm & Voss i Hamburg. Det samme gælder franske Thomann-Hanrys udstyr til facaderensning "Gommage". Det særlige ved kabinen er, at dens forreste del udgør det arbejdsrum, hvor blæserensning eller maling udføres mens den bageste del er en klimatiseret kabine, hvorfra operatøren fjernstyrer arbejdsoperationerne*

Kommentar: Dette projekt forekommer fortsat at være relevant. Alle branchens repræsentanter i styregruppen har ytret interesse for arbejdet. Der er gennemført en nyhedsundersøgelse i patentlitteraturen via "espacenet", og kontakter i branchen er blevet interviewet. Der er ikke fundet udstyr, som virker efter det planlagte koncept, ej heller udstyr, som vurderes at kunne løse de stillede arbejdsopgaver; der findes dog adskillige patenter og patentansøgninger på området. Følgende virksomheder er blevet kontaktet:

- Blohm & Voss, Hamburg
- Straaltechnik, Holland
- Odense Stålskibsværft, Lindø
- Kyoei Inc., Japan
- Hempel A/S
- Maersk McKinney Møller Institutet ved Odense Universitet
- Mühlhan A/S, Vissenbjerg

Der har desuden været kontakt til en udstyrsleverandør, som leverer lifte bl.a. til værftindustrien. Firmaet er positivt for at deltage i udviklingsarbejdet. Det skal understreges, at projektideen alene omhandler den omtalte kabine, ikke den lift, som skal bære kabinen

h) Udvikling af elektrostatisk sprøjtepåføring af maling til brug ved udendørs arbejde. Målet er at forbedre overføringseffektiviteten og reducere forbisprøjt

Kommentar: Emnet er allerede blevet behandlet i de tidligere nævnte EU-projekter, hvori Odense Stålskibsværft er involveret. Det oplyses, at der kan konstateres en positiv effekt, men at den er begrænset

4.3 Nye projektideer samt kommentarer hertil

i) Udvikling af automatiseret malingpåføring til vindmølletårne

Mühlhan A/S i Vissenbjerg foreslår at heavy-duty projektet koncentrerer sig om automatisk påføring af maling på vindmølletårne. Vindmølleindustrien er i vækst, og en bedre styring af malingpåføringen vil kunne reducere malingforbruget med ca. 50 % hvis der kan opnås en jævnere lagtykkelse. Direktøren Jens Mørk beretter, at der i 2003 blev fremstillet mellem 1,2 og 1,5 mio. m² malet ståloverflade i vindmølleindustrien, og det svarer til et teoretisk malingforbrug på skønsmæssigt 1 mio. liter eller ca. 1.500 tons. Overforbrug udgør omkring halvdelen heraf.

Pt. har vindmølleindustrien løst problemerne med at automatisere blæserensning af tårnene – men endnu ikke maleprocessen. Malearbejdet foregår fortsat manuelt. Omkostningerne til malematerialer er betragtelige – ifølge Jens Mørk dobbelt så store som omkostningerne til arbejdslønnen. Der er således et betydeligt potentiale i automatiseret påføring: her kan spares penge (ved mindre malingforbrug) og der er en betydelig miljø- og arbejdsmiljømæssig gevinst.

Udvikling af en malerobot til vindmølletårne er en teknisk enklere opgave end den hidtil påtænkte bemandede liftbårne kabine. Chancerne for at udviklingen lykkes er tilsvarende større, og det færdige resultat vil med stor sandsynlighed også kunne overføres til anden anvendelse – f.eks. i værftsindustrien. Det kan tilføjes, at en påføringsrobot som den påtænkte,

muligvis vil kunne udstyres med elektrostatisk påføringsudstyr, hvorved overføringseffektiviteten vil kunne forbedres. Mühlhan har tidligere eksperimenteret med elektrostatisk, manuel påføring, men teknikken fungerede af én eller anden årsag ikke pålideligt. Chancerne for at det lykkes ved robotpåføring er væsentligt større.

Mühlhan A/S er interesseret i at indgå som partner i et sådant udviklingsprojekt. Et flertal af styregruppens brancherepræsentanter understøtter ligeledes ideen.

j) Information til rådgivere og projekterende

Vejledningen "Valg af produkter ved korrosionsbeskyttelse" /Industriens Branchearbejdsmiljøråd, 2002/ bygger alene på miljø- og arbejdsmiljømæssige forudsætninger. Den inddrager ikke økonomiske eller tekniske aspekter. Denne vejledning er det eneste neutrale informationsmateriale om miljø- og arbejdsmiljøbetingede prioriteringer der pt. er tilgængeligt på det danske marked. Den indebærer en betydelig risiko for fejlpositioner, som kan skade de mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende løsningers omdømme. Derfor er der behov for information til en bredere kreds af rådgivende ingeniører om mulighederne for at substituere kendte rensemetoder og malingsystemer med mindre miljøbelastende løsninger. Endelig vil det være både hensigtsmæssigt og naturligt at lade en omtale af det alternative blæsemiddel Carbogrit indgå i materialet.

Det vurderes umiddelbart at information til projekterende, rådgivere samt slutbrugere er relevant for at få udbredt kendskabet til alternative metoder og malingsystemer.

5 Analyse af udvalgte projekter

5.1 Mulige projektideer

I kapitel 3 er den tekniske udvikling på området beskrevet og der er foretaget en vurdering af de identificerede ideer, dels fra forprojektet for Arbejdstilsynet i 2001 og dels af nye ideer fremkommet i den mellemliggende periode.

Den tekniske afsøgning af området har vist, at det fortsat vil være relevant at foretage en nærmere vurdering af de to udviklingsprojekter der er foreslået i Arbejdstilsynets forprojekt og at supplere denne vurdering med en vurdering af ideer til to nye udviklingsprojekter, ét vedrørende robotpåføring af maling på vindmølleårne og ét vedrørende vacuumblæsning af overflader.

De projektidéer, der vurderes i det efterfølgende er:

- 1 Udvikling af en bemanded, liftbåren kabine som kan benyttes både til blæserensning og malingspåføring.
- 2 Udvikling af elektrostatisk udvendig sprøjtepåføring af maling på større stålkonstruktioner.
- 3 Udvikling af automatisk (robot) påføring af maling på vindmølleårne.
- 4 Udvikling af vacuumblæsemetode og udstyr til denne.
- 5 Desuden er ideen om et informationsprojekt kortfattet behandlet.

