



**CHALMERS**

# Inventering av rotskyddssystem för kajspanter.

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

ARISTIDIS TSOUKALIOS

**INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNAD**

---

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



EXAMENSARBETE ACEX20

# Inventering av rotskyddssystem för kajspanter.

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*

*Samhällsbyggnadsteknik*

ARISTIDIS TSOUKALIOS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för avdelningsnamn

Forskarguppsnamn

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2021

Inventering av rotskyddssystem för kajspont.  
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet*  
*Samhällsbyggnadsteknik*  
ARISTIDIS TSOUKALIOS

© ARISTIDIS TSOUKALIOS, 2021

Examensarbete ACEX20  
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Chalmers tekniska högskola 2021

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för avdelningsnamn  
Forskargrupsnamn  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Göteborg 2021



Inventering rostskyddssystem för kajsponten.

*Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet  
Samhällsbyggnadsteknik*

ARISTIDIS TSOUKALIOS

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik  
Avdelningen för Konstruktionsteknik  
Chalmers tekniska högskola

## **SAMMANFATTNING**

Ändamålet med rapporten är att genomföra en inventering av målningsystem vilka är tillgängliga på den svenska marknaden och som används för att skydda kajsponten i en korrosiv miljö med hög salinitet och de påfrestningar som skvalpzonen medför. De flesta testerna är antingen genomförda i fält eller i laboratorier under accelererade förhållanden. De kritiska typerna av brott har beaktats i undersökningen. Metoden består av en litteraturstudie samt inventering av tester som är utförda i en miljö som påminner om kajspontens samt inventering av tillgängliga system. Resultatet visar att traditionella epoxisystem, i synnerhet de som är berikade med zink, fortfarande är konkurrenskraftiga med avseende på korrosionsskydd och kompatibilitet. Samtidigt visar resultaten att ickeorganiska system och hybridsystem klarar att ge ett minst lika bra skydd som epoxisystemen. Dessa är dock i regel inte lika kompatibla. Ickeorganiska zinksystem har förutom att ha visat prov på lång livslängd även visat en viss tendens till att självläka. Hybridsystemen har presterat väl och visat att det är fullt möjligt att ersätta ett system bestående av tre skikt med ett som består av två skikt. De icke organiska zinksystemen och hybridsystemen har dessutom väsentligt mycket lägre halt av VOC jämförd med epoxisystem. Vilket system som är att föredra är inte entydigt bestämt utan styrs bland annat projektets storlek och systemets tänkta livslängd  
Nyckelord: Korrosion, rostskyddsmålning, epoxi, zink, färg, polyuretan, polysiloxan, skvalp zon, rostskydd

Inventory of coating systems for sheet piles

*Degree Project in the Engineering Programme  
Civil and Environmental Engineering*

ARISTIDIS TSOUKALIOS

Department of Architecture and Civil Engineering  
Division of Structural Engineering  
Chalmers University of Technology

## **ABSTRACT**

The aim with this report is to present an inventory of existing and available coating systems used for protection of sheet piles in a high salinity environment and to evaluate which of them that are best suited for the environment and use in splash zone. The majority of the tests are conducted in either field or in laboratory under accelerated circumstances. The critical failure modes have been observed in the evaluation. The method consists of a literature review and inventory of coating systems and tests which have evaluated the painting systems in an environment familiar to the sheet piles. Results show that traditional epoxy coating systems, especially zinc-rich, are still a competitive with respect to corrosion protection and compatibility. The results also indicate that nonorganic coatings and hybrid systems offer protection at least to the same extent as epoxy coatings, but they are less compatible. Non organic zinc-rich coatings have showed good durability and a tendency to heal itself. Hybrid systems as polysiloxane has also performed well in a comparison to traditional epoxy systems and showed that it is possible to replace a the three layer system with a two layer hybrid system of polysiloxane and epoxy. The non organic coating and the polysiloxane system also has much lower VOC values compared to the epoxy systems. Which system that is the most preferable is still relative and dependant on project size as well as wanted service time of the coating.

Key words: Corrosion, coating, epoxy, zinc, paint, polyurethane, polysiloxane, splash zone, corrosion protection

# Innehåll

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLL	III
FÖRORD	VIII
NOMENKLATUR OCH BETECKNINGAR	IX
1 INLEDNING	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Metod	2
2 KORROSION	3
2.1 Allmänt om korrosion	3
2.2 Elektrokemisk korrosion	3
2.3 Korrosionstakt och mätning	4
2.4 Korrosionsceller	5
2.4.1 Cell bestående av olika elektroder	5
2.4.2 Celler med olika koncentration	6
3 KORROSIONSTYPER	7
3.1 Likformig korrosion	7
3.2 Gropfrätning	7
3.3 Biologisk korrosion	7
4 SPONTER	9
4.1 Sponters omgivning	9
4.2 Korrosion hos sponter	9
4.3 Korrosionskvantifiering hos sponter	9
4.3.1 Optisk 3D-skanner	10
5 ROSTSKYDDSSYSTEM	11
5.1 Förbehandling	11
5.2 Blästring	12
5.2.1 Blästringsmedel	12
5.2.2 Metalliska blästringsmedel	13
5.2.3 Icke-metalliska blästringsmedel	13
5.2.4 Blästermedel från slaggprodukter	13
	III

5.3	Appliceringsmetoder	14
5.3.1	Målning med spruta	14
5.3.2	Automatiserad sprutning	15
5.3.3	Applicering med pensel eller rulle	15
5.4	Vidhäftningsbrott och förberedelserelaterade problem	16
6	KORROSSIONSSKYDDETS PRINCIPER	17
6.1	Barriärskydd	17
6.2	Elektrolytiskt motstånd	17
6.3	Passivering av metallytan	17
6.4	Katodiskt skydd	17
7	ROSTSKYDDSFÄRGER	18
7.1	Rostskyddsfärgens uppbyggnad	18
7.2	Bindemedel	18
7.2.1	Epoxi	18
7.2.2	Polyuretanfärg	19
7.2.3	Alkydfärger	20
7.2.4	Akrylfärger	20
7.2.5	Övriga färger	20
7.3	Pigment	21
7.3.1	Barriärskyddande pigment	21
7.3.2	Katodiskt skyddande pigment	21
7.3.3	Passiverande pigment	22
7.3.4	Zinkpigment	22
7.4	Tillsatser	23
7.5	Fyllnadsmedel	23
7.6	Färgers egenskaper	23
7.6.1	Vidhäftning	23
7.6.2	Våt vidhäftning	24
7.6.3	Kohesion	24
7.7	VOC	24
8	BROTT HOS ROSTSKYDDSMÅLNING	25
8.1	Ultraviolett strålning	25
8.1.1	Brott till följd av absorption	25
8.1.2	Följderna av reflektion och transmission	26
8.2	Temperaturens påverkan på färg	26
8.2.1	Längdutvidgning	26
8.2.2	Glasomvandlingstemperatur	26
8.3	Fuktrelaterade problem	27
8.4	Kemisk nedbrytning	28

9	INVENTERING AV MÅLNINGSSYSTEM	29
9.1	Jotun	29
9.1.1	Marathon	29
9.1.2	Marathon 1000XHB	30
9.1.3	Marathon 1000 GF	31
9.1.4	Marathon 550	32
9.1.5	Penguard Pro	33
9.1.6	Penguard Pro GF	34
9.1.7	Penguard Pro GF X	36
9.1.8	Penguard Pro Alu	37
9.1.9	Baltoflake	38
9.1.10	Jotamastic SF	39
9.1.11	Jotamastic Smart Pack HB	40
9.1.12	Jotamastic Smart Pack Alu	41
9.1.13	Jotamastic 87	42
9.1.14	Jotamastic 87 GF	44
9.1.15	Jotamastic 80 Aluminium	46
9.2	Tikkurila	48
9.2.1	Temazinc 77	48
9.2.2	Temazinc 99	49
9.2.3	Temacoat GPL-S Primer	50
9.2.4	Temacoat GPL-S MIO	52
9.2.5	Temacoat RM 40	54
9.2.6	Temadur 50	56
9.2.7	Temathane PC 50	56
9.2.8	Temacoat Primer	57
9.2.9	Temaline TL	58
9.2.10	Temabond ST 300	59
9.2.11	Temabond ST 200	60
9.2.12	Fontezinc HR	61
9.3	Hempel	62
9.3.1	Hempadur Spray-guard 35493	62
9.3.2	Hempadur 35560	62
9.3.3	Hempadur 15590	63
9.3.4	Hempadur Multi-Strenght 45753	64
9.3.5	Hempathane HS 55610	66
9.3.6	Hempadur Multi-Strenght 35840	67
9.4	International	68
9.4.1	Intershield 300	68
9.4.2	Interzone 1000	69
9.4.3	Interzone 485	70
9.4.4	Interzone 505	71
9.4.5	Interzone 762	72
9.4.6	Interzone 954	73
9.4.7	Interzone 101	73
9.4.8	Interzone 2000	74
9.4.9	Interzone 954 BG	75
9.4.10	Interzone 954 GF	76

9.5	Teknos	77
9.5.1	Teknoplast HS 150	77
9.5.2	Teknozinc 80 SE	78
9.5.3	Teknozinc 3480 SE	79
9.5.4	Teknomastic 80 Primer	80
9.5.5	Inerta 165	81
9.5.6	Inerta 270	82
9.5.7	Inerta 280	83
9.5.8	Teknomastic Combi 80-500	84
9.5.9	Inerta 160	85
9.5.10	Infralit EP 8024	86
9.6	Introteknik	87
9.6.1	Isotrol klarlack grund	87
10	TESTER	89
10.1	Test i laboratorium	89
10.1.1	Fukttester	89
10.1.2	Torkning	90
10.1.3	Temperatures inverkan	90
10.1.4	Ultraviolett strålning	91
10.1.5	Mekanisk påkänning	91
10.2	Test i fält	91
11	INVENTERING AV UNDERSÖKNINGAR	92
11.1	Avskavningstest för organiska målningsystem	92
11.1.1	Målningsystem och förberedelse	92
11.1.2	Omgivning	93
11.1.3	Testet	93
11.1.4	Resultat	93
11.1.5	Slutsatser	94
11.2	Fältundersökning av målningsystem till havs.	95
11.2.1	Målningsystem och förberedelse.	95
11.2.2	Omgivning	95
11.2.3	Testet	95
11.2.4	Resultat från testerna	96
11.3	Accelererat test som utvärderar färgsystems åldrande vid låga temperaturer.	98
11.3.1	Målningsystem och förberedelse	99
11.3.2	Omgivning	99
11.3.3	Testerna	99
11.3.4	Resultat från testerna	100
11.4	Utvärdering av rostskyddssystem i offshore-miljö	105
11.4.1	Målningsystemen	105
11.4.2	Omgivning och förberedelser	106
11.4.3	Testerna	106
11.4.4	Resultat	107
11.4.5	Slutsatser	107

11.5	Experimentell utvärdering av målningsystem för stålstrukturer	108
11.5.1	Målningsystem	108
11.5.2	Omgivning	108
11.5.3	Testerna	108
11.5.4	Resultat	110
11.5.5	Slutsatser	111
11.6	Undersökning av reparationsmålningsystem	111
11.6.1	Målningsystem och förbehandlingar	111
11.6.2	Omgivning	111
11.6.3	Testerna	111
11.6.4	Resultat	112
11.6.5	Slutsatser	128
12	ANALYS	130
12.1	Slutsats	131
12.2	Diskussion	131
13	REFERENSER	133

## Förord

Det här examensarbetet med omfattning 15 Hp på Högskoleingenjörsprogrammet 180 Hp vid Chalmers tekniska högskola uppstod genom ett samtal om underhåll med Martin Björklund och Magnus Harryson från Port Engineering under V-sektionens arbetsmarknadsmässa. De ansåg nämligen att det vore nyttigt att inventera målningsystem som är aktuella att använda under de förhållanden som råder i Norden. Vid samma mässa ansåg även Annika Oskarsson vid Göteborgs hamn att en sådan inventering kunde vara till nytta. Jag är mycket tacksam för deras stöd och den entusiasm de visade då jag genomförde arbetet. Stor tacksamhet riktas även till handledare och examinator Professor Kamyab Zandi som inte bara bidragit med kloka tankar utan även varit mycket förstående dels för pandemisituationen, dels att arbetet blev en aning fördröjt av personliga skäl. I samband med arbetet genomfördes några intervjuer och jag är uppskattar den tid Lennart Björk vid Tikkurila och Lars Kjellberg vid Introteknik avsatte för att ge information om produkter samt en trevlig inblick i rostskyddsmålningsbranschen. Björn Tidbeck senior forskare vid RISE var också generös med sin tid och ställde gärna upp med information under en intervju. Det var från början tänkt att arbetet även skulle innehålla kvantifiering av korrosion med hjälp av en 3D-skanner som Professor Zandi använder i sin forskning. Som en följd av pandemin blev detta aldrig av, men mastersstudent Henrik Waldäng förtjänar tack för att han glatt tog sig tid och visade hur skannern fungerade. På det personliga planet vill jag uttrycka min tacksamhet mot mina föräldrar Agneta och Alex samt min sambo Milena de Paula som var ett otroligt stöd och visat såväl tålamod som förståelse under en period som inte alltid var den lättaste. Även våra hundar Roxy och Sapho förtjänar ett omnämnande då de sett till att inte suttit vid skrivbordet hela dygnet.

Göteborg Mars 2021

Aristidis Tsoukalios

## Nomenklatur och beteckningar

$A_r$	Koefficient för
$\emptyset$	Cellpotential
$E$	Molekyl eller atom med fria elektroner
Fri radikal	En grupp atomer i en molekyl
Funktionell grupp	Flöde
$I$	Joule betecknar energi
$J$	Resistans
$R$	Aritmetiska genomsnittliga avvikelser för en profil
$R_a$	Den maximala profilhöjden i genomsnitt hos profil
$R_z$	Snökristaller som bildas av vattenmättad luft
Rimfrost	Blästringsgrad som anger en ytas jämnhet
Sa	Glasomvandlingstemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]
$T_g$	Spänning, mäts i Pascal. $Pa = \frac{N}{m^2}$
$\sigma$	Skala som anger ett materials hårdhet
Mohrs skala	



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Det huvudsakliga materialet för kajsponten är stål, vilket är ett korrosionsbenäget material. I havsmiljön med hög salinitet som stålsponterna befinner sig i korrosionstakten synnerligen hög. Medelkorrosionen hos stål uppskattas till  $100\mu\text{m}$  per år för såväl zon ovanför som nedanför vattenytan. I skvalpzonen är korrosionshastigheten däremot tre gånger högre. Vanligtvis gjuts den mest korrosionsutsatta delen av sponten in i betong och ytan som befinner sig under vattenytan skyddas inte sällan med aluminium- eller zinkanoder. Skyddsanoder är emellertid verkningslösa i den övre delen av skvalpzonen och i vissa fall är det inte möjligt att gjuta in sponten i betong. På vissa ställen, som Skandia hamnen och Arendal, har stålsponter fördärvats redan efter 20 år. Port Engineering finner sålunda det värdefullt att undersöka och utvärdera rostskyddsmålning som alternativ. Enligt Lennart Björk (personlig kontakt 24 april 2020) teknisk chef vid Tikkurilas industriavdelning finns det många fördelar med ett effektivt rostskyddssystem. Onödig överdimensionering kan undvikas vilket är positivt ur såväl ekonomisk som miljömässig aspekt. Vidare är prestandan hos rostskyddssystemet viktig eftersom personalkostnaderna vid underhåll här i Norden tillhör de högsta.

Arbetet handleds och examineras av institutionen för Konstruktionsteknik vid Chalmers tekniska högskola och Port Engineering samt Göteborgs Hamn bistår med kunskap och tillhandahållande av kajplatser för inspektion. Parallellt, i samband med utvärderingen av de befintliga målningssystemen, utreds även i vilken utsträckning tredimensionell optisk skanning är tillämpbar för att kartlägga och kvantifiera gropfrätning hos kajsponten. På Chalmers tekniska högskola pågår forskning kring korrosion hos armeringsjärn där optisk 3D-skanning använts av bland annat examensarbets examinator och handledare Professor Kamyab Zandi. Nyttan och relevansen finns i att det är möjligt att undersöka korrosionen vid en spont utan att skära bort en del av sponten som tas med till laboratorium för undersökning. Vidare är metoden förhållandevis ekonomisk vid jämförelse med andra metoder för utvärdering i fält.

## 1.2 Syfte

Arbetets ändamål är att undersöka befintliga målningssystem samt undersöka vilka målningssystem som är fördelaktiga att använda under de förhållanden som råder i Norden och Göteborg.

## 1.3 Avgränsningar

Undersökningen inskränks till att enbart innefatta rostskydd i havsnära miljöer samt i skvalpzonen. Eftersom enbart rostskyddsmålning i havsmiljö avhandlas i rapporten kommer kajsponten kallas för sponten. Studiens tyngdpunkt kommer vila vid de korrosionsformer och korrosionsmekanismer som hör till spontens omgivning. Detsamma gäller rostskyddssystem, där rapportens fokus kommer riktas mot

målningssystem vilka är lämpade i marin miljö samt klarar av att vara nedsänkta under vattenytan. I samband med inventeringen av rostskyddssystem har urvalet begränsats till de som är tillgängliga på svenska marknaden, undantaget Fontezinc HR som blir tillgängligt till hösten 2020. Då ett av de främsta skälen med studien är att undersöka rostskyddsmålning i de fall katodiskt skydd med offeranoder inte är tillämpligt kommer den typen av katodiskt skydd inte ingå i rapporten, snarare av tidsskäl än bristande nytta och relevans.

## **1.4 Metod**

Inledningsvis görs en grundläggande litteraturstudie i syfte att ge en god förståelse för olika typer av korrosion samt de mekanismer som driver korrosion i havsmiljö. I litteraturstudien ingår även studier av olika system för rostskyddsmålning. De olika målningssystemen utvärderas dels genom studier av tester där de granskats dels genom litteraturstudier. Intervjuer hålls för att samla in information till utvärderingen. I samband med den optiska 3D-skannern genomförs en litteraturstudie för att förbättra förståelse för metoden. Ett eller flera introduktionsmöten hålls med Henrik Waldäng, som läser masters vid institutionen för Konstruktionsteknik vid Chalmers tekniska högskola och har erfarenhet av metoden genom sitt examensarbete, för att förstå hur skannern fungerar i praktiken. I metoden som rör skannern ingår även studier av mjukvara som används för att bearbeta och tolka de mätpunkter som erhålls med hjälp av skannern. Vidare ingår visst förberedande arbete med mjukvaran som kommer användas.

## **2 Korrosion**

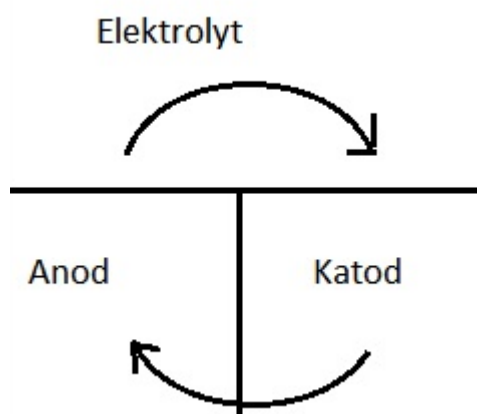
### **2.1 Allmänt om korrosion**

Ordet korrosion härstammar från latinets *corrodere* som betyder fräta, varför korrosion i viss litteratur även kallas avfrätning. Korrosion kan antingen vara av elektrokemisk karaktär eller kemisk art (Davis, 2010). Korrosion uppstår då en tillräckligt instabil metall utsätts för en korrosionsfrämjande omgivning. Metallerna vilka ofta är oxider och sulfider blir instabila i samband med att de utvinns i naturen och förädlas. De instabila metallatomerna strävar sedan efter att återvända till sitt ursprungliga tillstånd och har olika stor benägenhet att reagera efter att de utvunnits. Korrosionsbenägenheten är knuten till reaktiviteten, ädelmetaller som ogärna reagerar löper sålunda mycket liten risk att korrodera i kontakt med luft och vatten (Schweitzer, 2010). De produkter som bildas genom processen kallas rost (Hult & Persson, 2015). Rosten bildas efter att vatten och syre har kommit i kontakt med järnatomer (Kaesche, 2003). Korrosion innebär alltså en nedbrytning av en metall eller en legering (Jones, 2014). Den kan förekomma i såväl torr som våt miljö. Det sistnämnda är vanligast och korrosion av torr karaktär kommer inte ges utrymme i rapporten. Till våt miljö hör förutom vatten även atmosfären med dess fukthalt samt jord som har ett visst fuktinnehåll. För att den skall kunna äga rum och reaktion uppstå måste vatten och syre finnas tillgängligt. Platsen för korrosionen kallas korrosionscell (Hult & Persson, 2015). Den är uppdelad i två celler som kallas anod respektive katod. I samband med reaktionen sker ett utbyte av elektroner och joner, vilket sker längs metallens yttersta skikt (Schweitzer, 2010). Utbytet möjliggörs av en elektrolyt, vilket är ett strömledande medium med fria joner. (Nationalencyklopedin, u.å.). Under processen lämnar anoden ifrån sig elektroner, som uppstått genom oxidation, vilka upptas av katoden. Samtidigt sker reduktion vid katod och joner vandrar den motsatta riktningen, nämligen från katod till anod. Elektronerna är negativt laddade medan jonernas laddning är positiv. Det korroderade materialets elektriska laddning förblir däremot oförändrad eftersom elektronerna upptas i den katodiska reaktionen. Reaktionen vid katoden är emellertid inte oviktig (Schweitzer, 2010). Med få undantag innebär korrosionsprocessen hos metall ett utbyte av elektroner (Jones, 2014).

### **2.2 Elektrokemisk korrosion**

Våt korrosion kallas i vissa fall för elektrokemisk eller elektrolytisk korrosion (Kaesche, 2003). Elektrokemisk korrosion sker i en elektrisk cell där elektroner förflyttas från anod till katod genom själva metallen medan jonerna färdas genom elektrolyten, vilket kan ses i figur 1. Även här sker reaktionen vid ytan och vid anoden frigörs joner vilket resulterar i viktnedgång och förlust av volym hos metallen. Den katodiska delen utsätts inte för avfrätning och följaktligen förekommer ingen viktnedgång. (Davis, 2010). För att reaktionerna skall kunna äga rum måste vatten och syre finnas tillgängligt. Då såväl fukt som syre finns i både jorden och i atmosfären räknas de till korrosiva miljöer. Betraktas vatten, som är den primära elektrolyten i marina

sammanhang, finner man att ledningsförmågan är knuten till jontyp och mängd.



Figur 1. Principiell illustration som visar korrosionsceller samt elektrolyt. Tolkad från text hos (Bardal, 2004) av författaren.

Destillerat vatten har i de här sammanhanget nästan obefintlig ledningsförmåga (Hult & Persson, 2015). Havsvatten däremot innehåller under normala förhållanden i miljön förutom vatten även salter oftast alkalier, vilket är lösliga basiska ämnen, eller syror, som bidrar till vattnets konduktivitet och korrosivitet (Kaesche, 2003). Halten av syror och alkalier i vattnet har stor inverkan på korrosionsbenägenheten hos ett visst material. En lösning med övervägande andel vätejoner har ett lågt pH-värde och kallas sur. Det motsatta förhållandet innebär en övervikt av hydroxidjoner vilket innebär att lösningen har ett högt pH-värde och kallas basisk. Skalan som anger pH-värdet är definierad från 1 till 14. Råder jämvikt mellan vätejoner och hydroxidjoner anses lösningen vara neutral. Kranvatten och havsvatten brukar approximativt kallas neutrala (Davis, 2000). Ström är definierat som flödet av positiva partiklar, alltså blir flödet från katod till anod genom definitionen positiv. Elektronerna färdas i motsatt riktning och upptas i reduktionen vid katoden. Sålunda består den elektrokemiska korrosionscellen av två halvceller och lika många farleder för partiklar. Korrosionförloppet bestäms av dessa fyra villkor. Reduktionen och oxidationen sker med konstant hastighet, varför även flödet mellan dem blir konstant. Det innebär att en förändring av reaktionen hos anoden påverkar reaktionen hos katoden i samma omfattning. Förändras någon av partiklarnas färdväg påverkas i sin tur även korrosionstakten (Schweitzer, 2010). Betraktas sambandet  $I = \frac{E}{R}$ , som gäller för elektrokemisk krets, där E står för cellpotential och R betecknar resistans och flödet ges av I, inses att en oändligt stor ökning av resistans innebär ett obefintligt flöde. Vid ett obefintligt flöde upphör korrosionen. Det är värt att notera att en förändring av resistansen inte har någon påverkan på cellpotentialen, som förbli oförändrad oaktat ett oändligt stort eller litet motstånd. Det följer att korrosion uteblir ifall någon av dessa processer upphör (Schweitzer, 2010).

### 2.3 Korrosionstakt och mätning

Korrosionstakt och kvantifiering av korrosion är intressant ur flera aspekter. Till dessa hör bland annat utvärdering av olika materials korrosionsbeständighet och förväntade livslängd, kvalitetskontroll av såväl nya som äldre produkter samt studier av korrosions beteende och de mekanismer som driver den.

Testerna utförs i laboratorier eller i fält. Laboratorietester är i regel av elektrokemisk karaktär. Dess fördelar är bland annat kostnadsrelaterade, då man exempelvis inte behöver avbryta verksamheten vid en anläggning eller verksamhet för utförandet av tester. Tester i laboratorier är också flexibla och klarar av att besvara flera frågeställningar i större utsträckning än tester som utförs i fält. Nackdelen är svårigheten att återskapa de förhållanden som råder ute i fält. Vid tester används i de flesta fall färdigstansade prover som antingen är cirkulära eller rektangulära. Proverna tillverkas och förbereds i olika grader av noggrannhet, samtidigt som de förses med ett individuellt nummer för identifikation. Efter testet rengörs proverna från korrosionsprodukter genom omsorgsfull mekanisk eller kemisk rengöring. Det är emellertid mycket svårt att inte skrapa bort en del av provet som inte korroderats. Detta beaktas i regel vid utvärdering av provet. Därefter vägs provet och avfrätning kan kvantifieras. Slutligen beräknas korrosionstakten och anges oftast som  $\mu\text{m}/\text{y}$  eller  $\text{mm}/\text{y}$ , där  $y$  står för år (Jones, 2014). I de fall då provets vikt inte kan fastställas mäts volymminskning antingen med ultraljud eller mikrometerskruv. För uppskattning av likformig korrosion används några punkter på metallen för att beräkna ett medelvärde. För lokala angrepp är däremot det maximala frättdjupet av intresse, vilket erhålls genom att mäta den djupaste gropen. Gropfrätning mäts med mikroskop eller nålmikrometer. Tester som utförs i fält bör pågå under relativt lång tid, jämfört med laboratorietester, eftersom takten är intensivare i början av korrosionsförloppet. Orsaken till detta är korrosionsprodukternas hämmande effekt på hastigheten. Sålunda bör korrosionstakten nå en jämn grad vid utvärderingens tidpunkt (Camitz, 1994). Vid korrosion i marin miljö är syretillgången avgörande. Då syretillgången under vattennivån beror av temperaturen kan man skapa sig en uppfattning om korrosionstakten med avseende på tid genom att betrakta hur medeltemperaturen varierar under året (Wall, 2013)

## 2.4 Korrosionsceller

Korrosionscellernas storlek sträcker sig på mikroskopisk nivå till en omfattning som är identifierbar med blotta ögat (Hult & Persson, 2015). De delas oaktat storlek in i tre övergripande kategorier.

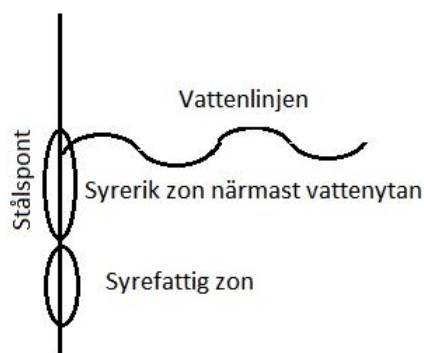
### 2.4.1 Cell bestående av olika elektroder

En cell som består av två olikartade elektroder, vilka står i kontakt med varandra. Olikheten hos elektroderna kommer antingen från att en metall inte är homogen till sin karaktär eller att två helt olika metaller står i kontakt med varandra. Det sistnämnda fallet kallas också för galvanisk koppling eller bimetallkorrosion. Två olikartade elektroder hos en metall kan uppstå som en följd av antingen orenheter i materialet eller i samband med mekanisk skada som repor eller skav. Detta gör att den påverkade delen blir elektrokemiskt olik den övriga metallens atomstruktur, vilket sedan leder till korrosion (Schweitzer, 2010). Bimetallkorrosion innebär att två olika metaller står i kontakt med varandra eller kopplas samman elektrokemiskt i en elektrolyts närvaro. Metaller skiljer sig åt med avseende på ädelhet vilket framgår av tabeller som utgår från havsvatten som elektrolyt. Det är värt att notera vikten av elektrolyt och att värden för havsvatten inte är tillämpliga för andra konduktiva medier. För

andra elektrolyter kan tabellen se helt annorlunda ut (Hult & Persson, 2015). Även förändringar i temperatur påverkar tabellens utseende. Den oädlare metallen i kopplingen blir anod medan den ädlare blir katod. Således går det att avgöra på förhand, genom att betrakta tabellen, vilken av metallerna i den galvaniska kopplingen som kommer korrodera. Skillnaden mellan de två metallerna anger den elektriska potentialen, och ju större avstånd är mellan metallerna i den galvaniska serien desto intensivare korrosionshastighet. Två metaller i en elektrolyts närvaro löper risk att korrodera, den minst ädla gör det dock först. Arealförhållandet mellan anod och katod är inte utan vikt eftersom det påverkar korrosionsstakten. Ström leds från anoden till katoden (Schweitzer, 2010). Avfrätning med avseende på djup är proportionellt mot den mängd ström som går genom anodytans area. Det inses att en stor anodyta i förhållande till katod är att föredra.

## 2.4.2 Celler med olika koncentration

Celler med olika koncentration innebär att identiska elektroder befinner sig i varsin lösning med skilda karaktärer. Det kan exempelvis vara två lösningar innehållandes samma typ av salt, fast med olika koncentration. Metallen som befinner sig i lösningen med lägst koncentration blir anod i sammanhanget. Skillnad i syreinhåll hos elektrolytens olika delar är annan typ av cell som uppvisar olika koncentrationer och förekommer ofta i fält. Även i detta fall är elektroderna karaktärsmässigt lika. Elektroden som befinner sig i elektrolytens syrefattigare del blir anod i reaktionen som kommer leda till korrosion strax under vattenlinjen. Vid vattenlinjen är syrehalten något högre än hos anoden och i strävan efter jämvikt sänks syrehalten vid den syrerikare delen, varpå reduktion av syre sker. Den syrerikare delen blir katod och följaktligen korroderar den syrefattigare delen. Skillnader i syrehalt kan såväl verka för att bibehålla ett korrosionsförlopp som att inleda det. Luftningsceller eller syrekonzentrationsceller, vilka är de vanligast förekommande namnen i svensk litteratur, kan uppstå under korrosionsprodukter eller i små hålrum. Båda fallen ger upphov till frätgropar (Schweitzer, 2010). Syrehalten är lägre i hålrummet än utanför vilket resulterar i att hålrummet blir anod medan området utanför blir katod. Förutsättningarna för korrosion är då uppfyllda (Hult & Persson, 2015).



Figur 2. Illustration som visar luftningscell. Tolkad från text hos (Schweitzer, 2010) av författaren.

## **3 Korrosionstyper**

### **3.1 Likformig korrosion**

Den likformiga korrosionen kallas stundtals för allmän korrosion eller jämn avfrätning och den vanligast förekommande typen. Villkoren för likformig korrosion är att metallen skall vara metallurgiskt homogen och den korroderande miljön skall ha samma tillgång till alla delar på metallen. Dessa villkor behöver emellertid inte vara strikt uppfyllda då man betraktar en konstruktion under bruksfasen (Jones, 2014). Lokal korrosion kan ske likformigt om avfrätningen approximativt sker likformigt över en begränsad yta, vilken är en del av en konstruktion. Den likformiga korrosion karaktäriseras av en mängd korrosionsceller vilka växelvis är katod respektive anod. Korrosionstakten är, jämfört med andra former, relativt förutsägbar och enklare att överblicka ur ett tekniskt underhållsperspektiv (Schweitzer, 2010). Vid kvantifiering av den allmänna korrosionen presenteras den som medeldjupet av avfrätningen alternativt förlust av massa per areaenhet (Camitz, 1994).

### **3.2 Gropfrätning**

Gropfrätning skiljer sig från den likformiga korrosionen i det att anoder och katoder inte byter plats sinsemellan (Hult & Persson, 2015). Gropfrätning innebär alltså ett lokalt korrosionsangrepp. Korrosionshastigheten är i regel, jämfört med den likformiga korrosionen, avsevärt högre (Kaesche, 2003). Den är i de flesta fall svårupptäckt eftersom den oftast döljs under rost eller andra avlagringar. Luftningsceller är en vanlig orsak till gropfrätning (Hult & Persson, 2015). Metaller har i regel en passiverande yta eller skikt med uppgift att skydda mot korrosionsangrepp. Ett brott i detta lager har i regel gropfrätning som följd. Heterogenitet hos en metall kan också orsaka gropfrätning (fundamental) För sponter utgör emellertid inte gropfrätning någon större fara eftersom frätgropen bara är en bråkdel av spontens totala area. Detta gör att spontens bärförmåga inte påverkas i nämnvärd utsträckning. I fallet med armeringsjärn är gropfrätning allvarligare (Martin Björklund, 2020). Det samma gäller för vattenledningar där gropfrätning åstadkommer läckor (Schweitzer, 2010).

### **3.3 Biologisk korrosion**

Biologisk korrosion kallas även mikrobiell korrosion. Hit räknas korrosion som uppstår i samband med närvaron av levande organismer, vilket förekommer i exempelvis havsvatten. Det är egentligen inte en egen korrosionsform utan snarare ett skapande av förutsättning för korrosion i en miljö som annars inte är korrosionsfrämjande. Angreppet är karaktärsmissigt inte olika gropfrätning. Genom sin metabolism påverkar de såväl anod som katod antingen genom ett direkt deltagande i processen eller mer implicit som möjliggörare av korrosion (Schweitzer, 2010). Det är kemiskt betingat och sker genom antingen konsumtion av korrosionsprodukter eller emission av ämnen som bidrar till processen (Sandberg, 2016). De ämnen som de ger ifrån sig är oftast syror men även av basisk sort vilka fräter på metallytan (Schweitzer, 2010). Sådana

angrepp är av kemisk sort. Mikroorganismer kan också främja korrosion på ett fysikaliskt sätt (Sandberg, 2016). De kan också orsaka korrosion genom att bilda ett lager som täcker en del av en metallens yta. Ytan är inte längre homogen och luftningsceller uppstår vilket ger korrosion. Mikroorganismer kan även fördärva korrosionsskydd av organisk karaktär (Schweitzer, 2010).

## 4 Sponter

Vid kajer och andra hamnanläggningar är sponter tillsammans med pålar de vanligaste elementen för att uppnå stabilitet. Sponter kan ha en bärande förmåga det vill säga att de dimensioneras för att uppta laster från kajen som till exempel gods från båtar och hamnkranar. Sponter används även då den ursprungliga jorden under kajen ersatts med ett material har bättre kapacitet att hantera laster. U-spont och Z-spont är de mest frekventa profilerna (Wadsö & Wall, 2016). Spontplankor som borrar eller slås ned i marken till önskat djup är utrustade med hakar. I samband med installation hakas de i varandra för att bilda en vägg som skiljer vattnet från jordmassor och fyllnadsmaterial under kajen (Pålab, 2016). Sponten brukar vanligtvis förankras bakåt med hammarbandsbalk och dragstag. Den förankras sedan i fyllningsmassorna med hjälp av betong eller stålplatta (Wadsö & Wall, 2016). Kajsponter är speciellt korrosionsutsatta som en följd av deras närhet till havsvatten med hög salinitet enligt Martin Björklund (personlig kommunikation, 2019) I skvalpzonen kring vattenlinjen är korrosionstakten särskilt hög och sponter har blivit fördärvade innan förväntad livslängd har uppfyllts. Strax under vattenlinjen har också omfattande korrosion påträffats (Wall, 2013). Ingjutning av spont i betong är ett effektivt men kostsamt sätt att skydda sponten från den korrosiva havsmiljön enligt Annika Oskarsson (personlig kommunikation, 21 mars 2019). Det vill man dock inte alltid göra, varför rostskyddsmålning krävs.

### 4.1 Sponters omgivning

En sponts korrosiva omgivning består av atmosfär, jord, spontens fyllnadsmaterial samt vatten. Vattnet delas in i zoner efter dess varierande nivå. Vatten kategoriseras med avseende på salinitet in i tre typer, nämligen havsvatten, sötvatten och bräckt vatten. Vid flodmynningar förekommer både saltvatten och sötvatten (Camitz, 1994).

### 4.2 Korrosion hos sponter

Vid dimensionering av kajsponter brukar korrosionstakten antas vara konstant över tid. Att hastigheten i själva verket är icke linjär är av mindre betydelse då den förväntade livslängden ligger mellan 50 och 100 år. Korrosionsförloppet hos en kajspont inleds med att en tunn biofilm bildas som följs av påväxt från marina organismer. Nästan omedelbart därefter tar korrosion vid. Dess takt är ganska hög och beroende av tillgång till syre. I takt med att korrosionsprodukter samlas över ytan minskar syretillgången. När korrosionen blivit tillräckligt omfattande bildas syrefria fickor i takt med att den korroderande ytan får allt mindre syre. Till slut stabiliseras korrosionstakten och den beror av det syre som blir tillgängligt då korrosionsprodukterna nöts bort från ytan. Mikrober och marina organismer tillgång till födoämnen inverkar också på korrosionstakten (Wall, 2013).

### 4.3 Korrosionskvantifiering hos sponter

Kvantifiering av korrosions kan ske antingen i laboratorium eller på plats. Det förstnämnda bygger på att en bit av sponten skärs bort för att transporteras till laboratorium. Det är emellertid inte alltid önskvärt att skära i en spont och det finns så kallade icke destruktiva metoder som tillåter mätning på plats utan att

fördärva sponten och sålunda vålla dyra reparationskostnader. Enligt Wall (2013) är ultraljudsmätare som uppskattar spontplankans tjocklek den vanligaste metoden. Han noterade dock i sin utvärdering av ultraljudsmätare att det finns en risk att fel resultat registreras som en följd av att besiktningsmannen håller mätaren i en felaktig vinkel relativt den spontplankan som mäts. Även A. Oskarsson (personlig kommunikation, 20 mars 2020) bekräftade att den typen av undersökning är beroende av besiktningsmannens kompetens och erfarenhet i någon utsträckning.

### **4.3.1 Optisk 3D-skanner**

Vid optisk 3D-skanning används en kamera som med tillräcklig noggrannhet kan registrera ojämnheter längs en yta. Ytan kartläggs i form av en viss mängd triangelformade enheter som bildar en finmaskig nätstruktur bestående av punkter. Mätdata behandlas och bearbetas sedan i ett program som klarar av att sälla bort oönskade data. Avstånd mellan punkter kan sedan beräknas genom att ett koordinatsystem i tre dimensioner införs. Med koordinatsystemet som referens till de uppmätta punkterna möjliggörs kartläggning av frätgropar med avseende på såväl antal som deras djup och form (Fernandez, Lundgren, & Zandi, 2018). För att behandla mätdata används på rekommendation av Henrik Waldäng programmet Cloudcompare som ursprungligen utvecklades för att jämföra två tredimensionella strukturer med stor mängd mätpunkter, vilka brukar uppmätas vid skanning med laser. Fördelen med optisk 3D-skanning är dess flexibilitet och förhållandevis låga kostnad. Man är exempelvis inte tvungen att skära bort en bit av ett objekt för att mäta korrosionen. Vidare är den variant som förekommer i rapporten användarvänlig i det avseendet att det ger information till användaren samtidigt som skanningen pågår. Det gäller exempelvis ljusförhållanden och huruvida tillräckligt med punkter blivit skannade.

## 5 Rostskyddssystem

Ett rostskyddssystem utgörs i regel av rostskyddsmålning som föregåtts av någon form av förbehandling. Själva förbehandlingen är långt ifrån oviktig och får inte försummas. Korrosionsskyddets effektivitet är direkt kopplat till metallytans grad av renhet. Rostskyddsfärgen appliceras med få undantag i flera lager som består av en grundfärg, mellanskiktsfärg och täckfärg (Hult & Persson, 2015). Även val av appliceringsmetod påverkar rostskyddsmålningens resultat. Metodval vid de olika momenten är kompatibla med varandra i olika stor utsträckning. En del kombinationer kan vara direkt olämpliga, varför valen noggrant bör beaktas för att få ett enhetligt fungerande system (Schweitzer, 2010).

### 5.1 Förbehandling

Förbehandlingen två främsta syften är att avlägsna oönskade partiklar och smuts samt att skapa en ruggad yta som förbättrar vidhäftning vid målning. Vid underhållsmålning är bortförandet av gammal färg och korrosionsprodukter centralt. För nya metallkonstruktioner är spånrester och transportoljor vanliga oönskade produkter som behöver avlägsnas. Transportoljor fyller förvisso en viktig funktion under transport och lastning, men oljorna är även effektiva samlare av damm, smuts och salter. Oljan och de produkter den för med sig skapar svårigheter för dem som skall applicera färgen eftersom vidhäftning försämras (Forsgren, 2016). Mekaniska metoder är otillräckliga för att avlägsna oljan och de andra föroreningarna. Därför krävs avfettning, som sker antingen genom olika lösningsmedel och tvättmedel eller högtryckstvätt med hett vatten. Vid valsning av stålprofiler och plåtar bildas valshud, även kallat glödska, som består av ett oxidskikt på ytan. Skiktet per se är ett kapabelt skydd mot korrosion. Det kan dock inte uthärda särskilt mycket påfrestning och fördärvas lätt. Stålet är oädlare än oxidskiktet. Skadas skiktet och fukt kommer i kontakt med stålet och oxidskiktet kommer en korrosion uppstå. Det, i sammanhanget, ädla oxidskiktet agerar katod medan stålet blir anod. Korrosionsprocessen möjliggörs av den elektrolytiska fukten. De korrosionsprodukter som uppstår mellan oxidskiktet och stålet är volymmässigt större än de järnpartiklar som deltagit reaktionen. Oxidskiktet går sönder och hittills orörd metall exponeras för elektrolyten. Valshuden och korrosionsprodukter låter sig varken avlägsnas genom tvättning eller med lösningsmedel. Till skillnad mot olja och smuts kan valshuden tas bort på ett mekaniskt maner. Det innebär blästring, stålborstning, skrapning eller slipning. För blästring gäller fyra grader av förbehandling. För alla gäller undersökning av underlag utan förstoring. *Sa 1* motsvarar lätt blästring och innebär att ytan skall vara fri från smuts, rost, fett och exempelvis gammal färg. *Sa 2* motsvarar den lägsta graden samt att resterande föroreningar inte sitter löst. *Sa 2 $\frac{1}{2}$*  är den vanligaste graden vid nymålning och innebär bara spår av föroreningarna får vara fläckvis synliga. *Sa 3* vilken är den högsta blästringsgraden innebär att underlaget har en metallyta utan några tecken på förorening. *St 2* och *St 3* gäller förbehandling som antingen utförs för hand eller med hjälp av maskin. För den lägsta gäller i stort sett samma som *Sa 1* medan *St 3* innebär att stålet har metallisk glans (Hult & Persson, 2015).