De fem projektideer er alle medtaget i LFA analysen selv om den indledende kortlægning har vist, at det primært er de to af ideerne, nr. 1 og 3, der vurderes at have potentiale til miljø- og arbejdsmiljøforbedring.

5.2 Vurderingsmetode

De identificerede indsatsområder er vurderet efter principperne i Logical Framework approach (LFA). I vurderingen indgår en overordnet LCA af de forskellige mulige indsatsområder. LCA vurderingen vil, som konsekvens af at der arbejdes på ide niveau være meget overordnet.

LFA analysen består i princippet af elementerne:

- Interessentanalyse
- Problemanalyse
- Målanalyse
- Analyse af alternative strategier

Problemanalysen opsplittes så der udføres en analyse for effekten i forhold til reduktion af miljø- og arbejdsmiljøbelastninger og en for barrierer mod anvendelse af den alternative metode.

5.3 Beskrivelse af de mulige indsatsområder

5.3.1 Udvikling af en bemanded, liftbåren kabine til såvel blæserensning som malingspåføring

Ideen har som mål at udvikle en fleksibel, let manøvrerbar kabine monteret på en lift. Kabinen skal kunne manøvreres af en operatør placeret i en kabine ved siden af behandlingskabinen. Behandlingskabinen skal være forsynet med udsugning direkte fra arbejdsområdet og med opsamling og oprensning samt genbrug af blæsemiddel. Operatøren skal kunne styre arbejdet på grundlag af sin visuelle vurdering af arbejdets fremdrift og operatøren skal kunne styre blæsedyse respektive malepistol med (helst kun) et joy-stick lignede greb, som også kan styre kabinens bevægelse over arbejdsområdet. Operatørkabinen skal være klimatiseret og det skal sikres at luften i kabinen er fri for blæsemiddelstøv og for opløsningsmiddeldampe.

5.3.2 Udvikling af elektrostatisk udvendig sprøjtepåføring af maling på større stålkonstruktioner.

Elektrostatisk påføring er udviklet til brug i værksteder under kontrollerede forhold, men er ikke udviklet til at kunne anvendes effektivt til udendørs arbejder. Elektrostatisk påføring af maling kan reducere de miljø- og arbejdsmiljømæssige påvirkninger. Der skal foretages udviklingsarbejde både med hensyn til påføringsudstyr og med hensyn til malematerialer.

5.3.3 Udvikling af automatisk (robot) påføring af maling på vindmøllertårne

Udvikling af en robot til malingspåføring på vindmølle tårne vil kunne indebære en betydelig reduktion af malingsforbruget som følge af en nedsættelse af forbrugsforbruget og opnåelse af en mere ensartet lagtykkelse. Det skal inddrages i undersøgelsen om metoden vil kunne udvikles til brug på andre store konstruktioner.

5.3.4 Udvikling af vacuumbløsemetode og udstyr til denne

Vacuumbløsen har været afprøvet til rensning af svejsesømme. Metoden kan effektivt forhindre spredning af blæsemiddel. Metoden er på nuværende tidspunkt kun delvis udviklet og anvendelsesområdet er ret snævert.

5.4 Vurdering af projektideerne

5.4.1 Udvikling af en bemanded, liftbåren kabine til såvel blæserensning som malingspåføring

5.4.1.1 Interessentanalyse

Den bemandede liftbåren kabine vil i første række være egnet til arbejder på mindre skibe og til vanskelige dele på stålkonstruktioner.

Der vil være en lang række interessenter i forbindelse med udviklings- og afprøvningsarbejdet og i en brugsfase hvis det lykkes at udvikle ideen til praktisk brug.

I udviklingsfasen vil der skulle etableres samarbejde mellem en række virksomheder og leverandører inden for forskellige områder, og entreprenører og fremtidige kunder vil ligeledes være interessenter. I afprøvnings- og anvendelsesfasen vil det være entreprenører, kunder og miljø- og

arbejdsmiljømyndigheder der vil være de væsentligste aktører. Rådgivende firmaer vil også kunne være en interessant afhængig af hvor bredt anvendelig den liftbårne kabine bliver.

I forhold til de firmaer som skal indgå i udviklingsprojektet (firmaer der beskæftiger sig med arbejdsplatforme, med malerobotter og med afrensningsudstyr) vil der kunne være barrierer i forhold til at etablere det nødvendige samarbejde. I de indledende faser bør flest mulige leverandører medvirke for at sikre at der i udviklingsfasen arbejdes med en optimal kombination af delkomponenter. Dette vil kræve en betydelig åbenhed fra leverandørerne om deres udstyrs muligheder og begrænsninger. For leverandørerne vil der også være en barriere i forhold til de fremtidige muligheder for at afsætte den udviklede løsning. En løsning med høj fleksibilitet i forhold til anvendelse på forskellige områder vil have et potentielt større marked end en løsning der er udviklet specifikt til arbejder på mindre skibe og vanskelige områder på stålkonstruktioner.

For brugerne af den liftbårne kabine vil de væsentligste barrierer være arbejdshastigheden for udstyret, sikkerhed for at kvaliteten af det udførte arbejde svarer til kvaliteten af arbejdet udført med traditionelle metoder og ikke mindst at arbejdet kan udføres til en pris der er konkurrencedygtig i forhold til prisen på arbejdet udført med traditionelle metoder. Det vurderes desuden at der kan være en barriere i forhold til hvor driftsikkert udstyret vil være.

For at overvinde barriererne skal den liftbårne kabine til at have høj driftssikkerhed, en arbejdshastighed som kun er lidt lavere end arbejdshastigheden med traditionelle metoder (der vil være en tidsmæssig besparelse i forhold til traditionelle metoder med hensyn til opsamling af brugt blæsemiddel) og til en pris der gør metoden konkurrencedygtig. Barriererne hos kunderne vil være tilsvarende barriererne hos brugerne. I forhold til rådgiverne vil den væsentligste barriere være spørgsmålet om at den liftbårne kabine er tilstrækkeligt driftsikker og at kvaliteten af arbejdet modsvarer kvaliteten af traditionelt udført arbejde.