## 5.2 Blästring

Blästring är utan tvekan den mest frekvent förbehandlingsformen. Bland de mekaniska formerna är den även effektivast (Hult & Persson, 2015). Blästring bygger på höghastigt skickande av små partiklar mot ytan som rengörs genom nötning. För att ytan skall rengöras från korrosionsprodukter, valshud och gammal färg krävs att partiklarna har en hög kinetisk energi. Kinetisk energi ges av uttrycket  $E = \frac{MV^2}{2}$ .  $E$  står för kinetisk energi, medan  $M$  betecknar partikelns massa och  $V$  dess hastighet. Den kinetiska energin är nödvändig för att nöta bort bland annat rost och gammal färg. Effektiviteten hos blästringen beror på flera faktorer, däribland hårdheten hos såväl blästringskornen som materialet vilket skall avlägsnas, hastighet och massa hos blästringskornen samt storleken på blästringsytan (Forsgren, 2016). Faktorer som hör till blästraren påverkar också resultatet, till dessa hör bland annat hastigheten blästraren för blästermunstycket över metallytan samt vilken vinkel denne håller munstycket relativt den blästrade ytan (Hult & Persson, 2015). Torrblästring är en av de vanligaste blästringsmetoderna. Blästringskornens hastighet är beroende av lufttrycket hos blästringsmaskinen (Forsgren, 2016). Därför kallas vanligtvis den här metoden för antingen tryckluftsblästring eller fristråleblästring (Hult & Persson, 2015). Lufttrycket är i stort sett konstant oavsett blästringsutrustning. Varför den kinetiska energin kommer bero på partikelns massa. Det förekommer även våt blästring där vattentryck slungar partiklarna mot ytan. Det finns även en typ av vattenblästring där vattnet under synnerligen högt tryck riktas mot ytan och nöter bort oönskade produkter. Vattenblästring är inte lämpligt då en uppruggning av ytan eftersträvas, den klarar däremot att frilägga den tidigare ursprungliga ytan i de fall korrosionen inte är alltför grav. Den är dock desto lämpligare vid underhållsmålning. I kombination med tryckluftsblästring är den ekonomiskt och miljömässigt gynnsam. Den gamla färgen behöver inte tas bort genom torrblästring, vilket gör att mindre blästermedel förbrukas. Den, med hjälp av vattenblästring, borttagna färgen kan samlas upp enklare än vid tryckluftsblästring vilket är positivt ur en miljömässig aspekt (Hult & Persson, 2015).

### 5.2.1 Blästringsmedel

Blästringsmedlets lämplighet hänger bland annat samman med vilken typ av blästringsutrustning som skall användas, vilken typ av partiklar som skall avlägsnas samt vilken grad av renhet som önskas. Miljömässiga och ekonomiska aspekter bör även vägas in. Huruvida och i vilken utsträckning blästringsmedlet är återanvändningsbart bör beaktas (Hult & Persson, 2015). Ett ekonomiskt och miljömässigt försvarbart blästringsmedel bör vara av hög densitet och tillräcklig hårdhet för att ha godtagbar nötningsförmåga. Det bör även vara relativt billigt och fritt från gifter. Ur underhållningssynpunkt är blästermedel som genererar stora mängder damm olämpliga eftersom de måste användas under särskilda omständigheter. Detta gäller för de flesta blästermedel som är baserade på sand från ett mineral (Forsgren, 2016). De kan i vissa fall användas i samband med vattenblästring, andra fall fordras ett speciellt skåp för blästring med adekvat ventilation (Hult & Persson, 2015).

## 5.2.2 Metalliska blästringsmedel

De metalliska blästringsmedlen har antingen rund form eller kantig form. De kantiga är antingen cylindriska eller oregelbundna. Gjutstål används vid slungblästring och förekommer med varierande kolinnehåll. Profilen är rundad och kallas ibland rent allmänt, tillsammans med gjutstål, för stålsand. Gjutjärn tillverkas både som runda korn och som korn med skarpa kanter. De runda används med hjälp av slungblästring för att åstadkomma en rundad ytprofil. De har tack vare sin form liten påverkan på blästringsutrustningen (Hult & Persson, 2015) De har förhållandevis lång livslängd och kan återvinnas mellan 100 och 200 gånger. Eftersom de ogärna går sönder då de träffar ytan skapar de inga stora mängder damm, vilket bidrar till att inte skymma sikten för den som utför blästringsarbetet (Forsgren, 2016)

## 5.2.3 Icke-metalliska blästringsmedel

Det finns ett antal icke-metalliska blästermedel som är tillgängliga i naturen (Forsgren, 2016). Fram tills mitten av 70-talet användes kvartssand i stor utsträckning vid blästring. Idag är användningen begränsad då dammet som förekommer i samband med blästringen är hälsofarligt. Det kan nämligen leda till sjukdomen silikos hos de som utför arbetet (Hult & Persson, 2015). Idag används bland annat granat som är det hårdaste blästermedlet som går att utvinna i naturen. Det ligger mellan 7 och 8 på Mohrs på hårdhetsskala. Granats kantiga korn bryts sällan ned då de träffar ytan varför de kan återanvändas i ganska stor utsträckning. Granat är emellertid ganska kostsamt och fordrar några återanvändningar för att det skall vara ekonomiskt försvarbart att använda. Sålunda är den direkt olämplig att använda för att avlägsna miljöfarliga färger som kräver att kornen kasseras i samband med blästring, eftersom kostnaden blir för hög. Olivinsand och staurolit är två bergartsmineraler, där den första inte alstrar damm vid användning medan den senare gör det i ganska liten omfattning. Deras densitet och hårdhet är något lägre än granitens. Hårdheten ligger på mellan 5 och 7 på Mohrs skala. Olivinet och stauroliten har en begränsad förmåga att rugga metallytor. Staurolit kan återvändas cirka tre eller fyra gånger.

## 5.2.4 Blästermedel från slaggprodukter

Under smältprocesser uppstår restprodukter som är lämpliga att använda vid såväl underhållsarbete som avlägsnande av valshud (Forsgren, 2016). De lämpar sig även för situationer då blästerkornen inte kan återanvändas (Hult & Persson, 2015). Det finns tre former av restprodukter, vilka ibland kallas slagg, som står ut bland andra rester i fråga om hårdhet och densitet. Kopparslagg, kolslagg och nickelslagg har alla liknande egenskaper med en hårdhet lik granitens och en ganska, för ändamålet, gynnsam densitet. Gemensamt för de tre är den kantade formen samt att de har förmåga att rugga den blästrade ytan. De har emellertid en benägenhet att fastna i ytan vid blästring. Tester visar att kopparslaggen har goda återanvändningsmöjligheter till skillnad från nickelslagg och kolslagg. De två sistnämnda har också visat sig alstra damm i högre grad än kopparslagg. Forskare är dock inte helt samstämmiga om kopparslaggens positiva egenskaper. Tester utförda i samband med underhållsmålning av Älvsborgsbron motsäger tidigare testresultat. Under testerna visade sig nickelslaggen ha fördelaktigare egenskaper än kopparslagget. Svårigheter att kontrollera

kemisk sammansättning, kornstorlek samt eventuella gifter hos slaggprodukterna anses vara en orsak till osäkerheten (Forsgren, 2016).

## **5.3 Appliceringsmetoder**

En färg kan appliceras på flera sätt. Applicering med spruta är den mest förekommande formen. Traditionella metoder som pensel och rulle används i viss utsträckning. Det finns ett antal aspekter som behöver beaktas när ett beslut om appliceringssätt skall fattas. Vilket målningsystem med tillhörande färgtyper styr valet av appliceringsmetod samt konstruktionens geometri. Tidsplanering och aspekter som rör miljö samt säkerhet bör även vägas. Till det som också bör beaktas hör även önskad tjocklek hos skiktet och ytans karaktär.

Målningsystemets effektivitet hänger samman med färgskiktens tjocklek. Tjockare skikt ger bättre skydd mot korrosion. Tjocka färgskikt uppvisar i regel större interna spänningar. Överskrids den rekommenderade skikt tjockleken uppstår sprickor, alltså finns det en begränsning med avseende på skiktets tjocklek. I de flesta fall används två eller tre färgskikt. Vid målning av konstruktioner som kommer vara nedsänkta i vatten används i regel tre skikt (Jones, 2014). Utöver de metoder som förekommer i rapporten finns även applicering som bygger på att objektet antingen sköljs eller doppas i färg. De är dock sällsynta i samband med korrosionsmålning av grövre objekt och kommer sålunda inte ges utrymme.

### **5.3.1 Målning med spruta**

Vid sprutmålning sönderdelas färgen exempelvis genom tryckluft eller pneumatik. En finkornig sönderdelning ger en bra finish på den målade ytan. Sprutmålning delas in i fyra kategorier

#### **5.3.1.1 Konventionell lågtryckssprutning**

Färgen appliceras med hjälp av tryckluft. Användaren kan med lätthet göra flera justeringar, bland annat färgens mängd och typ samt sprutfältets karaktär. Resultatet är ett jämnt skikt med hög finish. Dess kapacitet är emellertid ganska låg och metoden har kompatibilitet med viskösa färger. Metoden är således inte optimal för rostskyddsmålning. Svinnet vid målning är stort, vilket är ett resultat av tryckluften som används vid målningen (Hult & Persson, 2015).

#### **5.3.1.2 Högtryckssprutning**

Färgen appliceras genom ett pneumatiskt tryck och tryckluft används inte, varför det ibland går under namnet luftlös eller airless. Metoden lämpar sig väl för att applicera viskösa färger. Den har kapacitet att måla tjocka skikt och stora kvantiteter färg. Svinnet är, vid jämförelse med lågtryckssprutning, mindre (Hult & Persson, 2015).

#### **5.3.1.3 Hybridsprutning**

Hybridsprutning är en kombination av de två tidigare nämnda metoderna. Den klarar av att applicera högviskösa färger med bra finish som resultat. Svinnet vid applicering är ringa. Kapaciteten är inte lika stor som hos högtrycksvarianten men dess finish är bättre (Hult & Persson, 2015).

#### **5.3.1.4 Elektrostatisk sprutning**

Vanlig vid industriell målning, men desto ovanligare vid större objekt. Såväl våt färg som pulverfärg kan appliceras. Färgpartiklarna blir elektriskt laddade och efter att de lämnat munstycket attraheras de till målningssytan som är jordad. Dess förtjänst är möjligheten att få en jämn fördelning av färg runt om hela. Det beror på något som kallas omslagseffekt. Svinnet är mycket litet vid elektrostatisk sprutning eftersom överbliven pulverfärg kan återanvändas (Hult & Persson, 2015).

#### **5.3.1.5 Tvåkomponentsmålning**

Det finns särskild utrustning som underlättar tvåkomponentsmålning, genom automatisk blandning av komponenterna. Utrustning finns till både lågtryckssystem och högtrycksvarianten. Den automatiska blandaren underlättar dokumentation av förbrukning vilket är till nytta vid framtida användning (Hult & Persson, 2015).

### **5.3.2 Automatiserad sprutning**

Automatisk sprutning kräver omfattande investering och ett stort antal objekt krävs för att metoden skall vara ekonomiskt försvarbar. Svinnet vid appliceringen är förhållandevis litet och den mänskliga arbetsbelastningen är mycket liten. Det har den största kapaciteten bland de tillgängliga metoderna och resultatet håller kvalitetsmässigt såväl god som hög nivå. Eftersom metoden är sker under kontrollerade former och i ändamålsenliga lokaler kan en god arbetsmiljö säkerställas (Hult & Persson, 2015).

### **5.3.3 Applicering med pensel eller rulle**

Huruvida pensel eller rulle är att föredra framför sprutmålning är beroende av ett antal faktorer. Vid hård vind är pensel eller rulle att föredra framför sprutmålning eftersom färgen inte sprids på samma sätt som vid sprutmålning. Samma sak gäller vid underhållsmålning då ett objekt punktvis målas om. Ett objekts geometri är ofta avgörande för val av metod, och av tillgänglighetsskäl kan pensel eller roller vara bättre lämpade. I fråga om önskemål som rör ytfinish, färgens jämnhet och tjocklek är i de flesta fall sprutmålning det bästa alternativet. Därför används ofta en kombination av sprutmålning och pensel eller rulle. Den förstnämnda metoden används till stora ytor medan de två sistnämnda används till kanter, hörn eller hålrum (Hult & Persson, 2015).

#### **5.3.3.1 Penslar och rullar för målning**

Borsten är, för målningens resultatets vidkommande, penselns viktigaste del. Naturborst ger slätare ytan än både naturimitationer och andra syntetiska borst. Ett borststrå är vid sin ände kluvet i två eller tre delar. I takt med penselns används klyvs varje borst på nytt och spetsarna blir finare. Detta är orsaken till naturborstens oöverträffbarhet vad gäller att prestera en jämn och fin yta. Penslar med inblandad konstborst och tagel uppvisar såväl sämre resultat som kvalité. En syntetisk borst kan förvisso maskinklyvas, men den är fortfarande naturborsten underlägsen. Penslar finns i olika utförande beroende på syfte. Mindre vinklade penslar används då precision behövs och tillgängligheten är begränsad. För det största ytorna används breda penslar som kallas moddlare. I storlekarna mellan de nämnda kan de vara av antingen rund form eller flat form.

Även bland rullar är sortimentet varierat. Målningsrullar stryker färgen längs ytan med hjälp av dess lugg. Luggarna finns i varierande längd och material. Målningsrullar bör undvikas vid grova ojämna ytor eftersom luggen nöts fort. Det försvårar möjligheten att bygga upp tjocka färglager. Då rullar används för applicering finns risk för mönsterbildning i färgen, vilket kallas kråkfötter. Efterpensling med en bred och flat pensel är i vissa fall nödvändigt för att få en jämn yta. I vissa fall orsakar rullarna luftblåsor i färgskiktet. Problemet kan emellertid avhjälpas med hjälp av en bred pensel. Målning med rulle är tillämpligt i samband med de flesta typer av färg, förutom några färger. Bland dessa färger ingår de zinkberikade. Över lag har det konstaterats att långsamt härdande färger passar applicering med hjälp av rulle bäst, medan de med motsatt torkningsförlopp inte rekommenderas i samband med rulle. Rullar går att kombinera med lufttrycksdrivna apparater. Färgsvinnat riskerar att bli högt med den här metoden (Hult & Persson, 2015).

## **5.4 Vidhäftningsbrott och förberedelserelaterade problem**

Vidhäftningsbrott kan ha många orsaker, några tillskrivs undermålig förbehandling och applicering. I samband med färgens åldrande kan krympning förekomma. Det resulterar i sprickor hos färgskiktet. Sprickor och brott i det yttre färgskiktet kan också uppstå till följd av att en tøjbar färg har försetts med ett sprött täckande lager. Det övre skiktet motverkar det undre mer elastiska lagrets längdförändring varpå spänningar i det övre skiktet uppstår. Följden blir sprickbildning i det övre skiktet. På liknande sätt kan ett övre lager skrynklas. Då ett yttre färgskikt torkar mycket snabbare än det undre uppstår skrynklighet. Vid underhållsmålning sker ibland övermålning med en annan färg än den ursprungliga. I de fall övermålningsfärgens lösningsmedel inte är kompatibelt med den gamla grundfärgen kan så kallad lyftning förekomma. Det orsakas av att lösningsmedlet löser den gamla färgen och adhesionsproblem uppstår. Vid svetsfogar och bultar kan hålrum uppstå där korrosion kan uppstå. Ojämnt fördelad färg leder också till korrosion. Det gäller främst vid ytterkanterna på det målade underlaget där färgen i vissa fall råkat målas tunnare (Schweitzer, 2010).

## **6 Korrosionsskyddets principer**

Korrosionsskyddande mekanismer delas in efter följande principer.

### **6.1 Barriärskydd**

Ett barriärskydd bygger på att avskilja metallen från dess korrosiva omgivning. Till den korrosiva omgivningen hör bland annat syre, fukt och föroreningar (Hult & Persson, 2015). I fält under bruksfasen är dock alla färger oaktat typ genomsläppliga i någon utsträckning. Det innebär att någon liten del syre eller fukt kommer tränga in genom skyddet oaktat hur väl det än må ha applicerats och hur noggrann blästringen har varit (Schweitzer, 2010). De färger med lägst permeabilitet kan emellertid, givet att de appliceras i adekvat tjocklek, förhindra tillräckligt stora mängder fukt för att korrosion skall kunna äga rum (Forsgren, 2016). Permeabiliteten har konstaterats vara ganska liten och med hjälp av tillsatser som minskar konduktiviteten ytterligare i färgen och försvårar joners förflyttning kan ett effektivt barriärskydd skapas (Schweitzer, 2010)

### **6.2 Elektrolytiskt motstånd**

Principen bygger på en viss vattenpermeabilitet och förhindrandet av joners närvaro vid metallytan. Det åstadkoms genom att skapa ett tillräckligt högt elektriskt motstånd som hindrar joner från att passera färgskiktet. Vattnet som i andra fall är en effektiv elektrolyt orsakar ingen skada då det befinner sig utan joner i vid metallytan (Forsgren, 2016).

### **6.3 Passivering av metallytan**

Passivering kräver viss permeabilitet. Vattnet reagera med skyddsfärgens pigment och bildar en tunn hinna som består av svårlösliga korrosionsprodukter (Forsgren, 2016). Metallens yta blir nu obenägen att reagera och kallas därför passiv. Vanligtvis används zinkfosfat eller kalciumfosfat (Hult & Persson, 2015).

### **6.4 Katodiskt skydd**

Katodiskt skydd medger korrosion av en metall som är oädlare än den som skyddas. Vid skydd av stålstrukturer används i regel zink, som är oädlare än stål. I korrosionsprocessen som uppstår blir zinken anod och stålet katod (Hult & Persson, 2015) Det innebär att zinkpartiklarna kommer korrodera före stålet utsätts för korrosionsangrepp. Det fordras en hög koncentration av zinkpartiklar för att de korrosionscellen skall kunna uppstå samt att pH inte understiger 5 eller är högre än 10 (Schweitzer, 2010)

## 7 Rostskyddsfärger

Rostskydd genom målning bygger huvudsakligen på tre principer som nämns utan inbördes rang. Barriärverkan, katodiskt skydd och passivering. Det förekommer även skydd som förlitar sig på en kombination av dessa (Bardal, 2004).

### 7.1 Rostskyddsfärgens uppbyggnad

Ett målningssystem är uppbyggt av ett bindemedel, pigment med eventuella tillsatser. De två förstnämnda, nämligen bindemedlet och pigmentet, är färgens viktigaste beståndsdelar eftersom de korrosionskyddande egenskaperna återfinns hos de två. Färger är antingen vattenburna eller lösningsmedelsburna, varför någon av dessa är essentiella för färgens torkning. (Forsgren, 2016). Kategorisering av rostskyddsfärger sker primärt efter vilket bindemedel som den baserad på. Huruvida färgen kan användas som täckfärg, mellanskiktsfärg eller grundfärg beaktas styr i regel också kategorisering (Hult & Persson, 2015).

### 7.2 Bindemedel

Färgens struktur är beroende av bindemedlet som kan liknas vid färgens ryggrad. Det är genom bindemedlet som pigmentet fäster till metallens yta. Bindemedlet bidrar även med barriärliknande egenskaper då UV-strålning, syre och fukt hindras från att tränga in. De är med få undantag organiska. (Forsgren, 2016) Kategorisering av bindemedel sker enligt deras torkningsprocess (Hult & Persson, 2015)

#### 7.2.1 Epoxi

Epoxigruppen är den viktigaste gruppen bland bindemedlen (Forsgren, 2016). De kan vara vattenburna eller lösningsmedelsburna och har i regel två komponenter. De härdar genom en kemisk process (Hult & Persson, 2015) Gemensamt för de flesta i kategorin är mycket god vidhäftning till metallytor, mycket goda mekaniska egenskaper med avseende på nötning och liknande samt stor kapacitet att uthärda kemiska angrepp och stöta bort vatten. UV-beständigheten beskrivs som ganska undermålig eftersom de kemiska bindningarna inte är starka nog för att motstå energin hos ultraviolett strålning. Inledningsvis gulnar färgen varpå den kriterar. Det påverkar färgens skyddsförmåga genom tjockleksminskning snarare än genom försämring av egenskaper. Sålunda bör epoxifärger undvikas i ett färgsystems yttersta skikt vid utomhusbruk. Problemet med den bristande UV-beständigheten åtgärdas i regel genom att en polyuretanfärg används som lager ovanför epoxifärgen. Epoxifärger finns med varierande molekylvikt. Färger med hög molekylvikt uppvisar generellt bättre vidhäftning, hårdighet, viskositet och vätning (Forsgren, 2016). Epoxifärger med lågmolekylvikt kan däremot framställas med mindre mängd lösningsmedel och får på det sättet hög hårdighet. De kan även innehålla zink och järnglimmer, vilket är vanligt i mer aggressiva miljöer. Zink tillsätts oftast i grundskiktet (Hult & Persson, 2015).

##### 7.2.1.1 Modifierade epoxifärger

Kallas ibland mastic, vilket motsvarar harts, och är epoxifärger med låg molekylvikt. Den låga molekylvikten gör att den innehåller små mängder

lösningsmedel (Schweitzer, 2010). Vissa av dessa färger är så kallade yttoleranta färger, vilket innebär att de klarar av att fästa på ytor som förberetts till lägre grad än  $Sa 2\frac{1}{2}$ . De klarar även av att fästa vid ytor som är något förorenade. Detta gör den här typen av epoxifärger särskilt lämpliga vid underhållsmålning. Det gör även färgen idealisk för punktvis målning. Vissa färger innehåller även aluminium flakes som gör dem svår genomträngliga för fukt (Forsgren, 2016). Hit räknas även hartsmodifierad epoxifärg som är utvecklad i Norden för att skapa en färg med koltjärans vattentäta egenskaper men samtidigt saknar de dess negativa hälsoeffekter (Hult & Persson, 2015).

### **7.2.1.2 Glasberikad epoxi**

Glasflingor används för att sänka permeabiliteten hos färgen. De tunna glasflingorna bildar en struktur, bestående av flera lager, som gör att fukt får en längre färdväg till metallen som skyddas. Glasflingorna bidrar också till att öka färgens förmåga att motstå mekanisk nötning. Användningsområdet har främst varit i omgivningar med hög korrosivitet. Numera är den användningen av den glasberikade epoxin (Forsgren, 2016).

### **7.2.1.3 Epoxitjära**

Epoxifärger som innehåller stenkoltjära är i princip vattentäta. Stenkoltjäran är en restprodukt från kolindustrin. Mycket tyder på att stenkoltjära är cancerframkallande, vilket lett till förbud mot användning i vissa länder (Forsgren, 2016).

## **7.2.2 Polyuretanfärg**

Polyuretaner i allmänhet förknippas goda mekaniska egenskaper som till exempel förmåga att stå emot nötning och slag. De har i regel goda vattenavstötande egenskaper. Deras förmåga att utvärda såväl basiska ämnen som sura ämnen är förhållandevis god. Polyuretaner brukar åtskiljas sinsemellan med avseende på deras torkningsprocess, vissa är vattenburna medan andra är lösningsmedelsbaserade, samt ifall de är framställda med hjälp alifatisk eller aromatisk isocyanat. Deras förmågor är över lag mycket lika varandra, undantaget UV-beständigheten, där den alifatiska har något högre beständighet (Forsgren, 2016) Polyuretanfärg är vanligt som det yttersta målnings-skiktet i rostskyddssystem för stålkonstruktioner (Hult & Persson, 2015).

### **7.2.2.1 Aromatisk polyuretanfärg**

Den aromatiska polyuretanen är billigare den alifatiska motsvarigheten och torkar snabbare. Dess förmåga att stå emot angrepp från kemikalier är mycket bra. Dess UV-beständighet är dock begränsad, varför den oftast förekommer som grundfärg eller mellanfärg och behöver förses med ett skikt som tål UV-strålar (Forsgren, 2016). Den aromatiska polyuretanen är mindre vanlig i Sverige än den alifatiska motsvarigheten (Hult & Persson, 2015).

### **7.2.2.2 Alifatisk polyuretanfärg**

Den alifatiska polyuretanens molekylstruktur gör den hårdigare mot UV-strålning (Forsgren, 2016). Dess glans- och kulörhårdighet är mycket god, vilket gör den till en lämplig färg att använda i de yttre skikten på ett målnings-system (Hult & Persson, 2015).

### 7.2.3 Alkydfärger

Alkydfärger har funnits tillgängliga sedan 1920 talet och tillhör de vanligast förekommande rostskyddsfärgerna. Alkyder som består av en komponent är lättanvända och billiga. Alkydfärgerna kan varieras på många sätt. Vissa har mycket korta torktider. Gemensamt för dem är olämpligheten i att använda dem på zinkytor. Zinkens alkaliska karaktär leder till förtvålning hos alkyden vilket resulterar i vidhäftningsbrott. Av samma anledning bör zinkrika pigment undvikas i alkydfärger. De finns som både lösningsmedelsburna och vattenburna. Alkyder har i regel begränsad förmåga att motstå UV-strålning och deras kapacitet att tjänstgöra under vattenytan är mycket begränsad. Den begränsade förmågan att klara undervattensförhållanden beror på de vattenlösliga alkoholer som används för att styra färgens viskositet. Alkoholens vattenlöslighet gör att alkyden gärna släpper från den målade ytan i kontakt med vatten (Forsgren, 2016). Alkyderna kan modifieras på en mängd sätt och över 60% av alkydfärgerna som används är oljebaserade. Beroende på sammansättning kan bland annat UV-härdigheten förbättras. Alkydfärg med inslag av silikon högre hållbarhet och UV-beständighet än vanlig alkyd och används vid underhåll av marina strukturer (Jones, 2014). Användning av linoljealkyd förekommer i så kallade hybridsystem i marin miljö, som grundfärg där den använts vid underhållsmålning. Täcksiktet är vanligtvis polyuretan och mellanfärgen av epoxikaraktär. Linoljealkyd har mycket god inträngningsförmåga vid ommålning (Kjellberg, 2020). I likhet med vissa epoxifärger kan den appliceras på lägre blästringsgrad  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  och dess vidhäftningsegenskaper till dåligt blästrade och rengjorda ytor är utmärkt vilken gör den lämplig för underhållsmålning (Jones, 2014). Enligt Kjellberg (2020) på Isotrol bör den gå att applicera på ännu lägre grad, men någonstans måste en gräns dras. Vid användning av alkydfärger bör såväl pigment som komplementfärger beaktas omsorgsfullt (Forsgren, 2016).

### 7.2.4 Akrylfärger

Akrylfärger är ett samlingsnamn för en grupp polymerbaserade färger. Deras främsta förmågor är UV-beständighet och mycket god kapacitet att stå emot mekanisk belastning (Forsgren, 2016). Förmågan att klara mekanisk påfrestning gör att färgen är vanlig inom fordonsindustri. Akrylernas förmåga att hantera fukt är generellt god. Akrylfärg används även för att förbättra UV-beständigheten hos alkydfärg och epoxifärg. Akrylberikad epoxi går sorterat emellertid under akrylfärg (Jones, 2014).

### 7.2.5 Övriga färger

#### 7.2.5.1 Epoxiesterfärg

Namnet är något missvisande då epoxiestern enligt Forsgren (2016) egentligen inte är en epoxifärg, utan snarare en epoxiberikad alkydfärg. Har begränsad kapacitet att utstå mekanisk påkänning. Dess förmåga att hantera fukt beskrivs som begränsad (Hult & Persson, 2015). Deras vidhäftningsförmåga är god. Detsamma gäller UV-beständigheten (Forsgren, 2016).

### 7.2.5.2 Polysiloxan

Polysiloxan är en så kallad hybridfärg som består av en organisk och en oorganisk del. Systemen med polysiloxan kallas ofta för hybridssystem. De har i regel en hårdare av antingen epoxi- eller akrylkaraktär. De används oftast som täcksikt (Hult & Persson, 2015). Med ett tvåskikts hybridssystem kan målningsprocessen kortas då ett appliceringssteg minskas, jämfört med ett traditionellt treskiktssystem. Vissa menar att målningsystem polysiloxanfärger som täcksikt presterar bättre än system som består av epoxigrundfärg täckt av polyuretan. Det kan enligt källa bero på skillnaden hos de kemiska bindningarna mellan systemen.  $Si - O$  bindningen, som är mellan kisel och syre, är redan oxiderad till skillnad från  $C - C$ , som är mellan kolatomer, och sålunda mindre benägen att korrodera. Hybridsystemen har även lägre VOC jämfört med rena epoxisystem (Toubia, Emami 2016).

### 7.2.5.3 Shopprimer

En specialfärg som används för att skydda stålet vid lagring och andra arbeten (Hult & Persson, 2015).

### 7.2.5.4 Etylsilikat

De innehåller inte sällan zink och kallas i sådana fall ibland för zink-silikat. De presterar i regel mycket bra men övermålning av färgen är inte okomplicerad varför ibland de får stå tillbaka till förmån för de mer lättarbetade och kompatibla epoxifärgerna (Hult & Persson, 2015).

## 7.3 Pigment

Pigmenten ger rostskyddsfärgen dess kulör. De används också för att ge färgen dess korrosionskyddande egenskaper, samt volym i form av fyllnadsmedel. Deras korrosionsskydd baseras på tre principer (Schweitzer, 2010).

### 7.3.1 Barriärskyddande pigment

En av dessa är barriärskydd. Det består av en stor mängd fjällformade små partiklar som bildar en struktur som stänger ute fukt och kemikalier. Dessa måste färdas runt de små partiklarna under sin väg till metallytan, alltså förlängs deras resväg och färgen anses ha en, genom barriärverkan, skyddande förmåga. Ett barriärskyddande pigment får inte vara reaktivt till sin natur och reagera med metallen. Därför kan de användas som grundfärg (Schweitzer, 2010).

### 7.3.2 Katodiskt skyddande pigment

Vissa av de reaktiva pigmenten kallas aktiva. De fungerar som mycket små offeranoder och ger ett katodiskt skydd. Vanligtvis används en stor mängd zinkpartiklar. Zink, som är oädlare än stål, blir anod i förhållandet och stålet skyddas från korrosionsangrepp i egenskap av att vara katod. För att pigmentet skall ha någon verkan måste zinkpartiklarna vara i direkt anslutning till stålytan (Forsgren, 2016). Även de skyddande partiklarna behöver vara anslutna till varandra (Hult & Persson, 2015).

### 7.3.3 Passiverande pigment

Passiverande pigment består i regel av fosfater som, då fukt tränger in i färgen, bildar ett skyddande skikt vid stålytan som förhindrar transport av joner. Ytans reaktionsbenägenhet minskar och den sägs vara passiverad (Forsgren, 2016).

### 7.3.4 Zinkpigment

#### 7.3.4.1 Zinkfosfat

Zinkfosfat används då alkaliska pigment bör undvikas. Zinkfosfat har nämligen ganska låg löslighet. För färger som används vid underhållsmålning är zinkhalten i vanligtvis mellan 10-30% av volymen. Till skillnad från andra pigment som exempelvis bly och barium är zink inte toxiskt i samma utsträckning. Zinkfosfat har dock visat sig ha en förmåga att alstra svamp på täcksiktets yta, vilket är ett resultat av att zink är ett näringsämne. Därför bör enligt Forsgren helst zinkfosfat användas tillsammans med andra pigment som motverkar fenomenet. Zinkfosfat skyddar underlaget genom att bilda ett skyddande skikt. Det kan ske genom att ett svårslösligt basiskt salt bildas vid underlaget. Vidare finns det en teori som bygger på att syreatomerna från pigmenten reagerar metallen i underlaget och ett skyddande skikt uppstår. (Forsgren, 2016).

#### 7.3.4.2 Zinkdamm

Zinkdamm förekommer i två former, nämligen som flingformade pigment och som grynformade korn. De förstnämnda är de grynformade pigmenten överlägsna med avseende på korrosionskyddande förmåga och skillnaden i prestanda är stor mellan de båda, vilket Forsgren betonar med emfas och hänvisar till forskning som styrker detta. De flingformade pigmenten är även dyrare än de grynformade. Zinkdamm skyddar stålytor bland annat genom katodiskt skydd. De skyddar alltså genom att agera offeranod. Det katodiska skyddet inleds i början av färgens livstid och fortlöper undre den tid som zinkpartiklar finns tillgängliga. Zinkdammet kan också ge ett barriärskydd, vilket sker som ett resultat av det katodiska skyddet. De zinkjoner som frigörs möjliggör bildandet av ett svårslösligt salt vilket täcker färgens porer sålunda hindrar vatten från att nå underlaget. Forsgren skriver att det finns de som menar att syremolekyler vilka diffunderar genom färgen reagerar med zinkpartiklarna, varpå syremängden reduceras. Forsgren hänvisar till forskning som pekar på ett exponentiellt avtagande av syre med en ökande skiktjocklek, samt att det här fenomenet ger skydd under längre tid än det katodiska. Det katodiska skyddet och barriärskyddet är beroende av ett högt zinkinnehåll, medan den syrereducerande varianten inte är avhängig zinkhalten. Det förstnämnda bekräftas också av Tidbeck (personlig kommunikation, 8 maj 2020) som berättar att zinkinnehållet måste vara tillräckligt högt för att zinkpartiklarna skall stå i fysisk kontakt med varandra för att en elektrokemisk krets skall kunna finnas mellan underlaget och partiklarna. Vid ett glest zinkinnehåll existerar inte kretsen och det katodiska skyddet uteblir. Detta gäller främst färger med organiska bindemedel som exempelvis epoxibaserade färger. Dessa har nämligen en isolerande förmåga och är således inte konduktiva. Vissa inorganiska bindemedel, i synnerhet silikatbaserade, har en ledande förmåga samt en viss porositet. Med tiden kommer porerna fyllas med zinksalt vilket ger

en barriärskyddande effekt. Enligt Forsgren krävs större skiktjocklek vid användning av oorganiska bindemedel, än vid bruk av epoxibindemedel (Forsgren, 2016).

## **7.4 Tillsatser**

Olika tillsatser används flitigt för att modifiera och förbättra en färgs förmåga efter önskemål. Det kan exempelvis vara tillsatser som reglerar en färgs torkningsförlopp eller dess viskositet och elasticitet (Hult & Persson, 2015). UV- och värmehärdighet kan förhöjas genom att en färg berikas med zinkoxid (Schweitzer, 2010). Zink tillsätts också i vissa fall för att höja färgens vidhäftningsförmåga genom att förstärka färgens kemiska bindningar. Vid marina strukturer och inom sjöfart används tillsatser som motverkar påväxt från till exempel musslor. Mikrobakterier kan också bekämpas genom att tillsatser vid låga temperaturer används även tillsatser för att förbättra färgens prestanda i kyla (Forsgren, 2016)

## **7.5 Fyllnadsmedel**

Fyllnadsmedlens huvudsakliga uppgift är att öka skiktjockleken hos målningsystemet. I de fall då enbart ökad tjocklek efterfrågas används billiga material som damm från träd och krita. Mer avancerade former finns också, vilka kan höja prestandan hos systemet genom att minska permeabiliteten och öka den mekaniska förmågan. Det sker vanligtvis genom att tunna lamellformade skivor som kallas mica tillsätts (Schweitzer, 2010). De bildar ett en svårpasserbar struktur som i likhet med andra permeabilitetshindrande tillsatser förlänger färdvägen för vatten (Forsgren, 2016).

## **7.6 Färgers egenskaper**

### **7.6.1 Vidhäftning**

Färger tenderar att lossna från metallytan i de fall korrosion uppstår. Vidhäftningsbrott är därför en viktig del i det korrosionsförebyggande arbetet. Som en följd av dess relevans har vidhäftningstester utvecklats med stor noggrannhet. Framför allt är två stadier viktiga i vidhäftningssammanhang, nämligen den ursprungliga kapaciteten hos färgskiktets bindningar samt hur de utvecklas i takt med färgens åldrande. Stor energi har lagts på att förbättra de tester som utvärderar vidhäftning mellan metallyta och färg. Det finns de som hävdar att ett sådant test inte är tillräckligt för att avgöra huruvida en färgs vidhäftningsegenskaper är goda eller ej. De som ifrågasätter nyttan med noggranna tester av ursprunglig vidhäftning menar att två färger kan skilja sig åt i ett tidigt stadium för att sedan närma sig varandra efter en viss tid. Vidhäftning är beroende av kemiska bindningar. En färg med undermålig vidhäftning lämnar plats mellan färg och metallyta för korrosionsangrepp. Under ideala förhållanden är all plats mellan metall och färgskikt upptagen och korrosion skulle utebli till följd av platsbrist. Passiverande pigment är beroende av adhesionen mellan färg och metall eftersom dess tillvägagångssätt är att bilda ett stabilt och sammanhängande skikt med högt elektriskt motstånd. Dålig vidhäftning lämnar luckor i skiktet och ger korrosiva partiklar en väg till metallytan (Forsgren, 2016).

## 7.6.2 Våt vidhäftning

Den våta vidhäftningen beskriver hur en färg påverkas av att vara vattenmättad (Schweitzer, 2010). Den våta adhesionen är sannolikt viktigare att beakta än dess torra motsvarighet (Forsgren, 2016). Detta är särskilt relevant vid kajsponter. Generellt uppvisar de färger som har goda vidhäftningsegenskaper under torra förhållanden dålig adhesionsförmåga i vattenmättat tillstånd. Det beror på bindningarnas polära karaktär. Våt vidhäftningsförmåga är till skillnad från den torra motsvarigheten återhämtningsbar i någon utsträckning. Detta gäller inte alltid och full återhämtning av vidhäftning är osannolik (Forsgren, 2016).

## 7.6.3 Kohesion

Molekylerna i en polymer hålls samman med hjälp av bindningar. De binder även till metallytan och ett eventuellt övre färgskikt i de fall det inte rör sig om en täckfärg. Utsätts färgen för extern påkänning och dess vidhäftning till intilliggande ytskikt är starkare än bindningarna som håller samman polymerstrukturen sker brottet inuti färgskiktet. I dessa fallen är vidhäftningen större än kohesionen (Schweitzer, 2010).

## 7.7 VOC

Volatile organic compounds vilket förkortas till VOC och översätts till flyktiga organiska föreningar (Kemikalieinspektionen, 2020). Namnet är ett samlingsnamn för organiska föreningar som lätt förångas eller bildar gas. Förutom vid förbränning av bensin, kol och trä förekommer de frekvent i samband med lösningsmedel, färg, desinficeringsmedel, byggnadsmaterial samt bekämpningsmedel. De två sistnämnda är särskilt relevanta den här rapporten. Föreningarna påverkar i regel dess omgivning via luft eller direktkontakt med hud (U.S National Library of Medicine, 2019). Resultaten vid en undersökning i USA tyder även på att dricksvatten kan innehålla en betydande mängd VOC (USGS, 2006). Att bli utsatt för dem kan på kort sikt bland annat orsaka yrsel, huvudvärk, minnessvårigheter samt problem med andningen. Vid längre exponering orsakar de skador på det centrala nervsystemet, lever- och njurskador, illamående samt trötthet. Under långvarig exponering har färgerna även visat sig ha cancerogena egenskaper. Eftersom de flesta epoxifärger och polyuretanfärger innehåller höga halter av VOC är enligt Tidbeck (Personlig kommunikation, 8 maj 2020). Trafikverket är måna om att fasa ut användningen av dessa färger på sikt. De är emellertid inte lätta att ersätta helt och hållet på kort tid då de ger ett effektivt skydd i förhållande till deras kostnad. (U.S National Library of Medicine, 2019). Det finns olika regelverk som styr användningen av produkter som ger upphov till VOC samt gränsvärden för den mängd de får avge. I Sverige följs ett direktiv från EU vilket även är lagstadgat. För färger som används som vars egenskaper främst är bindande är gränsvärdet  $750 \frac{g}{l}$ . Tvåkomponentsfärger har gränsvärde  $500 \frac{g}{l}$ . Detsamma gäller enkomponentsfärger (kemikalieinspektionen, 2020).

## 8 Brott hos rostskyddsmålning

Oaktat hur omsorgsfullt förberedelserna och appliceringen än må ha utförts kommer en rostskyddsfärg förr eller senare få nedsatt förmåga. Förutom mekanisk påfrestning från exempelvis stötar och kemiska angrepp från föroreningar utsätts en rostskyddsmålning för prövningar från dess naturliga omgivning. De allvarligaste omgivningsrelaterade farorna kommer från sol och vatten. Ultraviolett strålning har en nedbrytande effekt på de flesta typer av färger. Vissa färger är dessutom känsliga för värme eller alltför omväxlande väder, vilket innebär att det växlar mellan varmt och kallt. Vatten har bland annat en förmåga att lösa polära bindningar som förekommer hos vissa färger (Forsgren, 2016).

### 8.1 Ultraviolett strålning

Färg som exponeras för solljus tenderar exempelvis att gulna eller blekna. Om det inte ställs höga estetiska krav på konstruktionen är inte dessa bekymmer alltför akuta. Desto gravare är de förändringar som solljuset framkallar hos färgens korrosionsskydd. Då ultraviolett når ett färgskikt händer tre saker. Färgen reflekterar i någon utsträckning bort strålningen. En viss mängd tar sig förbi färgens yttre skikt. Det tredje alternativet innebär komponenter i färgen absorberar strålningen. I de två första fallen fördärvas inte färgens egenskaper i nämnvärd utsträckning. Den sistnämnda är mest problematisk av de tre. Nedbrytning hos en färg till följd av UV-exponering kallas även för fotooxidation. Generellt sett leder fenomenet till en förändring hos färgens mekaniska förmågor och vätningsförmåga. Ytskiktet blir i vissa fall grövre och sprödare. Enligt samma författare kan hårdheten hos en polymer öka med 25% som en följd av UV-exponering (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### 8.1.1 Brott till följd av absorption

De delar av solljuset som absorberas i form av värme utgör en mycket mindre risk än de UV-strålar riskerar att upptas av antingen bindemedlet eller tillsatsmedel (Forsgren, 2016). Kemiska bindningar har är känsliga för olika typer av våglängder. Inom vissa intervall kan strålningen vara i princip ofarlig för en typ av bindning medan en annan bindning blir fördärvad (Schweitzer, 2010). Den energi som tillförs en för våglängden känslig komponent kommer antingen fördärva befintliga bindningar eller tillför nya sådana. Att tillföra ytterligare bindningar gör i regel färgen hårdare och sprödare vilket inte alltid är önskvärt. Tillsammans med de nya bindningarna följer interna spänningar. I de fall spänningen är större än kapaciteten hos färgens förmåga att hålla samman uppstår sprickor (Forsgren, 2016). För epoxifärger gäller emellertid enligt Momber et al. (2015) som även hänvisar till andra forskare att dess hårdhet minskar med upp till 25%. Enligt samma författare finns en relation mellan hårdhet och sprickbildningens karaktär, som innebär att en avtagande hårdhet ökar sannolikheten för radiala sprickor (Momber, Irmer, & Glück, 2015). Brott kan ske såväl vid ytan som i zonen mellan metallen och det innersta färglagret. I värsta fall sker båda brotten parallellt. I de fall UV-strålningen bryter befintliga bindningar uppstår fria radikaler. De fria radikalerna med sin oparade atom är reaktionsbenägen. De bildar antingen tillsammans med syre ostabila peroxider som kommer reagera med färgens polymerer eller reagera direkt med

polymererna och skapa ytterligare fria radikaler. I båda fallen blir resultatet förändrade bindningar och skador hos färgens struktur blir omfattande. I de flesta fall bildas hålrum och skiktjockleken blir mindre och färgens avskiljande förmåga avtar (Forsgren, 2016).