Miljø- og arbejdsmiljømyndighederne vil som interessenter kunne få opfyldt væsentlige mål i forhold til en reduktion af spredningen af blæsemiddelstøv forurenet med miljøfremmede stoffer fra malingen og opløsningsmidler fra malingen. I forhold til arbejdsmiljøet vil der være en væsentlig forbedring for de udførende der vil kunne undgå anvendelse af personlige værnemidler og tungt manuelt arbejde. Det skal sikres at operatør kabinen indrettes så den er ergonomisk korrekt.

De væsentligste barrierer vurderes på baggrund af ovenstående at være:

- Udstyrets fleksibilitet
- Arbejdshastighed og kvalitet af arbejdet skal være sammenlignelig med traditionelle metoder
- Udstyrets driftsikkerhed.

For at overvinde barriererne skal følgende afklares:

Udstyrets fleksibilitet: Der skal i den indledende fase tages stilling til om den liftbårne kabine skal udvikles til at kunne anvendes på overflader af forskellig

form og i forskellig vinkel i forhold til vandret, eller om den skal udvikles til mere specifikke opgaver. Omkostningerne til udvikling og fremstilling af en meget fleksibel løsning vil formentlig være signifikant større end omkostningerne til en mere enkel løsning. Det må samtidig antages at jo mere fleksibel løsningen er, jo større vil salgspotentialet være. Det vurderes at det vil være mest hensigtsmæssigt at udvikle den liftbårne kabine til specifikke arbejdsopgaver og satse på at en succesrig gennemførelse vil initiere en videreudvikling til større fleksibilitet.

Arbejdshastighed og kvalitet: Såvel arbejdshastighed som kvalitet vil være afhængig af hvor effektiv og præcis styring af blæsepistol og malepistol kan gøres. Det vil også afhænge af operatørens mulighed for visuelt at kontrollere arbejdet medens det udføres. Disse barrierer vurderes at kunne overvindes til et tilfredsstillende niveau i udviklingsforløbet.

5.4.1.2 Miljø- og arbejdsmiljøforhold

I relation til såvel miljø som arbejdsmiljø er der store forbedringer at opnå hvis udviklingen af den liftbårne kabine lykkes.

Der vil kunne opnås en væsentlig reduktion i tabet af blæsestøv forurennet med malingpartikler til omgivelserne, og spredningen af sprøjtetåge med opløsningsmidler og andre malingkomponenter til omgivelserne vil stort set kunne fjernes.

I forhold til arbejdsmiljøbelastningen af operatør (og hjælpere) vil den liftbårne kabine kunne eliminere det tunge fysiske arbejde i forbindelse med både blæserensning og malingpåføring, og den vil betyde at operatørerne ikke skal anvende personlige værnemidler, som det er tilfældet ved brug af traditionelle metoder.

De barrierer, der er i forhold til at opnå de miljø- og arbejdsmiljømæssige fordele, er de samme som er nævnt under interessentanalysen.

5.4.1.3 Sammenfattende vurdering

Udvikling af en liftbårne kabine til afrensning og overfladebehandling (maling) vurderes at kunne give betydelige miljø- og arbejdsmiljømæssige gevinster. Gevinsterne kan begrænses af, at den liftbårne kabine for at være teknisk og økonomisk attraktiv i første omgang kun bliver udviklet til anvendelse inden for områder, hvor kravene til fleksibilitet er begrænset. Der er en række tekniske barrierer i forhold til styring af værktøj og kabine, samt med hensyn til løbende visuel kontrol af kvaliteten, der skal løses.

5.4.2 Udvikling af elektrostatisk sprøjtning til brug i fri luft

5.4.2.1 Interessentanalyse

Elektrostatisk påføring er i dag udviklet til brug på mindre overflader i værkstedet. Metoden vil, hvis udviklingsarbejdet lykkes således at den kan benyttes til udendørs arbejder og på større konstruktioner, kunne give miljømæssige gevinster som følge af lavere malingforbrug (reduktion af forbisprøjt) og reduktion af arbejdsmiljøbelastningen ved arbejdet. Der vil være en lang række interessenter i forbindelse med udviklings- og afprøvningsarbejdet og i en brugsfase hvis det lykkes at udvikle ideen til praktisk brug.

I udviklingsfasen vil interessenterne være udstyrsleverandører, malingleverandører og maleentreprenører. I forhold til anvendelsesfasen vil

maleentreprenører, kunder, rådgivende ingeniører, samt miljø- og arbejdsmiljømyndighederne være interessenterne.

De væsentligste barrierer i udviklingsarbejdet vil være at sikre at metoden kan arbejde stabilt under klimatiske forhold der som minimum svarer til de der kan arbejdes under med traditionelle metoder, at metoden kan producere de ønskede lagtykkelser af maling med et tidsforbrug og en stabilitet der modsvarer traditionelle metoder. Barriererne er af teknisk art og vil for at kunne overvindes kræve et tæt samarbejde mellem udstyrs- og malingsleverandører.

I anvendelsesfasen vil de væsentligste barrierer for maleentreprenører og kunder være metodens arbejdshastighed og sikkerheden for at opnå en stabil (og tilfredsstillende lagtykkelse), og med en økonomi som modsvarer den som opnås med traditionelle metoder. For de rådgivende ingeniører vil den væsentligste barriere være at etablere en tiltro til at metoden kan opnå de ønskede lagtykkelser, og at det anvendte malingsystem kan leve op til de krav der findes i diverse regelsæt.

For miljøet og i relation til miljømyndighederne vil det være væsentligt at der kan dokumenteres en reduktion af malingforbruget i forhold til traditionelle metoder, at det kan dokumenteres at der sker en mindre spredning og at de anvendte malingsystemer har et mindre indhold af miljøbelastende stoffer, specielt organiske opløsningsmidler.

For arbejdsmiljømyndighederne vil det være væsentligt at den samlede eksponering for sprøjtetåge og malingdampe kan reduceres, og at behovet for anvendelse af personlige værnemidler under påføringen kan nedbringes eller fjernes.