### **8.1.2 Följderna av reflektion och transmission**

Det har konstaterats att ljus som passerar det yttre skiktet inte har någon inverkan på det yttersta lagret. I de fall det undre skiktet är en epoxifärg är situationen mer allvarlig, eftersom epoxifärger tillhör de mer UV-känsliga färgerna. Reflektion innebär att ljusstrålarna avvisas av metallpartiklar som finns i vissa pigment. Färgens yttre skikt tar i vissa fall skada av ljusstrålarna, men pigmenten fortsätter dock reflektera bort ljusstrålar (Forsgren, 2016).

## **8.2 Temperaturenns påverkan på färg**

En färgs egenskaper förändras redan vid små temperaturförändringar. En sådan förändring är oönskad ökning av metallens tvärbindingar, som uppstår vid små värmeökningar. Det innebär att polymerernas tredimensionella bindingar sinsemellan förstärks (Forsgren, 2016). I likhet med andra material har färger elasticitetsmodul och gränsvärde som anger hur många procent töjning de klarar innan deras yttersta skikt går brott. Hög temperatur vid torkning ger en högre elasticitetsmodul samtidigt som förmågan att hantera töjning avtar. Samma fenomen sker i takt med att färgen åldras. Förstärkning av bindingar är inte alltid av godo eftersom färgens elasticitet minskar. Den blir med andra ord sprödare och sprickbildning är mer benägen att uppstå, även vid mindre påkänning från exempelvis stötar. Alltför stor värmeökning har visat sig ha motsatt inverkan på bindingarna, de blir alltså svagare (Schweitzer, 2010). Ett målningsystem består i de flesta fall av olika typer av färger och inte sällan innehåller de pigment och tillsatser. Det innebär att flera olika längdutvidgningskoefficienter kan förekomma i ett och samma färg skikt (Paul, Pal, Ghosh, & Chakraborty, 2004)

### **8.2.1 Längdutvidgning**

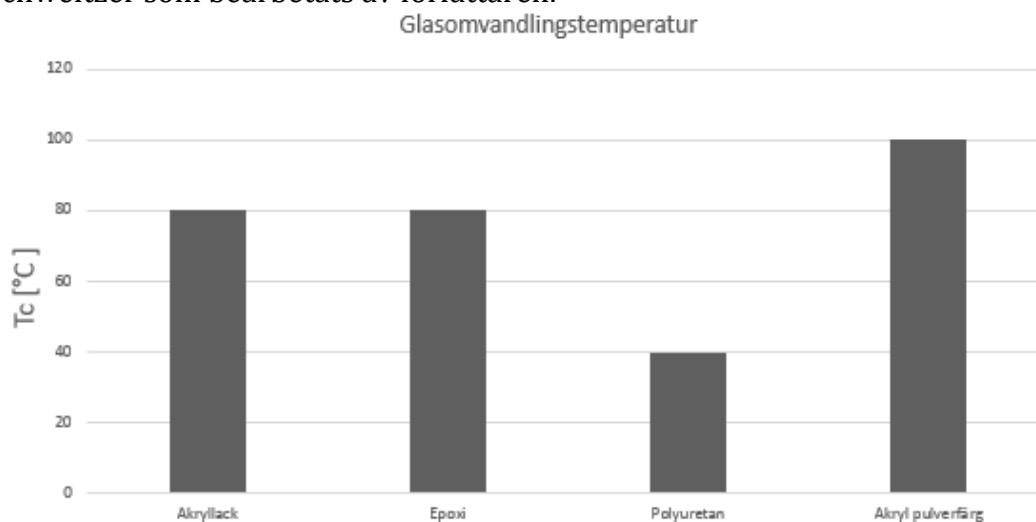
Längdutvidgningskoefficienten anger hur mycket ett material töjs eller krymper vid en given temperaturförändring. Som en jämförelse kan epoxifärg och alkydfärg jämföras stål och zink. Färgerna har fyra gånger större längdutvidgning vid given temperatur som stålet. Vid jämförelse med zink finner man att töjningen hos färgen är dubbelt så stor som hos zinken. Följden av de olika längdförändringarna vid en viss temperaturökning gör att spänningar uppstår vid zonen mellan stålet och färgen samt inuti själva färgen (Forsgren, 2016).

### **8.2.2 Glasomvandlingstemperatur**

Ett härdat bindemedels molekyler är ordnade i en stabil struktur med hjälp av bindingar. Glasomvandlingstemperaturen  $T_g$  anger den temperatur då övergår från ett sprött tillstånd till ett mjukt tillstånd (Forsgren, 2016). Huruvida temperaturen är under eller över  $T_g$  har betydelse för färgens egenskaper. Det gäller bland annat vattengenomsläpplighet samt mekaniska egenskaper. Orsaken är en, på grund av temperaturökningen, ökad rörelse bland molekylerna. De börjar röra sig oregelbundet, vilket också kallas Brownsk rörelse. Atomerna rör sig

mot metallunderlaget och antalet bindningar ökar. Detta kan i vissa fall göra att vidhäftningen, såväl den torra som våta, ökar. Den oordnade moleky rörelsen innebär dock inte bara fördelar, eftersom porer uppstår. Trots att porerna är mycket små bidrar de till att öka permeabiliteten. Vid val av färg bör hänsyn tas till glasomvandlingstemperaturen och färger som ligger mycket nära den bör sålunda undvikas (Schweitzer, 2016).

Tabell 1. Visar glasomvandlingstemperatur. Tabell är baserad på värden från Schweitzer som bearbetats av författaren.

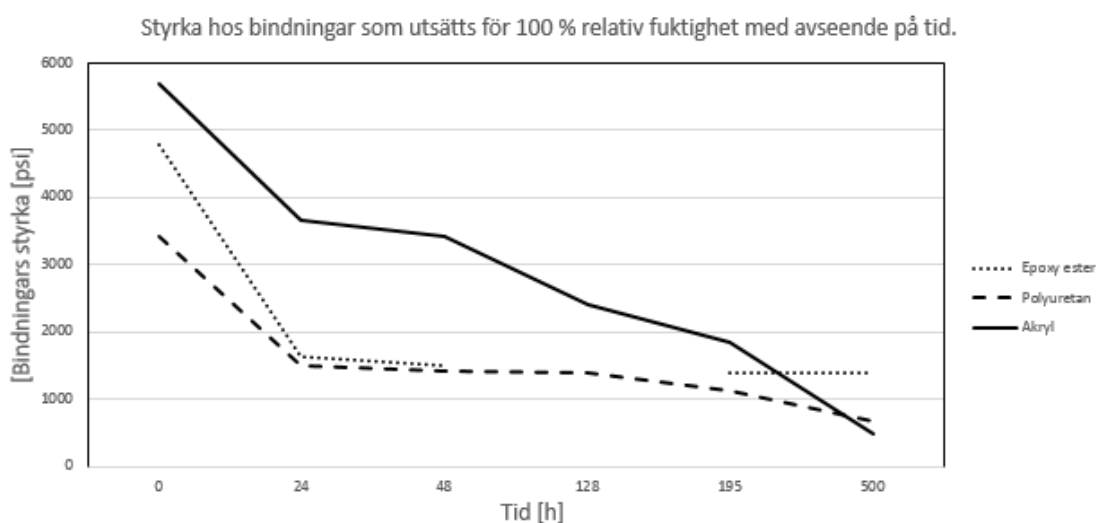


### 8.3 Fuktrelaterade problem

En färg innehåller i någon utsträckning alltid en viss mängd fukt. Fukten kommer från bland annat regn, havet eller luft. I vissa fall förekommer en samverkan mellan fuktskador och UV-relaterade problem. Det sker då molekyler, vilka uppstått till följd av UV-strålningens förmåga att bryta bindningar, blir vattenlösliga. (Forsgren, 2016) Färgens fukthalt tenderar att följa omgivningens fuktinnehåll, exempelvis luftens ånghalt. (Schweitzer, 2010) Studier har visat att några av de vanligaste färgerna innehåller fukt även vid en låg relativ fuktighet hos omgivningen (Forsgren, 2016). Tester har dessutom visat hur bindningar försvagas i takt med ökande tid vid en relativ fukthalt på 100%, vilket graferna i Tabell 2. visar (Schweitzer, 2016) Alltså har omgivningens relativa fukthalt betydelse för färgens fuktinnehåll och dess egenskaper. Färgens förmåga att hantera mekanisk påverkan försämras eftersom fukten, genom vattnets förmåga att lösa vissa ämnen, mjukar upp polymerens struktur. Vid studier av epoxifärgers yttersta skikt har forskare formulerat en teori som bygger på antagandet om ett kritiskt värde för den relativa fuktigheten hos en färg. I de fall den överstigs utfälls vattnet som kondens. Det resulterar i att vattnet löser vätebindningar hos polymerens moleky lstruktur och hydroxigrupper lämnar polymeren. Försvagningen mellan bindningarna är som bekant inte helt och hållet permanent. Styrkan är till stor del återhämtningsbar. Andra försvagningar och skador kvarstår dock, bland annat en ökad löslighet och volymändring som uppstår till följd av svullnad. Vattenmolekyler letar sig in i färgen via dess porer eller eventuella sprickor som kan ha uppstått. Sålunda kan en färg kallas hygroskopisk. Tillskott av fukt gör att material sväller, medan uttorkning innebär krympning. Detta gäller även de flesta färger. I båda fallen utsätts färgen för inre

spänningar. Torkningen skapar dragspänning, medan svällningen ger tryckpåkänning hos färgen. Detta påverkar inte bara färgens vidhäftning till underlaget, utan även dess inre förmåga att hålla samman. Det sistnämnda kallas kohesion. Spänningar varierar med fukthalten hos färgen, kvar blir dock krypning. Spänningar som uppstår till följd av vattenupptag har också visat sig höra ihop med  $T_g$  (Forsgren, 2016).

*Tabell 2.* Styrka hos bindningar som utsätts för 100 % relativ fuktighet med avseende på tid illustrerar hur bindningar försvagas med ökande tid vid 100%. Tabell bygger på från Schweitzer (2010) som författaren bearbetat.



## 8.4 Kemisk nedbrytning

Med kemisk nedbrytning avses en försämring av en färgs egenskaper till följd av föroreningar i omgivningen. Nedbrytning hos dess flesta färger sker oftast inte som en direkt konsekvens av föroreningarna. De bidrar snarare indirekt till fördärvet genom att försämma färgens förmåga uthärda de tidigare nämnda faktorerna som förekommer i miljön. I likhet med andra nedbrytningsmekanismer är processen hastighet knuten till temperaturen och för färger som utsätts för lösta joner sker nedbrytningen snabbare ifall temperaturen är högre. Dagens polymerer står sig i allmänhet väl mot kemiska angrepp som exempelvis salter och andra föroreningar som förekommer i omgivningen. Akilleshälen är däremot deras stora mängd tillsatser. Tillsatsernas effektivitet avtar i de fall de utsätts för bland annat syror eller alkaliska ämnen, vilket har bekräftats genom tester i fält (Forsgren, 2016).

## 9 Inventering av målningsystem

Nedan följer en inventering av målningsystem och färger som är lämpliga för användning vid skvalpzon. Den teoretiska sträckgränsen med enheten m<sup>2</sup>/l anger den mängd färg i liter som krävs för att måla en kvadratmeter yta vid en viss skiktjocklek. Den teoretiska sträckgränsen ges av följande samband:  $\frac{m^2}{l} = \frac{10 \cdot \text{volymtorrhalten}[\%]}{\text{Önskad torrilmstjocklek}[\mu\text{m}]}$  (Teknos, u.å.).

### 9.1 Jotun

#### 9.1.1 Marathon

Grundvarianten i Marathonserien. Epoxifärg förstärkt med glas. Beskrivs som lämplig i miljö med hög korrosivitet samt för användning under vattenytan. Marathon kan användas som grundfärg, mellanskiktsfärg samt täckfärg. Den är även kompatibel med katodiskt skydd. Marathon har även följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7A, NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7B samt NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7C. Dess volymtorrhalt är  $80 \pm 2$  och VOC är  $248 \frac{g}{l}$ . (Jotun, 2020a)

##### 9.1.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målade yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen bör appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och vinylepoxi. Marathon kan appliceras på följande färgtyper: Epoxifärg, zinkberikad epoxi samt oorganisk zinksilikat. (Jotun, 2020a)

##### 9.1.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 3. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	32
23	12
40	5

Tabell 4. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	14
23	7
40	3

25	7
40	3

Tabell 5. Visar rekommenderade skikt tjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
250	200	4
500	400	2

### 9.1.2 Marathon 1000XHB

Marathon 1000XHB är en vidareutvecklad variant av Marathons glasförstärkta grundfärg som i likhet med Marathon XHB går att applicera i ett 1000  $\mu\text{m}$  tjockt skikt. Inget lösningsmedel används, vilket ger ett lågt VOC-värde. Den kan sålunda tjänstgöra som grundfärg, mellanskikt, täckfärg samt ett kontinuerligt 1000  $\mu\text{m}$  tjockt lager, såväl över som under vattenytan. Enligt Jotun är den särskilt lämpad för att uthärda mekanisk påfrestning i skvalpzonen. I likhet med grundvarianten beskrivs den som lämplig i miljö med hög korrosivitet och användning under vattenytan. Den är även kompatibel med katodiskt skydd. Marathon 1000XHB har följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 1, NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 4 och NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7A. Dess volymtorrhalt är  $98 \pm 2$  och VOC är  $41 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2020b).

#### 9.1.2.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är  $St 2$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta alternativt tvåkomponents högtrycksspruta med värmeaggregat. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och vinylepoxi. Marathon kan appliceras på följande färgtyper: Epoxifärg, zinkberikad epoxi, oorganisk zinksilikat, zinksilikat, epoxibaserad shopprimer samt epoxi mastic (Jotun, 2020b).

#### 9.1.2.2 Torktider och skikt tjocklekar

Tabell 6. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	33
10	19
15	16
23	9
40	6

Tabell 7. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
5	14
10	10
15	10
23	7
40	3

Tabell 8. Visar rekommenderade skikt tjocklekar samt teoretisk sträckförmåga Tabell baserad på data från (Jotun, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
410	400	2,4
1020	1000	1

### 9.1.3 Marathon 1000 GF

Marathon 1000GF är en modifiering av Marathon 1000XHB med 20% glas som i likhet med Marathon XHB går att applicera i ett 1000  $\mu m$  tjockt skikt. Inget lösningsmedel används, vilket ger ett lågt VOC-värde. Den kan tjänstgöra som grundfärg, mellanskikt, täckfärg samt ett kontinuerligt 1000  $\mu m$  tjockt lager. Enligt Jotun är den särskilt lämpad för att uthärda mekanisk påfrestning i skvalpzonen. I likhet med grundvarianten beskrivs den som lämplig i miljö med hög korrosivitet och användning under vattenytan. Den är även kompatibel med katodiskt skydd. Marathon 1000 GF har även följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 1, NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 4 och NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7A. Dess volymtorrhalt är  $98 \pm 2$  och VOC är  $34 \frac{g}{l}$  (Jotun, 2019a).

#### 9.1.3.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är  $St 2$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta alternativt tvåkomponents högtrycksspruta med värmeaggregat. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och vinylepoxi. Marathon 1000 GF kan appliceras på följande färgtyper: Epoxifärg, zinkberikad epoxi samt oorganisk zinksilikat (Jotun, 2019a).

### 9.1.3.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 9. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	32
10	19
15	16
23	9
40	4

Tabell 10. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
5	14
10	10
15	10
23	7
40	3

Tabell 11. Visar rekommenderade skiktthjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
510	500	2
1020	1000	1

### 9.1.4 Marathon 550

Marathon 550 är en yttolerant färg som går att applicera på fuktiga ytor av grad St2, vilket gör den lämplig för användning på vattenblästrade ytor vid underhållsmålning. Kort efter applicering kan färgen fortsätta härda under vattenytan. Vilket gör den synnerligen lämpad för underhåll vid skvalpzon och under vattenlinjen. Marathon 550 kan användas som grundfärg, mellanskikt, täckfärg eller ett kontinuerligt 500  $\mu\text{m}$  tjockt lager. Marathon 550 har även följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 4, NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7A och NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7B Dess volymtorrhalt är  $85 \pm 2$  och VOC är  $197 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2020c).

#### 9.1.4.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till Sa  $2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är St 2. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och

kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan och epoxi. Marathon 550 kan appliceras på följande färgtyper: Epoxifärg, samt oorganisk zinksilikat, shop primer och epoxi shop primer (Jotun, 2020c).

#### 9.1.4.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 12. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	26
10	15
15	14
23	8
40	3

Tabell 13. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
5	14
10	10
15	10
23	7
40	3

Tabell 14. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
235	200	4,3
650	550	1,5

#### 9.1.5 Penguard Pro

Penguard Pro är aminhärdande epoxifärg med hög torrhalt. Den är yttolerant samt avsedd för nya konstruktioner (produktblad). Enligt Jotun har den bättre vidhäftningsförmåga än såväl vanlig epoxi som polyuretan (hemsida). Den går att applicera i ett temperaturintervall från  $-5^{\circ}\text{C}$  till  $40^{\circ}\text{C}$  grader och kan användas som grundfärg, mellanskikt och täckskikt, eller som ett enskiktssystem med  $500\ \mu\text{m}$  skiktjocklek. Den beskrivs som lämpad för användning i skvalpzon och under vattenytan. Penguard Pro har följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 1. Dess volymtorrhalt är  $75 \pm 2$  och VOC är  $229 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2018a).

### 9.1.5.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är  $St\ 2$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Penguard Pro kan appliceras på följande färgtyper: Epoxi, epoximastic, zinkberikad epoxi samt zinksilikat (Jotun, 2018a).

### 9.1.5.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 15. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	16
5	12
10	7
15	5
23	3
40	2

Tabell 16. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	12
15	12
23	10
40	7

Tabell 17. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
133	100	7,5
667	500	1,5

### 9.1.6 Penguard Pro GF

Penguard Pro GF är glasförstärkt aminhärdande epoxifärg med god förmåga att klara nötning. Den är yttolerant samt avsedd för nya konstruktioner (produktblad). Den kan användas som grundfärg, mellanskikt och täckskikt, eller som ett enskiktssystem. Den beskrivs som lämpad för användning i skvalpzon och under vattenytan. Penguard Pro GF har följande certifikat:

NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 1, NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 7. Dess volymtorrhalt är  $75 \pm 2$  och VOC är  $227 \frac{g}{l}$  (Jotun, 2019b).

### 9.1.6.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa*  $2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St* 2. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Penguard Pro GF kan appliceras på följande färgtyper: Epoxi, epoximastic, zinkberikad epoxi samt zinksilikat (Jotun, 2019b).

### 9.1.6.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 18. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	16
5	12
10	7
15	5
23	3
40	2

Tabell 19. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	12
15	12
23	107
40	3

Tabell 20. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
200	150	5
800	600	1,3

## 9.1.7 Penguard Pro GF X

Penguard Pro GFX är i likhet med Penguard Pro GF en aminhärdande epoxifärg fast med ett högt innehåll av glasfiber. Den kan användas som grundfärg, mellanskikt och täckfärg samt appliceras i ett kontinuerligt tjockt skikt. Den beskrivs som lämpad för användning i skvalpzon och under vattenytan samt platser där krav ställ på hög förmåga att utstå nötning. Penguard Pro GF X är certifierat enligt NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 1. Dess volymtorrhalt är  $75 \pm 2$  och VOC är  $217 \frac{g}{l}$  (Jotun, 2016a).

### 9.1.7.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är  $St 2$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Penguard Pro GF X kan appliceras på följande färgtyper: Epoxi, epoximastic, zinkberikad epoxi samt zinksilikat (Jotun, 2016a).

### 9.1.7.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 21. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	24
0	16
5	10
10	7
15	5
23	3
40	2

Tabell 22. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid
0	21
5	14
10	12
15	12
23	10
40	7

Tabell 23. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
200	150	5

### 9.1.8 Penguard Pro Alu

Penguard Pro Alu är en aluminiumberikad variant av Penguard Pro. Den kan användas som grundfärg, mellanskikt och täckfärg samt appliceras i ett kontinuerligt tjockt skikt. Den beskrivs som lämpad för användning i skvalpzon samt under vattenytan och rekommenderas inom offshore-verksamhet.

Penguard Pro Alu har följande certifikat: NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 1 och NORSOK Standard M-501, Rev. 5, System 7. Dess volymtorrhalt är  $75 \pm 2$  och VOC är  $226 \frac{g}{l}$  (Jotun, 2018b).

#### 9.1.8.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är  $St 2$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Penguard Pro Alu kan appliceras på följande färgtyper: Epoxi, epoximastic, zinkberikad epoxi, shop primer samt zinksilikat (Jotun, 2018b).

#### 9.1.8.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 24. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	16
5	12
10	7
15	5
23	3
40	2

Tabell 25. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	12
15	12
23	10
40	7

Tabell 26. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
150	133	7,5
667	500	1,5

### 9.1.9 Baltoflake

Baltoflake är en omättad polyesterfärg som förstärkts med glasfiber. Enligt Jotun har den mycket god förmåga att utstå både nötning och stötar. Den kan även appliceras i ett 1500  $\mu\text{m}$  tjockt lager. Den härdar snabbt och går att applicera vid 5°C (Jotun, u.å.) Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Baltoflake har följande certifikat: APAS godkänd enligt specifikation 2917, 2917F, 2917P och 2917S. Vidare har Baltoflake följande NORSOK-certifikat: NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 1, NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 4 och NORSOK Standard M-501, Edition 6, Coating system no. 7A. Dess volymtorrhalt är  $96 \pm 2$  och VOC är  $4 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2020d).

#### 9.1.9.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: Polyuretan, polysiloxan och omättad polyester. Baltoflake kan appliceras på följande färgtyper: Omättad polyester och vinylester (Jotun, 2020d).