De væsentligste barrierer vurderes på baggrund af ovenstående at være:

- Metodens evne til at arbejde udendørs under vekslende klimatiske forhold
- Metodens mulighed for at sikre en tilfredsstillende lagtykkelse
- Opnåelse af en tilfredsstillende arbejdshastighed.

For at overvinde barriererne skal følgende afklares:

Metodens evne til at arbejde udendørs under vekslende klimatiske forhold

Udstyr til elektrostatisk sprøjtning er i dag ikke egnet til brug udendørs da de klimatiske påvirkninger medfører for stort tab af maling. Projektet skal gennem udvikling af udstyr til opladning af overfladen, udvikling af påføringsudstyret og udvikling af malingen søge at løse disse problemer. Dette vil kræve et tæt samarbejde mellem udstyrs- og malingleverandører og maleentreprenørerne.

Metodens mulighed for at sikre en tilfredsstillende lagtykkelse

Elektrostatisk påføring har med den nuværende teknik haft svært ved at etablere tilstrækkeligt tykke lag. Det skyldes formentlig, at malinglaget efterhånden opbygger en elektrisk isolerende barriere på overfladen, og at denne barriere modvirker deponering af maling. På den anden side må man formode, at denne effekt befordrer dannelsen af et mere jævnt lag, altså som

ønsket en mere ensartet lagtykkelse. Der er altså principielle muligheder i projektideen, men fortsat uløste problemer. Projektet skal søge at løse problemerne gennem et samarbejde mellem udstyrs- og malingsleverandører og maleentreprenørerne.

Opnåelse af en tilfredsstillende arbejdshastighed.

Det er en forudsætning for at metoden implementeres, at der opnås en totaløkonomi som er sammenlignelig med hvad der kan opnås med traditionelle metoder.

5.4.2.2 Miljø- og arbejdsmiljøforhold

De miljømæssige fordele der kan opnås ved udvikling af metoden er relateret til den forventede reduktion af malingspild og dermed det reducerede totale forbrug af maling sammenlignet med traditionelle metoder. Desuden vil der være en fordel ved at kunne arbejde med en maling med lavere opløsningsmiddelindhold.

I forhold til arbejdsmiljøet er fordelene begrænsede. Kun hvis det kan lykkes at udvikle et malingsystem som kan anvendes uden der skal bruges personlige værnemidler under arbejdet vil gevinsten være signifikant. Endelig resterer der et spørgsmål om eksplosionsfare; elektrostatisk påføring indebærer en risiko for gnistdannelse, og konsekvenserne heraf kan være betydelige – dog næppe hvis malematerialet er vandigt.

5.4.2.3 Sammenfattende vurdering

De miljømæssige gevinster ved en færdigudviklet metode vil være betydelige, idet der kan opnås en væsentlig reduktion i det totale malingforbrug og sandsynligvis også brug af malingsystemer med mindre indhold af opløsningsmidler. I forhold til arbejdsmiljøet er gevinsterne mere tvivlsomme.

Der er en række tekniske problemer, der skal overvindes for at udvikle metoden til at kunne arbejde tilfredsstillende udendørs, med en arbejdshastighed og økonomi som gør metoden attraktiv for maleentreprenører og kunder.

5.4.3 Udvikling af automatisk (robot) påføring af maling på vindmølletårne

5.4.3.1 Interessentanalyse

Der er udviklet metoder til at blæserense vindmølletårne med robotter uden der er personale til stede i arbejdsområdet. Arbejdet udføres på værksted. Projektideen omhandler udvikling af en malerobot som på tilsvarende vis kan arbejde i værkstedet uden personale er til stede i arbejdsområdet. Metoden vil muligvis kunne udvikles til også at omfatte maling af andre stålkonstruktioner eller elementer heraf i værksted.

Metoden forventes alene at kunne udvikles til værkstedsbrug og alene til relativt store og ensartede konstruktioner.

Interessenterne i projektet er leverandører af udstyr, producenter af vindmøller og andre store stålelementer, samt miljø- og arbejdsmiljømyndighederne.

For producenterne af vindmøller og andre store stålelementer vil de væsentligste barrierer være metodens arbejdshastighed, og dens evne til at levere et resultat som kvalitetsmæssigt modsvarer den som opnås med traditionelle metoder. Det vurderes at metoden, hvis den kan udvikles til effektiv funktion vil være økonomisk attraktiv, som følge af besparelser i

malingforbrug og i form af besparelser på arbejdskraft og evt. brug af værnemidler.

For udstyrsleverandørerne vil den største barriere være de begrænsede afsætningsmuligheder som følge af de meget specifikke anvendelsesmuligheder for udstyret.

For miljømyndighederne vurderes metoden at give miljømæssige gevinster i form af reduceret malingforbrug og dermed et mindre forbrug af miljøfremmede stoffer, opløsningsmidler eller VOC og måske mindre affaldsmængder til deponering.

For arbejdsmiljøet er metoden fordelagtig idet den vil kunne reducere eller fjerne eksponering for opløsningsmiddeldampe og andre sundhedsskadelige stoffer og evt. reducere behovet for anvendelse af personlige værnemidler.

De væsentligste barrierer for projektet er den relativt snævre anvendelsesmulighed, og de tekniske udviklingskrav.

5.4.3.2 Miljø- og arbejdsmiljøforhold

Hvis metoden kan udvikles til brug vil den betyde væsentlige miljø- og arbejdsmiljøforbedringer.

5.4.3.3 Sammenfattende vurdering

Metoden vil kunne medføre betydelige arbejdsmiljømæssige fordele og også væsentlige miljømæssige forbedringer. Den største barriere, der skal overvindes er det relativt snævre anvendelsesområde for metoden. Hvis metoden kan udvikles så den kan tilpasses til anvendelse på store og mellemstore stålelementer, vurderes det som muligt at overvinde denne barriere.

5.4.4 Udvikling af vacuumblæsemetode og udstyr til denne

5.4.4.1 Interessentanalyse

Vacuumblæsemetoden er under udvikling til brug for afrensning af svejsesømme på store og større relativt plane og ensartede nye stålkonstruktioner. Metoden vil i færdigudviklet tilstand have et begrænset anvendelsesområde.