#### 9.1.9.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 27. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	5
23	2
40	2

Tabell 28. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid
10	4
23	2
40	1

Tabell 29. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
650	600	1,5
1650	1500	0,6

### 9.1.10 Jotamastic SF

Jotamasticserien är avsedd att kunna appliceras då förhållanden inte är optimala, exempelvis då blästring inte är möjlig eller ytan har en liten mängd fukt. Jotamasticfärgerna går att applicera på lätt rostiga ytor och har god inträngningsförmåga (Jotun, u.åb). Jotamastic SF är en lösningsmedelsfri tvåkomponents polyaminhärdande epoximastic. Den är särskilt avsedd för underhåll och reparation med pensel, vilket gör den lämpad för punktunderhåll. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $99 \pm 2$  och VOC är  $116 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . Volymtorrhalt samt VOC för vinterhärdare är  $91 \pm 2$  respektive  $149 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2019c).

#### 9.1.10.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa 2*. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St 2*. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta som har ett högt tryckförhållande. Pensel och roller kan användas om särskilt noggrannhet tas för att erhålla korrekt skiktjocklek. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, epoxi, akryl samt vinylepoxi. Jotamastic SF kan appliceras på följande färgtyper: epoxi shop primer, oorganiskt zinksilikat shop primer, zinkepoxi, epoxi, epoxi mastic och oorganiskt zinksilikat (Jotun, 2019c).

#### 9.1.10.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 30. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
15	52
23	26
40	10,5

Tabell 31. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
----	------------

15	28
23	14
40	7

Tabell 32. Visar tid för minsta övermålningsintervall med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	53
10	23
15	18
23	15

Tabell 33. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
5	21
10	14
15	7
23	3

Tabell 34. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
150	150	6,1
300	300	3,1

Tabell 35. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
165	150	5,5
330	300	2,7

### 9.1.11 Jotamastic Smart Pack HB

Jotamastic Smart Pack HB är en tvåkomponents polyamidhärdande epoximastic som är särskilt utvecklad för att appliceras med pensel eller roller. Färgen är yttolerant och lämpar sig väl för underhåll, bättringsmålning samt reparation. Enligt Jotun har den mycket god förmåga att utstå både nötning och stötar. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara

såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $78 \pm 2$  och VOC är  $184 \frac{g}{l}$ . (Jotun, 2020e).

### 9.1.11.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa 2*. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St 2*. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, roller eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Jotamastic Smart Pack HB kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, epoxi mastic, zinkberikad epoxi, epoxi shopprimer (Jotun, 2020e).

### 9.1.11.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 36. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	25
10	21
23	11
40	4

Tabell 37. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
5	14
10	10
23	7
40	3

Tabell 38. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2020e) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
130	100	7,7
260	200	3,8

## 9.1.12 Jotamastic Smart Pack Alu

Jotamastic Smart Pack Alu är en tvåkomponents polyamidhärdande epoximastic med aluminiumpigment, som förbättrar färgens barriärförmåga. Färgen är yttolerant samt har hög torrhalt och är främst avsedd för underhåll och reparation. Enligt Jotun har den mycket god förmåga att utstå både nötning och

stötat. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $72 \pm 2$  och VOC är  $2,5 \frac{lbs}{gal}$  (Jotun, 2019d).

### 9.1.12.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa 2*. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St 2*. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, roller eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, polysiloxan, epoxi och akryl. Jotamastic Smart Pack Alu kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, epoxi mastic, zinkberikad epoxi, epoxi shopprimer (Jotun, 2019d).

### 9.1.12.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 39. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	45
5	20
10	14
23	7
40	3

Tabell 40. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
0	21
5	14
10	10
23	7
40	3

Tabell 41. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
69	50	14,6
166	120	6

### 9.1.13 Jotamastic 87

Jotamastic 87 är en tvåkomponents polyamidhårdande epoximasticfärg. Färgen är yttolerant samt har hög torrhalt och är främst avsedd för underhåll och

reparation och rekommenderas för användning vid skvalpzoner. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Jotamastic 87 finns även i en vinterhärdande version som härdar vid  $-5^{\circ}\text{C}$ . Dess volymtorrhalt är  $82 \pm 2$  och VOC är  $239 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . Volymtorrhalt samt VOC för vinterhärdare är  $74 \pm 2$  respektive  $269 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . (Jotun, 2018c)

### 9.1.13.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa 2*. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St 2*. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, roller eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, vinylepoxi, epoxi och akryl. Jotamastic 87 kan appliceras på följande färgtyper: Epoxi, epoxi mastic, zinkberikad epoxi, epoxi shopprimer, oorganisk zinksilikat shopprimer samt oorganisk zinksilikat. (Jotun, 2018c)

### 9.1.13.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 42. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
0	45
5	20
10	24
23	10
40	4

Tabell 43. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
0	21
5	14
10	14
23	7
40	2

Tabell 44. Visar tid för minsta övermålningsintervall med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
-5	80
0	44
5	26
10	16
23	6

Tabell 45. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
-5	21
0	14
5	7
10	3
23	2

Tabell 46. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{l}$ ]
170	150	5,8
345	300	2,9

Tabell 47. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{l}$ ]
195	150	5,1
325	250	3,1

### 9.1.14 Jotamastic 87 GF

Jotamastic 87 GF är en tvåkomponents polyamidhärdande glasfiberförstärkt epoximasticfärg. Den har högre förmåga att uthärda nötning och skador från repor jämfört med den konventionella varianten. Färgen är yttolerant samt har hög torrhalt och är främst avsedd för underhåll och reparation och rekommenderas för användning då högt slitage är att vänta. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $80 \pm 2$  och VOC är  $241 \frac{g}{l}$ . Volymtorrhalt samt VOC för vinterhärdare är  $70 \pm 2$  respektive  $272 \frac{g}{l}$  (Jotun, 2018d).

#### 9.1.14.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa* 2. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St* 2. Då färgen appliceras på en målad yta, skall

underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, vinylepoxi, epoxi och akryl. Jotamastic 87 GF kan appliceras på följande färgtyper epoxi, epoxi mastic, zinkberikad epoxi, epoxi shopprimer, oorganisk zinksilikat shopprimer samt oorganisk zinksilikat (Jotun, 2018d).

#### 9.1.14.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 48. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	45
10	24
23	10
40	4

Tabell 49. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
0	21
10	14
23	7
40	2

Tabell 50. Visar tid för minsta övermålningsintervall med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	80
0	44
5	26
10	16
23	6

Tabell 51. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
-5	21
0	14
5	7
10	3
23	2

Tabell 52. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
250	200	4
440	350	3,2

Tabell 53. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2018d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
285	200	3,5
430	300	2,3

### 9.1.15 Jotamastic 80 Aluminium

Jotamastic 80 Aluminium är en tvåkomponents polyamidhärdande aluminiumpigmenterad epoximasticfärg. Färgen är yttolerant samt har hög torrhalt och är främst avsedd för underhåll och reparation och rekommenderas för användning då högt slitage är att vänta. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $80 \pm 2$  och VOC är  $249 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . Volymtorrhalt samt VOC för vinterhärdare är  $72 \pm 2$  respektive  $278 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Jotun, 2017).

#### 9.1.15.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål rekommenderas blästring till *Sa 2*. Minsta godtagbara förbehandlingsgrad är *St 2*. Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: polyuretan, vinylepoxi, epoxi och akryl. Jotamastic 80 Aluminium kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, epoxi mastic, zinkberikad epoxi, epoxi shopprimer, oorganisk zinksilikat shopprimer samt oorganisk zinksilikat (Jotun, 2017).

#### 9.1.15.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 54. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	45
10	24

23	10
40	4

Tabell 55. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
0	21
10	14
23	7
40	2

Tabell 56. Visar tid för minsta övermålningsintervall med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	48
0	26
5	18
10	12
23	5

Tabell 57. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	21
0	14
5	7
10	3
23	2

Tabell 58. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

Våt	Torr	Teoretisk sträckförmåga
[ $\mu m$ ]	[ $\mu m$ ]	[ $\frac{m^2}{L}$ ]
95	75	10,7
250	200	4

Tabell 59. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Jotun, 2017) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
105	75	9,6
280	200	3,6

## 9.2 Tikkurila

### 9.2.1 Temazinc 77

Temazinc 77 är en tvåkomponents polyamidhärdande zinkberikad epoxifärg. Den innehåller mer än 80% zink vilket gör att den klassas som zinkrik enligt ISO 12944-5 och ger ett katodiskt skydd. Den rekommenderas i de fall lång hållbarhet efterfrågas. Den kan användas som yttersta skikt, men bör skyddas med polyuretan i ett system då höga krav ställs på hållbarhet. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $52 \pm 2$  och VOC är  $480 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019a).

#### 9.2.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Temazinc rekommenderas inte som underhållsfärg. Den kan övermålas med följande färgtyper: zinkberikad epoxiprimer, epoxiprimer, akryl och vinyl. Vid höga estetiska krav bör polyuretaner användas (Tikkurila, 2019a).

#### 9.2.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 60. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek  $40 \mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	45
5	5
10	3
23	1
35	0,5

Tabell 61. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
75	40	13
155	80	6,5

Tabell 62. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
105	75	9,6
280	200	3,6

## 9.2.2 Temazinc 99

Temazinc 99 är en tvåkomponents polyamidhärdande zinkberikad epoxifärg. Den innehåller mer än 80% zink vilket gör att den klassas som zinkrik enligt ISO 12944-5 och ger ett katodiskt skydd. Den rekommenderas i de fall lång hållbarhet efterfrågas och används inom offshore-verksamhet. Den kan användas som yttersta skikt, men bör skyddas med polyuretan eller liknande i ett system. Den kan appliceras som grundfärg, mellanskikt och täckfärg som klarar av att vara såväl över som under vattenytan. Temazinc 99 är preliminärt godkänd i enlighet med NORSOK-system 1 (produktblad). Dess volymtorrhalt är  $55 \pm 2$  och VOC är  $430 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019b).

### 9.2.2.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Temazinc rekommenderas inte som underhållsfärg. Den kan övermålas med följande färgtyper: zinkberikad epoxiprimer, epoxiprimer, akryl, polyurea och vinyl. Vid höga estetiska krav bör polyuretaner användas (Tikkurila, 2019b).

### 9.2.2.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 63. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	45
5	5
10	3
23	1
35	0,5

Tabell 64. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
70	40	13,8
145	80	6,9

Tabell 65. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
105	75	9,6
280	200	3,6

### 9.2.3 Temacoat GPL-S Primer

Temacoat GPL-S Primer är en tvåkomponents polyamidhärdande epoxiprimer berikad med zinkfosfat. Den går att applicera i tjockt skikt och används vanligen som grundfärg eller mellanskikt. Den rekommenderas som mellanskikt då zinkrik epoxi används som grundfärg. Dess vidhäftningsförmåga till stål, zink och aluminium beskrivs som mycket god. Färgen kan härda vid låg temperatur i de fall en särskild härdare används. Dess volymtorrhalt är  $55 \pm 2$  och VOC är  $425 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2020a).

#### 9.2.3.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: epoxi, epoxiprimer och polyuretan. Temacoat GPL-S Primer kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, zinkberikad epoxi, epoxi med aluminiumpigment och zinkberikad etylsilikat (Tikkurila, 2020a).

#### 9.2.3.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 66. Visar tid för minsta övermålningsintervall med epoxifärg för torr skiktjocklek  $40 \mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	16
5	6
10	4
23	2
35	0,75

Tabell 67. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	24
5	8
10	5
23	2
35	1

Tabell 68. Visar tid för minsta övermålningsintervall med epoxifärg för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	12
5	5
10	3
23	1,5
35	0,5

Tabell 69. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	16
5	6
10	4
23	1,5
35	0,75

Tabell 70. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-10	48
-5	36
0	14
5	10
10	4
23	2
35	1

Tabell 71. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
----	------------

-10	28
-5	21
0	18
5	6
10	4
23	4
35	3

Tabell 72. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
110	60	13,8
185	100	6,9

## 9.2.4 Temacoat GPL-S MIO

Temacoat GPL-S Primer är en tvåkomponents polyamidhärdande epoxifärg förstärkt med zinkfosfat. Den rekommenderas som grundfärg eller mellanskikt i ett system bestående av epoxi och polyuretan. Dess vidhäftningsförmåga till stål samt nötningsbeständighet beskrivs som mycket god. Färgen kan härda vid låg temperatur i de fall en särskild härdare används. Dess volymtorrhalt är  $60 \pm 2$  och VOC är  $400 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019b).

### 9.2.4.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: epoxi och polyuretan. Temacoat GPL-S MIO kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, zinkberikad epoxi, epoxi med aluminiumpigment, epoxiprimer och zinkberikad etylsilikat (Tikkurila, 2019b).

### 9.2.4.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 73. Visar tid för minsta övermålningsintervall med epoxifärg för torr skiktjocklek  $40 \mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	24
5	12
10	6
23	2
35	1

Tabell 74. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	36
5	24
10	18
23	4
35	2

Tabell 75. Visar tid för minsta övermålningsintervall med epoxifärg för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	18
5	16
10	4
23	3,5
35	0,75

Tabell 76. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	24
5	12
10	8
23	3
35	1,5

Tabell 77. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-10	74
-5	62
0	40
5	28
10	14
23	8
35	5

Tabell 78. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning med vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
----	------------

-10	28
-5	21
0	18
5	6
10	4
23	4
35	3

Tabell 79. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
100	60	10
210	125	4,8

## 9.2.5 Temacoat RM 40

Temacoat RM 40 är en tvåkomponents hartsmodifierad epoxifärg. Den går att använda som grundfärg, mellanfärg och täckfärg. Vidhäftning till stål, aluminium och zink beskrivs som god. Färgen klarar av nedsänkning i vatten och härdningen kan påskyndas med en särskild härdare. Dess volymtorrhalt är  $65 \pm 2$  och VOC är  $330 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2020b).

### 9.2.5.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: Temacoat RM 40, Temadur 50 och Temathane PC 50. Temacoat RM 40 kan appliceras på följande färgtyper: Temacoat RM 40, Temacoat GPL-S Primer, Temacoat GPL-S MIO, Temabond ST 200, Temabond ST 300, Temasil 90, Temazinc 77, Temazinc 99. (Tikkurila, 2020b).

### 9.2.5.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 80. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	18
10	12
23	4
35	2

Tabell 81. Visar tid för minsta övermålningsintervall, innan färgen nedsänks i vatten, för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	48
10	36
23	16
35	8

Tabell 82. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	72
10	48
23	24
35	12

Tabell 83. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	10
10	7
23	4
35	2,5

Tabell 84. Visar tid för minsta övermålningsintervall, innan färgen nedsänks i vatten, för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	36
10	18
23	12
35	6

Tabell 85. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5605. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	36
10	24
23	16
35	8

Tabell 86. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2020b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
125	80	8,1
195	125	5,2

## 9.2.6 Temadur 50

Temadur är en tvåkomponents polyuretanfärg med alifatisk isocyanathärdare. Den rekommenderas som täcksikt i ett system bestående av epoxi och polyuretan. Dess nötningsbeständighet beskrivs som mycket god. Dess volymtorrhalt är  $56 \pm 2$  och VOC är  $420 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019c).

### 9.2.6.1 Applicering och kompatibilitet

Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Ingen särskild förbehandlingsmetod specificeras. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: akrylpolyuretan och polyuretan. Temadur 50 kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, zinkberikad epoxi, epoxi med järnglimmer, epoxiprimer, epoxi med aluminiumpigment samt polyuretan (Tikkurila, 2019c).

### 9.2.6.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 87. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
70	60	14
110	60	9,3

## 9.2.7 Temathane PC 50

Temathane PC 50 är en tvåkomponents polyuretanfärg med alifatisk isocyanathärdare. Den rekommenderas som täcksikt i ett system bestående av epoxi och polyuretan. Dess nötningsbeständighet beskrivs som mycket god och har godkänts enligt NORSOK system 1 för användning inom offshore-verksamhet. Dess volymtorrhalt är  $65 \pm 2$  och VOC är  $330 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019d).

### 9.2.7.1 Applicering och kompatibilitet

Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Ingen särskild förbehandlingsmetod specificeras. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med polyuretan. Temathane PC 50 kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, epoxiprimer, zinkberikad epoxi,

epoxi med järnglimmer, epoxiprimer, epoxi med aluminiumpigment, akrylpolyuretan samt polyuretan (Tikkurila, 2019d).

### 9.2.7.2 Torktider och skikt tjocklekar

Tabell 88. Visar rekommenderade skikt tjocklekar samt teoretisk sträckförmåga Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid $150 \mu m \left[ \frac{m^2}{L} \right]$
125	80	8,9

## 9.2.8 Temacoat Primer

Temacoat Primer är en tvåkomponents hartsmodifierad epoxiprimer med zinkfosfat. Vidhäftningen till stål, zink samt aluminium beskrivs som mycket god och går att applicera i tjocka skikt. Den rekommenderas som grundfärg eller mellanskikt i ett målningssystem då höga krav ställs hållbarhet och förmåga att uthärda nötning. Den är godkänd enligt NORSOK system 1. Färgen kan appliceras vid temperaturer under  $0^{\circ}C$  med en särskild härdare. Dess volymtorrhalt är  $72 \pm 2$  och VOC är  $280 \frac{g}{l}$  (Tikkurila, 2019e).

### 9.2.8.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: Temathane PC 50, Temacoat GPL-S MIO samt Temadur 50. Temacoat Primer kan appliceras på följande färgtyper: Temazinc 99, Temacoat Primer, Temazinc 77 (Tikkurila, 2019e).

### 9.2.8.2 Torktider och skikt tjocklekar

Tabell 89. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skikt tjocklek  $40 \mu m$  vid användning av härdare 008 5611 Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}C$	Tid[h]
0	32
10	12
23	4
35	2

Tabell 90. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skikt tjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5611 Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	60
10	18
23	6
35	3

Tabell 91. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skikt tjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5613 Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-10	24
-5	12
0	8
10	5
23	3
35	1

Tabell 92. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan för torr skikt tjocklek 40  $\mu\text{m}$  vid användning av härdare 008 5613. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-10	30
-5	16
0	10
10	6
23	4
35	2

Tabell 93. Visar rekommenderade skikt tjocklekar samt teoretisk sträckförmåga Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
110	80	9
225	160	4,5

### 9.2.9 Temaline TL

Temaline TL är en lösningsmedelsfri tvåkomponents epoxi med hög torrvolym som går att applicera i tjocka skikt. Den är avsedd för att klara av stora mekaniska påfrestningar och klarar av att vara nedsänkt i såväl kemiska lösningar som vätskor med hög salthalt. Vid nedsänkning under vattenytan

rekommenderar Tikkurila ett 500  $\mu\text{m}$  skikt. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $80 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019f).

### 9.2.9.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Då färgen appliceras på en målad yta, skall underlaget vara torrt och rent. Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Kanter samt svårtillgängliga utrymmen bör målas med pensel före applicering med högtrycksspruta. Temaline TL är enligt Tikkurilas rekommendationer bara kompatibel med sig själv (Tikkurila, 2019f).

### 9.2.9.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 94. Visar tid för minsta övermålningsintervall för torr skiktjocklek 250  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	14
23	7
35	3

Tabell 95. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. . Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
250	250	4
250	250	2

## 9.2.10 Temabond ST 300

Temabond ST 300 är en tvåkomponents epoxi med hög torrvolym som är särskilt avsedd att användas vid underhållsmålning och reparation av skador som uppstår vid exempelvis frakt och installation. Den har god vidhäftning till underlag som inte är optimalt förberedda och tjocka skikt är möjliga att åstadkomma med enbart pensel. Förmågan att klara nötning och stötar beskrivs som god och färgen klarar av förhållanden under vattenytan. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $195 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019g)

### 9.2.10.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  i de fall nedsänkning är aktuellt. I andra fall är grad  $St2$  godtagbar. Målad befintlig yta skall vara ruggad med antingen sandpapper, slip eller genom blåstring.

Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta. Kanter samt svårtillgängliga utrymmen bör målas med pensel före applicering med högtrycksspruta. Den kan övermålas med följande färgtyper: Temacoat GPL-S MIO, Temacoat GPL-S Primer, Temabond ST 300, Temacoat RM 40, Temathane PC 50, Temacoat Primer. Temabond ST 300 kan appliceras på följande färgtyper: Temabond ST 200, Temabond ST 300, Temazinc 77, Temazinc 99, Temacoat SPA Primer. Temacoat Primer (Tikkurila, 2019g).

### 9.2.10.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 96. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan eller epoxifärg för torr skiktjocklek 250  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019g) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	32
10	30
23	8
35	5

Tabell 97. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019g) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
125	100	8
250	200	4

### 9.2.11 Temabond ST 200

Temabond ST200 är en tvåkomponents epoxifärg förstärkt med aluminiumpigment. Den rekommenderas särskilt för underhållsmålning och bättringsmålning av svårrengjorda ytor och har god vidhäftning ytor som är slipade eller förberedda för hand. I likhet med Temabond ST 300 rekommenderas den som åtgärd vid transport och installationskador. Färgen tål nedsänkning i vatten och kan härda vid låg temperatur i de fall en särskild härdare används. Dess volymtorrhalt är  $80 \pm 2$  och VOC är  $200 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Tikkurila, 2019h).

#### 9.2.11.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara i gott skick och kompatibel. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Den kan övermålas med följande färgtyper: epoxi och polyuretan. Temabond ST 200 kan appliceras på följande färgtyper: epoxi, zinkberikad epoxi, epoxi med aluminiumpigment, epoxiprimer och zinkberikad etylsilikat (Tikkurila, 2019h).