De væsentligste interessenter i metoden er nybygningsværfter og muligvis andre producenter af store stålkonstruktioner.

De væsentligste barrierer for udvikling og anvendelse af metoden er det begrænsede anvendelsesområde, og muligheden for at opnå en tilfredsstillende arbejdshastighed.

5.4.4.2 Miljø- og arbejdsmiljøforhold

Set fra et miljømæssigt synspunkt vil der være en reduktion af mængden af blæsestøv der frigives til omgivelserne, men i forhold til de samlede mængder ved blæserensning af de store stålkonstruktioner er gevinsten begrænset. Fra et arbejdsmiljøsynspunkt vil der kunne opnås en reduktion af den tid der skal anvendes personlige værnemidler, men igen vil der være tale om en relativt beskeden gevinst i forhold til den samlede tid hvor værnemidler skal benyttes.

5.4.4.3 Sammenfattende vurdering

Metoden vil have et relativt begrænset anvendelsesområde, og de miljø- og arbejdsmiljømæssige gevinster må vurderes at være begrænsede.

5.4.5 Informationsprojekt

5.4.5.1 *Interessentanalyse*

Informationsprojektet er tænkt som en kombination af manualer og teknisk/økonomiske beskrivelser og informationer om projekter hvor alternative metoder (specielt vandige maleløsninger i stedet for opløsningsmiddelholdige) er beskrevet.

Rådgivende ingeniører har en nøglerolle i forbindelse med valg af malingsystemer og afrensingsmetoder og der vil ofte være barrierer mod anvendelse af nye systemer som ikke vurderes at være tilstrækkeligt dokumenterede med hensyn til kvalitet og levetid. Desuden er der i standarder og i retningslinier fra f. eks. Vejdirektoratet givet eksempler på behandlinger der lever op til givne ydeevnekrav. Eksemplerne opfattes ofte som forskrifter, hvilket begrænser tilbøjeligheden til at foreskrive alternative systemer/metoder. Udarbejdelse af informationssystemet kræver et samarbejde mellem malevareleverandører og rådgivere. De konkurrencemæssige forhold mellem de deltagende leverandører af oplysninger i forbindelse med etablering af systemet vil være en væsentlig barriere. Der er fra de fire største aktører på området inden for lak- og farveindustrien udtrykt vilje til at finde en løsning på disse problemer.

5.4.5.2 *Miljø- og arbejdsmiljøforhold*

Etableringen af et informationssystem med veldokumenterede eksempler vil kunne bidrage til væsentlige miljø- og arbejdsmiljømæssige forbedringer. Ved at sikre at viden om alternative muligheder bliver gjort tilgængelige på en systematisk måde, forventes det at metoderne i højere grad vil finde praktisk anvendelse.

5.5 Sammenfattende vurdering af projektideer

Resultatet af den gennemførte indledende vurdering i kapitel 4 samt den i dette kapitel gennemførte vurdering af miljø- og arbejdsmiljøgevinsterne ved projektideerne er, at to udviklingsideer er fundet værdige til nærmere granskning. Det gælder projektideen med en liftbåren arbejdsplatform og en automatiseret malingpåføring til vindmølletårne.

De øvrige 7 ideer er ud fra den ovenstående gennemgang efter LFA principper samt den indledende vurdering i kapitel 4 nedprioriteret af de forskellige fremførte årsager.

Ud over udviklingsideerne er information til rådgivere og projekterende vedrørende valg af miljø- og arbejdsmiljøvenlige afrensingsmetoder og malingsystemer fortsat aktuelt (jf. afsnit 4.3 samt 5.4.5).

Potentialet for miljø- og arbejdsmiljøgevinster for de to projekter er illustreret i den følgende tabel 5.1. Potentialet er beregnet ud fra de i kapitel 3 viste data samt beskrivelser af eksisterende og mulig fremtidig produktion.

Ved beregningerne af potentialet for miljøbesparelser er der set på malingbesparelse og det heraf afledte ressourceforbrug, reduktion af VOC-emissionen samt reduktion af emission af støv og blæsemidler til omgivelserne.

Det er forudsat, at den liftbårne kabine kan reducere spild ved påføring af skibe til 5 % ved nybehandling og 10 % ved vedligeholdelse. Det antages, at metoden kan bruges til overfladebehandling af 25 - 50 % af arealet, og emissionen af støv og blæsemiddel kan reduceres med 50 % på disse andele. I tabel 5-1 er det forudsat, at den liftbårne kabine kan anvendes på 50 % af arealet på skibene.

En automatiseret påføring af vindmøller antages at kunne medføre en reduktion i overforbrug fra de nuværende ca. 100 % til 10 %. Det vides endnu ikke, om det er realistisk at kunne anvende metoden til den indvendige malebehandling af vindmølletårnene. Der er derfor regnet på to scenarier, det ene hvor metoden kun anvendes udvendigt og det andet, hvor metoden anvendes både til udvendig og indvendig malebehandling.

Tabel 5-1 Potentiale for miljø- og arbejdsmiljøgevinster ved projekterne med liftbåren kabine og automatisk påføring af maling på vindmølletårne

Konstruktion	Udviklingsprojekt	Maling besparelse liter	Reduktion af VOC emission kg	Reduktion i emission af støv kg	Arbejdsmiljøgevinst
<i>Stålkonstruktioner</i>	Liftbåren kabine	80 - 160.000	40 - 80.000	1.000 - 2.500	
<i>Skibe</i> - nybehandling	Liftbåren kabine	3.700	2.000	-	Væsentligt reducerede arbejdsmiljøbelastninger
- vedligeholdelse	Liftbåren kabine	12.500	6.300	50.000	
<i>Vindmøller</i> - kun udvendig påføring automatiseres	Automatiseret påføring	350.000	175.000	-	Væsentligt reducerede arbejdsmiljøbelastninger
- både udvendig og indvendig side af vindmølletårne	Automatiseret påføring	700.000	350.000	-	

Anvendelsen af liftbårne kabine til påføring af maling på skibe vil medføre en reduktion af malingforbruget samt en reduceret emission af VOC. Emissionen af støv og blæsemiddel til omgivelserne vil blive reduceret betydeligt. Udviklingen af en liftbåren kabine ligeledes vil betyde en gevinst i forhold til arbejdsmiljøet.