### 9.2.11.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 98. Visar tid för minsta övermålningsintervall med polyuretan eller epoxifärg för torr skiktthjocklek 40  $\mu\text{m}$  och användning av härdare 008 5600. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019h) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	32
10	30
23	8
35	5

Tabell 99. Visar rekommenderade skiktthjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Tikkurila, 2019h) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
100	60	10
210	125	4,8

### 9.2.12 Fontezinc HR

Fontezinc HR har använts av den amerikanska flottan och armén för att skydda bland annat pontonmoduler från korrosion. Pontonerna har varit såväl nedsänkta i vatten som förvarade på torra land. De monteras ihop och plockas isär flera gånger under en livstid vilket innebär stor mekanisk påverkan och slitage. De inspekterade pontonerna har tagits ur bruk till följd av skador. Trots skadorna noterade Tidbeck et al (2020) att färgen var i förvånansvärt gott skick. De noterade även att korrosionen inte hade spridit sig i nämnvärd utsträckning där skador uppstått. Under inspektionen fann de att färgen klarade av att appliceras i 400  $\mu\text{m}$  tjocka skikt utan att sprickor uppstår, vilket annars är ett relativt vanligt förekommande fenomen enligt de som inspekterade färgen. I skvalpzonen fann de tecken på korrosion som sannolikt kommer från mikrosprickor. Fenomenet har även bekräftats under korrosionstester av RISE KIMAB. Själva sprickan är inte synlig med blotta ögat men missfärgningarna som uppstår i sprickan är däremot enklare att upptäcka. De fann även att färgen har en självläkande förmåga. Detta kan enligt Tidbeck et al (2020) förklaras med att zinken bildar ett svårslösligt salt vid reaktion som sedan täcker sprickan. Sålunda är fläckarna snarare ett estetiskt bekymmer än ett hållbarhetsmässigt. Under vattenytan noteras påväxter som enligt författarna till rapporten kan bero på att zinken har förbrukats. Vid inspektion av en ponton som tjänstgjort i 18 år och rengjorts med högtryckstvätt för att få bort påväxter noteras att de flesta ytor, kanter och fogar inte utsatts för betydande korrosionsangrepp. De ytor som använts för att koppla ihop pontonerna visade däremot tydliga tecken på korrosionsangrepp. De ytor som utsatts för stötar visade ringa tecken på flagning och färgen antas ha god förmåga att hantera stötar. Vid en jämförelse med objekt vilka målats med 400  $\mu\text{m}$  epoxifärg presterade Fontezinc HR bättre än referensobjekten. Frätangrepp var av mindre omfattning och organisk påväxt var mindre.

## 9.3 Hempel

### 9.3.1 Hempadur Spray-guard 35493

HEMPADUR SPRAY-GUARD 35493 är en tvåkomponents epoxifärg med god kapacitet att uthärda nötning. Den rekommenderas bland annat till ytor som utsätts för nötning i skvalpzonen och miljö med hög korrosivitet. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, system no. 4. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $10 \frac{g}{l}$  (Hempel, 2019a).

#### 9.3.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara uppruggad och kompatibel. Vid viss underhållsmålning kan vattenblästring användas. Färgen kan appliceras med tvåkomponentsspruta. Mindre ytor kan fläckstrykas med pensel (Hempel, 2019a).

#### 9.3.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 100. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	7

Tabell 101. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
100	100	0,4

### 9.3.2 Hempadur 35560

HEMPADUR 35560 är en tvåkomponents epoxifärg utan lösningsmedel. Den går att applicera i tjocka skikt och används som grundfärg i system som skyddar exempelvis pälverk och vågbrytare i skvalpzonen. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A samt NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7B. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $0 \frac{g}{l}$  (Hempel, 2019b).

### 9.3.2.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2 $\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation bör saltrester rensas bort med antingen högtrycksrengöring och i vissa fall blästring. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. I de fall stora krav ställs på vidhäftning kan Hempadur 15590 användas som grundskikt i ett system med Hempadur 35560(Hempel, 2019b).

### 9.3.2.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 102. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Hempadurfärg. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	40
20	16
30	8

Tabell 103. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	7

Tabell 104. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt	Torr	Teoretisk sträckförmåga
[ $\mu m$ ]	[ $\mu m$ ]	[ $\frac{m^2}{L}$ ]
200	200	5

## 9.3.3 Hempadur 15590

HEMPADUR 15590 är en tvåkomponents epoxifärg som är utvecklad då höga krav ställs på mekanisk prestanda. Den används som grundfärg i system där exempelvis HEMPADUR 35560 används som efterföljande. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A Dess volymtorrhalt är  $44 \pm 2$  och VOC är  $439 \frac{g}{l}$ (Hempel, 2020a).

### 9.3.3.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2 $\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation bör saltrester rensas bort med

antingen högtrycksrengöring och i vissa fall blästring. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. (Hempel, 2020a).

### 9.3.3.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 105. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Hempadurfärg och nedsänkning är aktuellt. Tabell baserad på data från (Hempel, 2020) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	18
20	8
30	5

Tabell 106. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2020) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	7

Tabell 107. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2020) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
100	40	11

## 9.3.4 Hempadur Multi-Strenght 45753

Hempadur Multi-Strenght 45753 är en ren epoxifärg av tvåkomponentstyp, som går att applicera i tjocka skikt. Den används i kalla klimat för att skydda exempelvis fartygsskrov och andra ytor som behöver skydd mot nötning. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A samt Recognized Abrasion Resistant Ice Coating by Lloyds Register. Dess volymtorrhalt är  $79 \pm 2$  och VOC är  $234 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Hempel, 2019c).

### 9.3.4.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blästras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation bör saltrester rensas bort med högtrycksrengöring och i vissa fall blästring. Gamla korsningsprodukter skall avlägsnas genom blästring eller maskinslipning. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, rulle eller pensel (Hempel, 2019c).

### 9.3.4.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 108. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Hempadurfärg och nedsänkning är aktuellt. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-10	54
0	27
20	6

Tabell 109. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	14

Tabell 110. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
250	200	0,4

### 9.3.4.3 Hempadur Avantguard 770

Hempadur Avantguard 770 är en zinkberikad epoxifärg av tvåkomponentstyp, som är speciellt utvecklad för offshore-miljö. Färgen påverkas enligt Hempel inte avsevärt av temperaturförändringar och bibehåller sin förmåga att utstå stötar och nötning. Färgen har även i någon en förmåga att självläka vissa mindre sprickor samt ger ett katodiskt skydd. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 1, NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A samt NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7B. Dess volymtorrhalt är  $66 \pm 2$  och VOC är  $328 \frac{\text{g}}{\text{L}}$  (Hempel, 2019d).

### 9.3.4.4 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation bör saltrester rensas bort med antingen högtrycksrengöring och i vissa fall blästring. Gamla korrosionsprodukter skall avlägsnas genom blästring eller maskinslipning. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, luftspruta, rulle eller pensel (Hempel, 2019d).

### 9.3.4.5 Torktider och skiktthöjningar

Tabell 111. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Hempadurfärg som uppfyller de krav som ställ enligt NORSOK-standard och nedsänkning är aktuellt. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
0	2
20	1
30	0,75

Tabell 112. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktthöjning 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
10	14

Tabell 113. Visar rekommenderade skiktthöjningar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
90	60	11

### 9.3.5 Hemplathane HS 55610

Hemplathane HS 55610 är en akrylpolyuretanfärg med alifatisk isocyanathärdare som är förstärkt med zinkfosfat. Den används främst som täckfärg i omgivningar med mycket hög korrosivitet och rekommenderas i kombination med Hempadur Avantguard 770 och Hempadur 35560. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A. Dess volymtorrhalt är  $67 \pm 2$  och VOC är  $377 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Hempel, 2019e).

#### 9.3.5.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation skall ytan slipas till  $St3$  alternativt blåstras till  $Sa\ 2$ . Förekommer korrosionsskador skall ytan vatten eller våtblåstras för att avlägsna saltrester. Torrbåstring kan användas om högtryckstvätt med färskvatten används efteråt. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta, luftspruta, rulle eller pensel (Hempel, 2019e).

#### 9.3.5.2 Torktider och skiktthöjningar

Tabell 114. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Hemplathanfärg. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
----	--------

-10	30
0	18
20	6

Tabell 115. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[dagar]
20	7

Tabell 116. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
150	100	9,7

### 9.3.6 Hempadur Multi-Strenght 35840

Hempadur Multi-Strenght 35840 är polyaminhärad epoxifärg som är lösningsmedelsfri och förstärkt med glasfiber. Den har god förmåga att utvärda mekaniska påfrestningar i såväl färskvatten som havsvatten. Den rekommenderas för att skydda pålar och andra offshore-strukturer i såväl skvalpzon som under vattenytan. Den ingår emellertid inte i Hempels standardssortiment och görs tillgänglig enligt avtal. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7A och NORSOK M-501, edition 6, system nos. 7B. Dess volymtorrhalt är  $98 \pm 2$  och VOC är  $22 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Hempel, 2019f).

#### 9.3.6.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation skall ytan slipas till  $St3$  alternativt blåstras till  $Sa2$ . Förekommer korrosionsskador skall ytan vatten eller våtblästras för att avlägsna saltrester. Torrblästring kan användas om högtryckstvätt med färskvatten används efteråt. Färgen kan appliceras med högtrycksspruta eller pensel. Färgen övermålas i regel med sig själv. I vissa fall används Hempadur 15590 (Hempel, 2019f).

#### 9.3.6.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 117. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv eller Hempadur 15590. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
10	20

20	8
30	4

Tabell 118. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Hempel, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[dagar]
20	7

Tabell 119. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Hempel, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
300	300	3,3

## 9.4 International

### 9.4.1 Intershield 300

INTERSHIELD 300 är en tvåkomponents epoxifärg förstärkt med aluminiumpigment. Den är utvecklad för att ge ett barriärskydd i offshoremiljö med goda mekaniska egenskaper och rekommenderas till konstruktioner som befinner sig såväl över som under vattenlinjen. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501 System 3B. Dess volymtorrhalt är  $60 \pm 2$  och VOC är  $318 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (International, 2015a).

#### 9.4.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation skall ytan slipas till  $St3$  alternativt blåstras till  $Sa2$ . Förekommer korrosionsskador skall ytan vatten eller våtblåstras för att avlägsna saltrester. Torrblåstring kan användas om högtryckstvätt med färskvatten används efteråt. Högtrycksspruta rekommenderas men pensel eller roller kan användas vis mindre ytor (International, 2015a).

#### 9.4.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 120. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig. Tabell baserad på data från (International, 2015a) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
-5	14

5	9
15	8
25	7
40	3

Tabell 121. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (International, 2015a) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[dagar]
20	7

Tabell 122. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2015a) vilka bearbetats av författaren.

Våt	Torr	Teoretisk sträckförmåga
$[\mu\text{m}]$	$[\mu\text{m}]$	vid 150 $\mu\text{m}$ $[\frac{\text{m}^2}{\text{L}}]$
167	100	4
333	200	

## 9.4.2 Interzone 1000

Interzone 1000 är en tvåkomponents epoxifärg förstärkt med glasflakes. Färgen har mycket goda mekaniska egenskaper och används bland annat som korrosionsskydd vid vågbrytare och offshore-konstruktioner. Färgen är kompatibel med såväl offeranoder som påtryckt ström. Färgen kan kombineras med Interzone 954 eller Interzone 954 GB som täckfärg. Den är certifierad i enlighet med de krav som gäller för NORSOK M-501 System 3B. Dess volymtorrhalt är  $92 \pm 2$  och VOC är  $70 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ .

### 9.4.2.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blästras till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Befintlig färg skall vara ren och torr. Vid underhåll och reparation skall ytan slipas till  $St3$  alternativt blästras till  $Sa2$ . Förekommer korrosionsskador skall ytan vatten eller våtblästras för att avlägsna saltrester. Torrblästring kan användas om högtryckstvätt med färskvatten används efteråt. Vid applicering används högtrycksspruta, konventionell spruta samt pensel. Pensel bör endast användas till små ytor och bättringsmålning (International, 2015b).

### 9.4.2.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 123. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Interzone 954. Tabell baserad på data från (International, 2015b) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
--------------------	--------

10	26
15	18
25	12
40	5

Tabell 124. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (International, 2015b) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[dagar]
20	7

Tabell 125. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2015b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 500 $\mu\text{m}$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
543	500	1,8
1087	1000	

### 9.4.3 Interzone 485

Interzone 485 är en tvåkomponents epoxifärg som går att applicera i mycket tjocka skikt. 3000  $\mu\text{m}$  skiktjocklek är möjlig med högtrycksspruta. Färgen har förutom god vidhäftningsförmåga mycket goda mekaniska egenskaper och används bland annat som korrosionsskydd vid kajer i skvalpzon och offshore-konstruktioner. Färgen är kompatibel med såväl offeranoder som påtryckt ström. Färgen kan kombineras med Interzone 954 som täckfärg. Dess volymtorrhalt är  $99 \pm 2$  och VOC är  $38 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (International, 2016a).

#### 9.4.3.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel. Pensel bör endast användas vid ytor vilka är mindre än 0,1 kvadratmeter (International, 2016a).

#### 9.4.3.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 126. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

$^{\circ}\text{C}$	Tid[h]
10	72
15	36
25	24
40	12

Tabell 127. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (International, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 128. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2016a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 1000 $\mu m$ [ $\frac{m^2}{L}$ ]
1010	1000	0,99
3030	3000	

#### 9.4.4 Interzone 505

INTERZONE 505 är en tvåkomponents epoxifärg förstärkt med glasflingor. Färgen används som korrosionsskydd vid stänkbzoner inom offshore-verksamhet. Dess volymtorrhalt är  $90 \pm 2$  och VOC är  $38 \frac{g}{l}$  (International, 2015c).

##### 9.4.4.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Vid applicering används högtrycksspruta, konventionell, roller, spruta eller pensel (International, 2015c).

##### 9.4.4.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 129. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2015c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	28
15	14
25	6

Tabell 130. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (International, 2015c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 131. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2015c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 400 $\mu\text{m}$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
333	300	2,25
556	500	

### 9.4.5 Interzone 762

Interzone 762 är en tvåkomponents styrenfri och glasförstärkt polyesterbaserad färg. Färgen är utvecklad för användning inom offshore-industri och petrokemisk verksamhet. Den är även lämpad som underhållsfärg. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $17 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (International, 2015d).

#### 9.4.5.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2 $\frac{1}{2}$ . Vid applicering används högtrycksspruta, tvåkomponentsspruta eller pensel (International, 2015d).

#### 9.4.5.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 132. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2015d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	7
15	7
25	7
40	5

Tabell 133. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (International, 2015d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 134. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2015d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 500 $\mu\text{m}$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
588	500	1,7
882	750	

## 9.4.6 Interzone 954

Interzone 954 är en tvåkomponents epoxifärg som klarar av att härda efter nedsänkning i vatten. Färgen är utvecklad för underhållsmålning vid tidvattenzon inom offshore-industri samt pirer och kan appliceras på lätt korroderade samt fuktiga ytor. Färgen kan användas som täckfärg till Interzone 485 samt Interzone 1000. Dess volymtorrhalt är  $85 \pm 2$  och VOC är  $151 \frac{g}{l}$  (International, 2018)

### 9.4.6.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2\frac{1}{2}$ . Vid applicering används högtrycksspruta, tvåkomponentsspruta, rulle eller pensel (International, 2018).

### 9.4.6.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 135. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2018) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	48
5	40
10	16
25	5,5
40	3

Tabell 136. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek  $100 \mu m$ . Tabell baserad på data från (International, 2018) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 137. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2018) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid $500 \mu m [\frac{m^2}{l}]$
294	250	1,7
588	500	

## 9.4.7 Interzone 101

Interzone 101 är en tvåkomponents epoxifärg utan lösningsmedel som kan appliceras under vattenytan. Färgen är utvecklad för underhållsmålning och

reparation av strukturer vid skvalpzon samt under vattenytan och är särskilt lämpad för målning med hand. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $0 \frac{g}{l}$  (International, 2003).

#### 9.4.7.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . För applicering under vattenytan skall ytan maskinslipas. Vid applicering används högtrycksspruta, tvåkomponentsspruta, rulle eller pensel (International, 2003).

#### 9.4.7.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 138. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2003) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	48
5	40
10	16
25	5,5
40	3

Tabell 139. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek  $100 \mu m$ . Tabell baserad på data från (International, 2003) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 140. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2003) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid $6000 \mu m [\frac{m^2}{L}]$
6000	6000	0,17

### 9.4.8 Interzone 2000

Interzone 2000 är en tvåkomponents polyesterbaserad färg förstärkt med glasflingor som går att applicera i tjocka skikt. Färgen kan användas vid såväl nymålning som underhållsmålning och lämpar sig för användning i miljöer med hög korrosivitet. Dess volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $29 \frac{g}{l}$  (International, 2016b).

#### 9.4.8.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . För applicering under vattenytan skall ytan maskinslipas. Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel (International, 2016b).

#### 9.4.8.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 141. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2016b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	7
15	7
25	7
35	5

Tabell 142. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (International, 2016b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 143. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2016b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 500 $\mu m$ [ $\frac{m^2}{l}$ ]
588	500	1,7
1176	1000	

#### 9.4.9 Interzone 954 BG

Interzone 954 BG är en tvåkomponents epoxifärg med barriärskyddande förmåga. Färgen är särskilt avsedd för underhåll och reparation av strukturer i skvalpzoner där färg enbart kan appliceras med pensel eller rulle. Färgen har förmåga att härda även under vattenytan efter nedsänkning och kan appliceras på fuktiga ytor. Kan användas som täckfärg till Interzone 1000. Dess volymtorrhalt är  $87 \pm 2$  och VOC är  $122 \frac{g}{l}$  (International, 2009b).

#### 9.4.9.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Vid underhållsmålning på målade ytor kan smuts avlägsnas med en borste varpå saltrester tvättas bort

med färskvatten. Vid applicering används rulle eller pensel (International, 2009b).

#### 9.4.9.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 144. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2009b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	24
15	18
25	8
35	3

Tabell 145. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktthjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (International, 2009b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 146. Visar rekommenderade skiktthjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2009b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 200 $\mu\text{m}$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
230	200	4,4
345	300	

#### 9.4.10 Interzone 954 GF

Interzone 954 GF är en i likhet med Interzone 954 GF en tvåkomponents epoxifärg med barriärskyddande förmåga. Interzone 954 GF är förstärkt med glasflingor, vilket ger bättre barriäregenskaper och ökad förmåga att klara av mekanisk påverkan. Färgen är avsedd att skydda bland annat kajer och pirer i skvalpzonen. Kompatibiliteten med katodiska skyddssystem är mycket god. Kan användas som täckfärg till Interzone 1000 och som grundfärg till Interzone 954 GF. Dess volymtorrhalt är  $85 \pm 2$  och VOC är  $148 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (International, 2020).

##### 9.4.10.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att befintlig färg tvättas. Vid applicering används högtrycksspruta, konventionell spruta, pensel eller rulle (International, 2020).

### 9.4.10.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 147. Visar tid för minsta övermålningsintervall. Tabell baserad på data från (International, 2020) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
-5	48
5	40
10	16
25	5,5
40	3

Tabell 148. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (International, 2020) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
20	7

Tabell 149. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (International, 2020) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga vid 500 $\mu\text{m}$ [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
235	200	1,7
588	500	

## 9.5 Teknos

### 9.5.1 Teknoplast HS 150

Teknoplast HS 150 är en tvåkomponents epoxifärg. Den används användas som grundfärg och täckfärg. Dess vidhäftning beskrivs som och färgen kan användas vid underhållsmålning. Färgen klarar nedsänkning i såväl vatten som jord och beständigheten mot kemiska påfrestningar är god. Med en särskild härdare, Teknozinc SE Winter hardener 7212, kan färgen härda under 10 °C .Dess volymtorrhalt är  $50 \pm 2$  och VOC är  $300 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019a).

#### 9.5.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel (Teknos, 2019a).

### 9.5.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 150. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv för användning under vattenytan. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	36
23	16

Tabell 151. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 152. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019a) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
114	80	8,8
143	100	7
214	150	4,7

## 9.5.2 Teknozinc 80 SE

Teknozinc 80 SE är en tvåkomponents lösningsmedelsbaserad epoxifärg med 80% procent zinkpigmentering. Den används i målningsystem med antingen epoxi eller polyuretan. Färgen klarar av nedsänkning i vatten och beständigheten mot väderrelaterade laster beskrivs som god. Med en särskild härdare, Teknozinc SE Winter hardener, kan färgen härda under 10 °C. Dess volymtorrhalt är  $50 \pm 2$  och VOC är  $450 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019b).

### 9.5.2.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel. Kan täckas med Teknoplast HS 150 (Teknos, 2019b).

### 9.5.2.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 153. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv eller Teknoplast HS 150. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	6
23	1

Tabell 154. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 155. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019b) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
80	40	12,5
120	60	8,3

### 9.5.3 Teknozinc 3480 SE

Teknozinc 3480 SE är en zinkberikad tvåkomponents lösningsmedelsbaserad epoxifärg. Zinkhalten är över 80%. Den används som grundfärg i system med epoxi eller polyuretan. Dess volymtorrhalt är  $66 \pm 2$  och VOC är  $300 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . (Teknos, 2019c)

#### 9.5.3.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel. Kan täckas med Teknoplast HS 150 eller Inerta 51 MIOX (Teknos, 2019c)

#### 9.5.3.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 156. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv alternativt Teknoplast HS 150 eller Inerta 51 MIOX. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	6

Tabell 157. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 40  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 158. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019c) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
121	80	8,2

## 9.5.4 Teknomastic 80 Primer

Teknomastic 80 Primer är en tvåkomponents epoxifärg. Lösningsmedelshalten är låg. Den används som grundfärg eller som ett enskiktssystem då kemisk och hög mekanisk beständighet efterfrågas. Den rekommenderas även som mellanskikt i ett system med zinkberikad epoxi som grundfärg. Färgen kan även användas vid underhållsmålning och med vinterhärdare Teknomastic Winter Hardener 7275 kan färgen appliceras vid temperatur understigande 10 °C. Färgen har följande certifikat: NORSOK M-501:2012 (Edition 6) system 1, NORSOK M-501:2012 (Edition 6) system 7A och NORSOK M-501:2012 (Edition 6) system 7B. Dess volymtorrhalt är  $82 \pm 2$  och VOC är  $200 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . Med vinterhärdare är VOC är  $190 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019d).

### 9.5.4.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering används högtrycksspruta eller pensel. Kan täckas med Teknoplast HS 150 (Teknos, 2019d).