Den anslåede samlede malingbesparelse for branchen er markant højere for automatisk påføring af vindmølletårne end den besparelse i malingforbrug, der kan opnås ved en liftbåren kabine til skibe og stålkonstruktioner.

Besparelsen i forbrug af maling til overfladebehandling af vindmølletårne er en ressourcebesparelse og dermed en reduktion af miljøbelastningen. Hvis det er muligt at anvende metoden til både indvendig og udvendig malebehandling af vindmølletårnene, vil den opnåede besparelse fordobles i forhold til kun at anvende en automatiseret påføring udvendig. Ud over ressourcebesparelsen er der endvidere tale om en betydelig reduktion af VOC emissionen og dermed ligeledes en reduktion af miljøbelastningerne.

Automatisering af påføringen af vindmølletårnene vil betyde en reduktion af arbejdsmiljøbelastningerne. Betjeningen af udstyret kan foregå uden at

personen er i direkte kontakt med malingen og sundhedsskadelige kemiske stoffer.

VOC emission er et miljømæssigt højt prioriteret område, reduktionen af emissionen er derfor et væsentligt argument for at pege på udviklingen af en automatiseret påføring af vindmølletårne.

6 Nyhedsværdi af udvalgte projekter

6.1 Bemandet liftbåren kabine

Udvikling af en bemandet, liftbåren kabine, som kan benyttes både til blæserensning og til påføring af maling. Her ønskes en form for kabine, som er billigere og mere universal end de kendte alternativer f.eks. "Paintmaster" og "Dockmaster", som er udviklet hos Blohm & Voss i Hamburg. Det samme gælder franske Thomann-Hanrys udstyr til facaderensning "Gommage". Det særlige ved kabinen er, at dens forreste del udgør det arbejdsrum, hvor blæserensning eller maling udføres mens den bageste del er en klimatiseret kabine, hvorfra operatøren fjernstyrer arbejdsoperationerne

Dette projekt forekommer fortsat at være relevant. Alle branchens repræsentanter i styregruppen har ytret interesse for arbejdet. Der er gennemført en nyhedsundersøgelse i patentlitteraturen via "espacenet", og kontakter i branchen er blevet interviewet. Der er ikke fundet udstyr, som virker efter det planlagte koncept, ej heller udstyr, som vurderes at kunne løse de stillede arbejdsopgaver; der findes dog adskillige patenter og patentansøgninger på området¹¹. Følgende virksomheder er blevet kontaktet:

- Blohm & Voss, Hamburg
- Straaltechnik, Holland
- Odense Stålskibsværft, Lindø
- Kyoei Inc., Japan
- Hempel A/S
- Maersk McKinney Møller Institut ved Odense Universitet
- Mühlhan A/S, Vissenbjerg

Der har desuden været kontakt til en udstyrsleverandør, som leverer lifte bl.a. til værftindustrien. Firmaet er positivt for at deltage i udviklingsarbejdet. Det skal understreges, at projektideen alene omhandler den omtalte kabine, ikke den lift, som skal bære kabinen.

6.2 Maling på vindmølleårne

Udvikling af automatiseret malingpåføring til vindmølleårne.

Målet er at automatisere malingpåføringen for at opnå den nødvendige og tilstrækkelige ensartede lagtykkelse.

En aktør på området er som tidligere nævnt interesseret i at indgå som partner i et sådant udviklingsprojekt. Et flertal af styregruppens brancherepræsentanter understøtter ligeledes ideen.

Ifølge en anden aktør er opgaven dog ikke så enkel, som den måske kan synes. Udtalelsen bygger på tidligere eksperimenter og overvejelser.

Patentlitteraturen (esp@cenet) afslører ingen patenter eller ansøgninger som direkte refererer til maling af vindmølletårne, men adskillige som handler om, hvorledes man kan opnå en ensartet lagtykkelse:

- Gary Mark et. al. beskriver således et køretøj til vejmarkering, hvor den påførte mængde maling reguleres proportionalt med hastigheden ⁱⁱⁱ
- Ludwig Siever et al har opfundet en metode som skal gøre elektrostatisk påføring af maling mere ensartet, og især uafhængig af elektriske interferensfænomener, eksempelvis de forskelle i feltstyrke som opstår som følge af malinglagets opbygning ^{iv}.
- Minoru Ichigo et al beskriver en interessant anordning til malingpåføring, en slags berøringsfri malerulle, hvorfra malingen slynges mod emnet i en kileformet flad stråle der skulle gøre det muligt at behandle en bane i rullens bredde med et ensartet lag malemateriale ^v, altså påføring af maling ved sprøjtning, men uden brug af dyser.
- Satoshi Kodama et al og Mashayuki Enomoto et al beskriver i to forskellige patenter forskellige arrangementer beregnet på automobillakering, men uden tilstrækkelig fokus på ensartet lagtykkelse ^{vi}

Alt i alt forekommer ideen både ny og relevant. Der hersker en vis usikkerhed om, hvor vanskelig opgaven er at løse.

7 Forslag til handlingsplan for Heavy-duty branchen

Miljøstyrelsen ansøges hermed om støtte til to projekter, et udviklingsprojekt og et informationsprojekt:

- Udvikling af udstyr til automatiseret påføring af maling på vindmølleårerne. Ansøgt støttebeløb: kr. 1.900.000,-
- Udarbejdelse af tillæg til DS/ISO 12944 "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner" med vægt på mindre miljøbelastende løsninger. Ansøgt støttebeløb: kr. 400.000,-

7.1 Udvikling af udstyr til automatiseret påføring af maling på vindmølleårerne.

7.1.1 Baggrund og formål

Vindmølleårerne fremstilles sektionvis af stålplade som er valset og svejset op til koniske rørformede sektioner. Sektionerne samles til slut på stedet hvor mølleårnet rejses.

Sektionerne er store stålkonstruktioner, større og større efterhånden som møllerne bliver større. Der findes møllesektioner med mange forskellige dimensioner, pt. er nogle af de største omkring 35 m lange, med en diameter på 5-6 m i den ene ende og noget mindre i den anden.

Møllesektionerne males manuelt ved airless sprøjtning med 2-komponent, opløsningsmiddelholdig epoxy- og polyurethanmaling. Der er strenge krav til minimumlagtykkelsen, typisk omkring 250 µm tør filmlagtykkelse udvendig – noget mindre indvendig. På grund af den manuelle påføring bliver laget ujævnt, og det er nødvendigt at påføre meget mere maling end teoretisk påkrævet. Overforbruget er typisk omkring 100 %.

Det er projektets formål at udvikle en automatiseret påføringsmåde således at malingen kan påføres jævnt for at undgå eller minimere overforbrug. En realistisk reduktion af malingforbruget skønnes til 35-40 %

7.1.2 Fremgangsmåde

Projektet gennemføres i et samarbejde mellem

- Producent af vindmølleårerne
- Overfladebehandlere af vindmølleårerne
- Producent af anlæg til automatisk påføring af maling
- Én eller flere lak- og farveproducenter
- Et rådgivende ingeniørfirma, som kan varetage laboratorieundersøgelser, projektstyring og dokumentation

Arbejdet opdeles i følgende etaper:

Påføringsforsøg i laboratorie- eller pilotskala. Forsøgene skal godtgøre om det er muligt at automatisere påføringen ved hjælp af alternativer til airless sprøjtning: Laktæppemaskine, overrisling, trykfødet rulle, fortdet spartelanordning. Robotsprøjtning er også en mulighed, hvis de mere enkle principper ikke fungerer i praksis.

Denne fase afsluttes med en rapport over arbejdet, dvs. de forskellige udstyr og metoder, deres egnethed til opgaven, hvilke parametre der har indflydelse på resultatet, og hvorledes processen kan kontrolleres eller styres. Rapporten er et væsentligt udgangspunkt for senere udvikling af udstyr samt drift af dette.

Skulle udfaldet blive, at der ikke kan findes egnede processer, standses projektet med henblik på en drøftelse med Miljøstyrelsen.

Opbygning af anlæg i fuld skala hos én af de deltagende virksomheder . Anlægget kan fuldkommengøres i større eller mindre grad afhængig af opgavens sværhedsgrad.

Højest prioritet har det at kunne male tårnene automatisk på den udvendige side; her bruges den største mængde maling, og her er overfladerne relativt ukomplicerede, dvs. uden generende fremspring og andre vanskelige detaljer.

Hvis det er muligt søges det tillige at automatisere påføringen på mølletårnenes indvendige side.

Projektet betragtes som vellykket hvis det lykkes at automatisere den udvendige påføring, og såfremt forbruget af maling hertil kan reduceres som forventet, dvs. med 35-40 %.

Denne fase afsluttes også med en rapport. Rapporten skal redegøre for udviklingsforløbet, og især anføre sådanne data og erfaringer som vil være nyttige ved opbygning af fremtidige anlæg.

Projektets væsentligste resultat vil dog naturligvis være et velfungerende anlæg i fuld skala.

7.1.3 Tidsplan og budget

Etape 1 – Påføringsforsøg i laboratorie- og pilotskala

Aktivitet	Måned / timer				Sum timer	Time pris kr	Time omk kr	Ud læg kr	Omk kr	Heraf ansøgt kr
	1	2	3	4						
Udstyr	50							20000		
Forsøg		300						10000		
Optimering			100					5000		
Rapportering				50						
Fordeling på partnere										
Overfladebehandler		25			25	375	9375		9375	5000
Overfladebehandler		25			25	375	9375		9375	5000
Leverandør af anlæg		50			50	375	18750	10000	28750	20000
Malingleverandører	25	100	50		175	375	65625	10000	75625	50000
Rådgiver	25	100	50	50	225	850	191250	15000	206250	206250
Sum							294375	35000	329375	286250

Etape 2 – Opbygning af anlæg i fuld skala

	Halvår / timer					Sum timer	Time pris kr	Time omk Tkr	Ud læg Tkr	Omk Tkr	Heraf ansøgt Tkr
	2	3	4	5							
Opbygning	2200										
Afprøvning		1736									
Optimering			1366								
Rapportering			500								
Fordeling på partnere											
Overfladebehandler	500	333	500		1333	375	500	400	900	390	
Overfladebehandler	500	333	500		1333	375	500	300	800	350	
Leverandør af anlæg	800	700	366		1866	375	700	30	730	320	
Malingleverandører	300	300	200		800	375	300	100	400	170	
Rådgiver	100	70	300		470	850	400	30	430	430	
Sum					5.802		2.400	860	3.260	1.660	

7.2 Udarbejdelse af tillæg til DS/ISO 12944 "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner" med vægt på mindre miljøbelastende løsninger

7.2.1 Baggrund og formål

ISO 12944

DS/EN ISO 12944 serien "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner" er godkendt som dansk standard i 2000 to år efter dens udgivelse som international (ISO) standard i 1998. Normserien er udsendt i dansk oversættelse af Dansk Standard (DS) i 2001.

ISO 12944 består af 8 afsnit (ISO 12 944-1, 2...8). Del 5

"Korrosionsbeskyttende malingsystemer" giver i 10 tabeller (Annex A) forslag

eller eksempler til opbygninger som modsvarer kravene i standardens forskellige korrosionskategorier.

Materialevalget domineres af malevarer på basis af 2-komponent epoxy og polyurethan, altså produkter som i Danmark er omfattet af særlige bestemmelser fra Arbejdstilsynet.

Standarden giver kun meget beskedne vejledning i valg ud fra miljø- og arbejdsmiljømæssige kriterier, idet det alene anføres i noter til tabellerne, hvorvidt de enkelte malevarer (også) er tilgængelige i en vandig udgave.

Selvom eksemplerne i ISO 12944 netop kun er eksempler, har de anførte behandlingsforslag stor gennemslagskraft på markedet, ikke mindst hos rådgivende ingeniører.

Pjece fra Industriens Branchearbejdsmiljøråd 2002

I oktober 2002 udkom "Valg af produkter ved korrosionsbeskyttelse" fra Industriens Branchearbejdsmiljøråd. Det væsentlige i denne folder er den såkaldte "produktvalgstrappe" side 5. Her er et udvalg af malematerialer listet alene efter arbejdsmiljømæssige overvejelser – altså uden hensyn til tekniske og økonomiske konsekvenser.

Leverandørinformation

Malingleverandørerne har udarbejdet informationsmateriale som skal lette produktvalget afhængigt af opgaven. Eksempelvis har Sigma Coatings udsendt en CD-rom med et ekspertsystem, som giver mulighed for valg af opbygning ud fra anvendelse og påvirkning. CD'en har den finesse, at udvalgte systemer kan prioriteres efter hhv. levetid og økonomi. Miljø og arbejdsmiljø indgår imidlertid ikke i prioriteringskriterierne.

Der findes altså intet materiale, som kan assistere rådgivere i systemvalg ud fra en samlet betragtning af teknik, økonomi, miljø og arbejdsmiljø. Det bremser udbredelsen af mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende systemer. Endelig er der sket fremskridt mht. udvikling af mindre miljø- og arbejdsmiljøbelastende malevarer i de mindst 6 år der er gået siden eksempelsamlingerne i ISO 12944 blev sammensat.

7.2.2 Fremgangsmåde

Det foreslås at udarbejde en vejledning til branchen, som et supplement eller tillæg til ISO 12944. Vejledningen skal anføre miljø- og arbejdsmiljøvenlige alternativer til udvalgte, væsentlige eksempler i standardens annex A.

De alternative behandlingsopbygninger beskrives ved brug af neutrale generiske typebetegnelser for malevarerne på samme vis som i standardens annex A. Det giver mulighed for

- at tillægget eventuelt senere kan optages officielt i ISO 12944
- at malingleverandører kan udarbejde informationsmateriale efter samme skabelon, men med egne handelsnavne

Eksempelsamlingen skal præcisere fordele og ulemper ved de beskrevne systemer i forhold til traditionelle systemer. Forventet omfang 15-20 sider.

Derudover foreslås det at udarbejde en illustreret folder med eksempler på entrepriser udført med malingsystemer som de der beskrives i den nye eksempelsamling. De beskrevne case-stories må gerne rumme både positive og negative erfaringer. Hvorvidt folderen skal være et selvstændigt skrift eller udgøre et afsnit i eksempelsamlingen må besluttes senere. Forventet omfang ca. 10 sider.

Publikationen udarbejdes af en redaktionskomite med deltagelse af

- de involverede lak- og farvefabrikker
- en overfladebehandler
- en rådgiver med speciale i overfladebehandling af stålkonstruktioner, eksempelvis fra COWI A/S
- en sekretær

Redaktionskomiteen udarbejder oplæg, som sendes til høring hos FDO, SME, Danske Maritime og MAB, og afstemmes løbende med disse organisationer.

Trykning og formidling forventes at foregå dels fra Miljøstyrelsen dels ved en præsentation for rådgivere foranlediget af Foreningen for Danmarks Farve- og Lakindustri.

7.2.3 Tidsplan og budget

Arbejdet gennemføres over en periode på 2 år med afholdelse af i alt 12 redaktionsmøder.

Tidsforbrug lak- og farveindustri

12 møder 4 personer á 4 timer : 192 timer

udarbejdelse af oplæg: 300 timer

I alt ca. 500 timer á kr. 375,- : kr. 187.500,-

Udlæg 30.000,-

I alt 217.500,-

Heraf ansøgt 108.750,-

Rådgiverrepræsentant

I alt ca. 150 timer á kr. 850,- 127.500,-

Udlæg 7.500,-

I alt 135.000,-

Heraf ansøgt 135.000,-

Sekretær

I alt ca. 200 timer á kr 850,- 170.000,-

Udlæg 20.000,-

I alt 190.000,-

Heraf ansøgt 190.000,-

Projektomkostninger excl. moms kr. 542.500,-

Heraf ansøgt kr. 433.750,-

8 Referencer

Arbejdstilsynet. Forprojekt til almennyttigt udviklingsprojekt. Udendørs overfladehandling. 2001

Dansk Industri. Resultat af VOC-aftalen. Marts 2002

Dansk Vindmølleindustri. Danish Wind Industry Statistics. 2003
(www.windpower.org)

Dansk Standard. "Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner". 2001

DMT. Oplysninger vedr. årlig omsætning. 2003

DS/EN ISO 12.944- Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 1-8 Dansk Udgave: DS-håndbog 124

FDO. Oplysninger vedr. årlig omsætning. 2003

Industriens Branchearbejdsmiljøråd. Valg af produkter ved korrosionsbeskyttelse. Oktober 2002 (www.i-bar.dk)

Livscyklusvurdering af vindmøller. Tech-wise, 1999

Miljøstyrelsen. Vandige malematerialer til korrosionsbeskyttelse. 1990

Miljøstyrelsen. Overfladebehandling af skibe. 1991

Miljøstyrelsen. Korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner. 1993

Miljøstyrelsen. Blæserensning og korrosionsbeskyttelse af stålkonstruktioner. 1994

Miljøstyrelsen. Spredning af renere teknologi i industriel overfladebehandling. 1995

ⁱⁱ Patent US 2002137430 Novel robot platform for stripping and/or painting and resulting work stations
EU Patentansøgning 0614802A1 Apparatus and method for performing external work on ship hulls and the like
Fransk Patent 2662098 Device and method for painting submerged surfaces
Japansk Patent KR7901216 The working set for ship body
Japansk Patent KR131114Y Platform for painting
US Patent 6507163 Robotic bridge maintenance system

ⁱⁱⁱ Patent EP0109303 Apparatus for and method of controlling rate of deposition of material from a moving vehicle

^{iv} Patent EP0 0297520 Method and apparatus for lacquering work pieces with an electrically insulating surface by electrostatic coating or spray coating

^v Patent US 9360108 Spray coating apparatus

^{vi} Patenter US 4985283 og US 5240745 Method and device for painting side outer panels of an automobile body / Method for uniformly painting an object with moving spray guns spaced at constant distance from the surface of the object