### 9.5.4.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 159. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019d) vilka bearbetats av författaren

°C	Tid[h]
10	8
23	4

Tabell 160. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv vid användning av vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019d) vilka bearbetats av författaren

°C	Tid[h]
-5	24
0	24
10	10
23	4

Tabell 161. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Teknoplast HS 150. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	10
23	4

Tabell 162. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 163. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019d) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
97	80	10,2
121	100	8,2
182	150	5,5
243	200	4,1
280	230	3,6

### 9.5.5 Inerta 165

Inerta 165 är en tvåkomponents beläggning av epoxikaraktär. Lösningssmedelshalten är låg. Den används som skydd vid nedsänkning i vatten. Vidhäftningen beskrivs som god och förmågan att klara nötning beskrivs som mycket god. Versionen Inerta 165-02 är en snarlik variant med skillnaden att härdningstiden är kortare och större skiktjocklek medges. Volymtorrhalt är  $92 \pm 2$  och VOC är  $100 \frac{\text{g}}{\text{l}}$ . För Inerta 165-02 är volymtorrhalt  $94 \pm 2$  och VOC  $70 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019e).

#### 9.5.5.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara

ruggad. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning (Teknos, 2019e).

### 9.5.5.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 164. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019e) vilka bearbetats av författaren

°C	Tid[h]
10	10
23	6

Tabell 165. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Inerta 165-02 och vinterhärdare. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
5	24
10	9
23	5

Tabell 166. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019e) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 167. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019e) vilka bearbetats av författaren

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
215	200	4,6
270	250	3,7
320	300	3,1
425	400	2,4
280	230	3,6

### 9.5.6 Inerta 270

Inerta 270 är en tvåkomponents epoxibeläggning. Lösningmedelshalten är låg. Den används som invändigt skydd vis bassänger samt cisterner och dess resistens mot kemikalier beskrivs som god. Volymtorrhalt är  $75 \pm 2$  och VOC är  $200 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2017).

### 9.5.6.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning (Teknos, 2017).

### 9.5.6.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 168. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv. Tabell baserad på data från (Teknos, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	24
23	12

Tabell 169. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 170. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2017) vilka bearbetats av författaren

Våt [ $\mu m$ ]	Torr [ $\mu m$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{m^2}{L}$ ]
200	150	5
333	250	3

## 9.5.7 Inerta 280

INERTA 280 är en tvåkomponents epoxibeläggning. Lösningssmedelshalten är låg. Den används vid nedsänkning av objekt i epoxibaserade system då höga krav ställs på mekanisk hållbarhet. De har god förmåga att klara av saltlösningar. Volymtorrhalt är  $96 \pm 2$  och VOC är  $50\frac{g}{l}$  (Teknos, 2019f).

### 9.5.7.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning (Teknos, 2019f).

### 9.5.7.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 171. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019f) vilka bearbetats av författaren

°C	Tid[h]
10	6
23	3

Tabell 172. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktthjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 173. Visar rekommenderade skiktthjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019f) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
260	250	3,8
416	400	4,2
520	500	1,9
625	600	1,6

## 9.5.8 Teknomastic Combi 80-500

Teknomastic Combi 80-500 är en tvåkomponents epoxifärg.

Lösningsmedelshalten är låg. Den används vid nedsänkning av objekt i epoxibaserade system då höga krav ställs på mekanisk hållbarhet. Färgen rekommenderas som grund eller täckfärg på blåstrade stålytor samt som mellanskikt eller täckskikt då grundfärgen består av zinksilikat eller zinkberikad epoxifärg. Den kan användas vid underhållsmålning och kan appliceras på ytor av grad *St2*. Volymtorrhalt är  $80 \pm 2$  och VOC är  $200 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019g).

### 9.5.8.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till *Sa 2 $\frac{1}{2}$* . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid viss underhållsmålning kan ytan vattenblåstras. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning. Färgen kan täckas med Teknoplastserien (Teknos, 2019g).

### 9.5.8.2 Torktider och skiktjocklekar

Tabell 174. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv och Teknoplastserien. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019g) vilka bearbetats av författaren

°C	Tid[h]
10	8
23	4

Tabell 175. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019g) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 176. Visar rekommenderade skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019g) vilka bearbetats av författaren.

Våt [ $\mu\text{m}$ ]	Torr [ $\mu\text{m}$ ]	Teoretisk sträckförmåga [ $\frac{\text{m}^2}{\text{l}}$ ]
121	100	8,2
182	150	5,5
243	200	4,3

### 9.5.9 Inerta 160

Inerta 160 är en tvåkomponents epoxifärg med låg kvantitet lösningsmedel. Den har god vidhäftning till blåstrade ytor och kan appliceras i ett 500  $\mu\text{m}$  tjockt skikt. Beständigheten mot mekaniskt slitage däribland is är mycket god och färgen rekommenderas för användningar vid pålar och kajer som är nedsänkta i vatten. Volymtorrhalt är  $96 \pm 2$  och VOC är  $40 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019h).

#### 9.5.9.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid viss underhållsmålning kan ytan vattenblåstras. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning. Färgen kan täckas med Teknoplastserien (Teknos, 2019h).

### 9.5.9.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 177. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv och Teknoplastserien. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019h) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	8
23	4

Tabell 178. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktthjocklek 100  $\mu\text{m}$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019h) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

Tabell 179. Visar rekommenderade skiktthjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019h) vilka bearbetats av författaren.

Våt	Torr	Teoretisk sträckförmåga
[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\mu\text{m}$ ]	[ $\frac{\text{m}^2}{\text{L}}$ ]
520	500	1,9

### 9.5.10 Infralit EP 8024

Infralit EP 8024 är en pulverfärg baserat på epoxiharts och fenolhårdare. Den används främst inom tyngre metallindustri och dess mekaniska egenskaper beskrivs som mycket goda. Färgen rekommenderas då lång hållbarhet önskas vid nedsänkning i vatten. Volymtorrhalt är  $100 \pm 2$  och VOC är  $40 \frac{\text{g}}{\text{l}}$  (Teknos, 2019i).

#### 9.5.10.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till Sa 2  $\frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg förutsatt att ytan är ren och torr. Gammal färg skall även vara ruggad. Vid viss underhållsmålning kan ytan vattenblåstras. Vid applicering rekommenderas tvåkomponentsspruta. Pensel kan användas vid fläckvis målning. Färgen kan täckas med Teknoplastserien (Teknos, 2019i).

#### 9.5.10.2 Torktider och skiktthjocklekar

Tabell 180. Visar tid för minsta övermålningsintervall med sig själv och Teknoplastserien. Tabell baserad på data från (Teknos, 2019i) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
10	8
23	4

Tabell 181. Visar tid som krävs för att färgen skall vara klar för användning vid 50% relativ luftfuktighet och torr skiktjocklek 100  $\mu m$ . Tabell baserad på data från (Teknos, 2019i) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[dagar]
23	7

## 9.6 Introteknik

### 9.6.1 Isotrol klarlack grund

Isotrol klarlack grund är en yttolerant alkydfärg med linolja med mycket god inträngningsförmåga som används då optimala förberedelser inte är möjliga, exempelvis svårrengjorda konstruktioner eller objekt med en mängd komplicerade spalter eller nitar. Färgen rekommenderas i de fall den befintliga färgen inte bör eller kan avlägsnas. Färgen kan appliceras i temperaturintervallet 5°C till 45°C. Volymtorrhalt är  $47 \pm 2$  och VOC är  $460 \frac{g}{l}$ . Isotrol klarlack grund används tillsammans med Temadur 50 och Isomasticserien i ett hybridssystem som rekommenderas vid korrosiv miljö (Introteknik AB, 2017).

#### 9.6.1.1 Applicering och kompatibilitet

Vid applicering på kolstål skall ytan blåstras till  $Sa 2 \frac{1}{2}$ . Färgen kan användas som underhållsfärg. Vid äldre målade ytor rekommenderas manuell rengöring till St2 följt av högtryckstvätt eller vattenblästring. För målade ytor utan korrosionsprodukter rekommenderas högtryckstvätt eller alkalisk avfettning. Vid målade ytor som är utsatta för kraftiga korrosionsangrepp bör grundmålning ske två gånger alternativt tills ytan mättats och ett blankt skikt erhållits. Vid applicering används högtrycksspruta, pensel eller rulle. Färgen är kompatibel med Temadur 50 och Isomasticserien (Introteknik AB, 2017).

#### 9.6.1.2 Torktider och skiktjocklekar

Rekommenderad skiktjocklek är mellan 12  $\mu m$  till 15  $\mu m$ . Teoretisk sträckförmåga är mellan  $12 \frac{m^2}{L}$  till  $15 \frac{m^2}{L}$  (Introteknik AB, 2017).

Tabell 182. Visar tid för minsta övermålningsintervall med Isomasticserien. Tabell baserad på data från (Introteknik AB, 2017) vilka bearbetats av författaren.

°C	Tid[h]
23	8



## 10 Tester

Utvärdering av en färgs eller målningsystemens effektivitet sker antingen i fält eller i ett laboratorium. Tester i fält kan pågå under flera års tid medan laborietester i regel är accelererade (Jones, 2014) Med accelererade menas att en faktor som har nedbrytande inverkan på färgen ökas i intensitet. De vanligast förekommande faktorerna är termisk last, fukt, UV-strålning samt kemiska angrepp. Med kemisk avses oftast salt men även andra kemikalier. Målet med utvärderingar är att undersöka antingen ifall en färg kan anses vara tillräckligt skyddande eller hur korrosionsskyddet utvecklas med tiden (Forsgren, 2016).

### 10.1 Test i laboratorium

Målet med accelererade tester i laboratorium är alltså att efterlikna belastningen i fält fast under kortare tid (Schweitzer, 2010). Vid ett test utsätts färgen för en belastande faktor under en viss tid. Eftersom en belastning har ökat i intensitet relativt verkliga förhållanden måste tiden kortas ned. Kortas inte tidsintervallen blir resultaten missvisande. Det går dock inte att öka intensiteten i alltför stor utsträckning, eftersom ju mer intensiteten höjs desto mindre avspeglas de förhållanden som verkligen råder i fält (Forsgren, 2016). Lasterna får inte heller intensifiera i sådan utsträckning att de ändrar korrosionsprocessen, undantaget en ökning takten hos korrosionen. Betraktas tester som går ut på att höja temperaturen inses att det inte enbart påverkar miljön utan även färgens egenskaper på ett onaturligt sätt. Därför kan två olika sätt prestera olika under accelererade villkor, när de i egentligen kan vara fullt likvärdiga under normala omständigheter. För att kunna dra rätt slutsatser i samband med ett test måste man inte bara känna kvantiteterna hos påfrestningarna som färgen utsätts för i form av exempelvis fukt och UV-strålning i den tänkta miljön. Man behöver även ha kunskap om hur färgens beståndsdelar påverkas av dessa. Ett laborietest kan alltså utreda en färgs förmåga att hantera enskilda belastningar. Det är däremot svårare att få information om färgens förmåga under en längre period (Forsgren, 2016)

#### 10.1.1 Fukttester

Eftersom såväl fuktens form som fukthalt varierar från plats till plats är det svårt att genomföra ett generellt test som lika gångbart för många ställen. En plats kan ha större del vattenånga i luften vatten medan en annan plats kan ha omvända kvantiteter. För en och samma plats varierar dessutom ånghalten med årstider och tid på dygnet. Det är viktigt att notera skillnaden mellan de båda formerna eftersom ånga i luften är en gas medan havsvatten och kondens är flytande vätskor, där ånga antas ha större inverkan på färgen än vatten i vätskefas. Fukten skiftar även mellan ånga och vätska i färgen. Eftersom färger är porösa material upptas fukt hygroskopiskt via porer. Porerna har i de flesta fall uppstått till följd av det hålrum som uppstår då ett lösningsmedel torkar. Det har också förslagits att vattenmolekyler letar sig in i färgen genom hålrummet mellan pigmenten och bindemedlet. Mellan bindemedlet och färgens pigment, vilka ligger dikt an motvarandra, finns ingen kemisk bindning. Detta gör att vattenmolekyler kan röra sig förbi de båda (Forsgren, 2016).

### 10.1.1.1 Test med saltdimma och nedsänkning i vatten

Tester med saltdimma är en vanlig metod. I de flesta fall görs en reva i färgen och provet placeras i en kammare som säkerställer önskade förhållanden, därefter sprayas färgen med salthaltigt vatten. Efter en viss tid bildas kondens längs färgens yta, vilket till slut efterliknar nedsänkning i vatten. Slutligen studeras i vilken utsträckning färgen påverkats längs revan. Ett alternativ till test med saltdimma är nedsänkning i vatten med en viss salinitet. Även här förses färgprovet med en reva. Provet sänks ned i vattnet, varpå det sedan tillåts torka i rumstemperatur, för sedan exponeras för en förhöjd temperatur och hög relativ fuktighet under cirka 20 timmar. Proceduren upprepas cykliskt (Jones, 2014). En halt på 76% relativ fuktighet är vad som krävs för att koksalt skall bli löst och anta flytande form. Under vissa villkor bildas en hinna med det lösta saltet. Det innebär att man vid tester, i de fall man inte sköljer bort saltet, bör räkna tiden som våt redan vid 76% relativ fuktighet (Forsgren, 2016).

### 10.1.2 Torkning

Torkning anses vara av samma vikt som fukt, men ofta förbisett och tester tenderar en övervikt ligga mot utvärdering av vattenmättnad på bekostnad av torkningsprocessen. Då ett material fylls med vatten sker absorption medan den motsatta processen kallas desorption. Det kan råda stor skillnad i hastighet mellan de båda fenomenen för ett och samma material. Två material kan ha snarlika absorptionsförlopp men skilja sig markant under desorptionen. Detta gäller även färger. I de fall de testvillkoren är accelererade bör detta beaktas. I samband med ett nedsänkningstest är det fullt möjligt att prov inte hunnit torka i lika stor utsträckning som ett annat innan det är dags för att åter utsättas för fukt, varför resultaten då blir missvisande. Under ett försök studerades bland annat en alkydfärg, en linoljebaserad färg samt en epoxifärg. De tillåts torka under 6 timmar varpå de sedan åter fuktades under lika lång tid. Under testen noterades att epoxifärgen inte hann torka medan den hunnit fyllas till 100% med fukt, medan linoljemotsvarighetens beteende var det motsatta. Forskning tyder på att korrosionstakten är som högst under desorptionen. Allra intensivast är korrosionen under torkningens slutfas. Hos järn antas 80% till 90% av den atmosfäriska korrosionen äga rum i denna fas. Orsaken till detta är det minskande vattenskiktet längs ytan. Ett tunt lager vatten gör det enklare för syre att ta sig till ytan samtidigt som den lilla bestående mängden vatten är elektrolyt. Avvikelsen i mellan två färgers sorptionsförlopp har lagts fram som en tänkbar förklaringsmodell till varför en jämförelse under accelererade villkor kan frambringa den diametralt motsatta slutsatsen jämfört med tester utförda under verkliga villkor (Forsgren, 2016).

### 10.1.3 Temperaturens inverkan

Förändringar i temperatur innebär olika nivåer av tillgänglig energi. Vid accelererade tester sker förloppen snabbare i de fall mer energi finns att tillgå. Vad angår korrosionförloppet ändrar inte temperaturväxling själva anod- och katodreaktion. Däremot påskyndas reaktionen. Egenskaperna hos bindemedlet förändras dock med varierande temperatur i synnerhet då temperaturen är högre än  $T_g$ . Beteendet hos en färg vid  $T_g$  avspeglar inte det förväntade beteendet vid användning under verkliga förhållanden. Därför bör man undvika att testa färger i närheten av deras glasomvandlingstemperatur (Forsgren, 2016).

### **10.1.4 Ultraviolett strålning**

Vissa färger är känsligare för ultraviolet strålning än andra och dess inverkan på färgen under en längre spelar stor roll för färgens prestanda. UV-strålningen har ingen aktiv del i ett korrosionsförlopp, annat än att den försvagar färgens egenskaper. Test med UV-strålning ger bara informationen om huruvida färgen klarar strålningen eller ej. Eftersom vissa färger med säkerhet redan konstaterats vara känsliga mot UV-strålning ifrågasätts nyttan med att lägga resurser på upprepade tester (Forsgren, 2016).

### **10.1.5 Mekanisk påkänning**

Till mekanisk påkänning hör bland annat stötar, nötning och skrapning. I likhet med UV-strålningen deltar de inte aktivt i korrosionsprocessen men fungerar snarare som en möjliggörare av korrosion då de påverkar en färgs korrosionsskydd. Huruvida mekaniska tester är viktiga är i någon grad beroende av den tänkta användningen av färgen. Färger avsedda för omgivningar där stötar och nötning är vanligt förekommande bör utvärderas med avseende på mekanisk påkänning (Forsgren, 2016).

## **10.2 Test i fält**

Tillvägagångssätten för tester i fält är något mer omväxlande jämfört med de accelererade laborietesterna. Oftast sker de genom att prover med ett målningsystem placeras på platser som är av intresse för undersökningen. Inspektion av proverna sker i regel periodiskt (Jones, 2014). Tester kan också utföras på särskilda anläggningar som är avsedda för korrosionstester. De påminner i stor utsträckning om fälttesterna (Bardal, 2014).

# 11 Inventering av undersökningar

Det finns en stor mängd olika tester och tillvägagångssätt för att undersöka rostskyddsmålning, vissa är mer vanliga än andra. Gemensamt för merparten är att de följer någon form av standard. Förtjänster med att testa enligt en standard är inte enbart ett säkerställande av kvalitet utan även underlättning av jämförbarhet då resultat från olika tester ställs mot varandra. Internationella standardiseringsorganisationen, förkortat ISO där Sveriges nationella standardiseringsorgan är medlem, har ett tagit fram standardiserade tillvägagångssätt för olika typer av tester (Svenska institutet för standarder, u.å.). I ett sådant dokument avhandlas oftast ett specifikt moment, exempelvis test av hårdighet mot fukt. Det finns även några bredare standarder som inte enbart anger testförfarande för olika typer av belastningar utan även rutiner för applicering och inspektion (Forsgren, 2016). NORSOK är en norsk samling med standarder som är framtagen av den norska petrokemisk industrin för att bland annat öka säkerheten inom oljeindustrin samt öka den ekonomiska avkastningen (Standard Norge, 2019). De har även utvecklat rutiner för testning av såväl korrosion som målningsystem, där färgen utsätts för både UV-strålning som saltspray (Forsgren, 2016). Testet försöker efterlikna villkoren som råder till havs utanför de norska kusterna och anses ställa mycket höga krav på de färger som testas (Björk, 2020). De koordinerar även regelbundet med ISO (Standard Norge, 2019). ASTM är en standardiseringsorganisation med säte i USA. Deras standard ASTM D5894 innehåller rutiner för tester som utvärderar saltvattens inverkan på färger samt UV-beständighet (Forsgren, 2016).

## 11.1 Avskavningstest för organiska målningsystem

En undersökning genomförd av Muehlhan AG, en tysk koncern med inriktning mot korrosionsskydd inom marin industri, i samarbete med Fraunhofer Institute for Manufacturing and Advanced Materials Research och Fraunhofer Application Center for Large Structures in Production Engineering. Fraunhofer Institute är Europas största institut för tillämpad forskning samt ett av Europas mest betydelsefulla forskningsinstitut inom bland annat vidhäftning. Testet var en del av ett tyskt statsfinansierat projekt. Avsikten var att undersöka mekanisk belastning i form av skavning vid 0C och 20c, vilket inte skett förut enligt författaren (Momber, Irmer, Glück, & Plagemann, 2015).

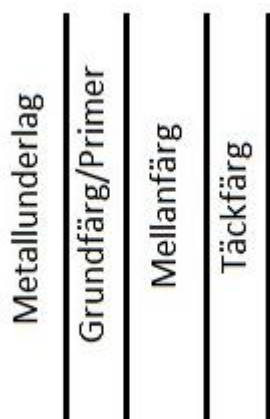
### 11.1.1 Målningsystem och förberedelse

Testlaget valde sex olika system av generisk typ som tilldelades nummer mellan 1 till 6. Systemen var enligt författaren till testrapporten lämpliga för skvalpzonen C5-M och Im-2. De skiljdes sig åt sinsemellan med avseende på bland annat densitet, hårdmedel och skiktjocklek. Enligt rapportens författare applicerades färgerna i enlighet med färgtillverkarnas anvisning. Metallunderlaget blåstrades till en råhet mellan  $R_z=50 \mu m$  och  $R_z=75 \mu m$  (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015)

#### 11.1.1.1 Provernas skiktindelning

Prov 1 bestod av  $400 \mu m$  grundfärg och  $400 \mu m$  mellanfärg, vilka bestod av polyaminhårdad epoxifärg, samt en täckfärg av  $400 \mu m$  alifatisk polyuretan. Prov 2 bestod av tre  $175 \mu m$  skikt polyaminhårdad epoxifärg. Prov 3 utgjordes av

50  $\mu\text{m}$  grundfärg av polyuretan följt av tre 150 skikt polyuretan. Skikt 4 bestod 500  $\mu\text{m}$  fenolhärdat epoxi, följt 40  $\mu\text{m}$  aminhärdat epoxi medan täckfärgen var av 75  $\mu\text{m}$  isocyanathärdat polyuretan. Prov 5 hade 150  $\mu\text{m}$  grundfärg av fenolhärdat epoxi, mellanfärgen var identisk med grundfärgen, medan täcksiktet utgjordes 75  $\mu\text{m}$  aminhärdat epoxi. Prov 6 bestod av tre identiska skikt av 500  $\mu\text{m}$  fenolhärdat epoxi (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015) För principiell bild över skiktindelning se figur 3.



Figur 3. Principskiss över skiktindelning. Tolkad från text hos (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015) av författaren.

### 11.1.2 Omgivning

Testerna utfördes i laboratorium och gjordes vid två olika temperaturer 0°C och 20°C (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015)

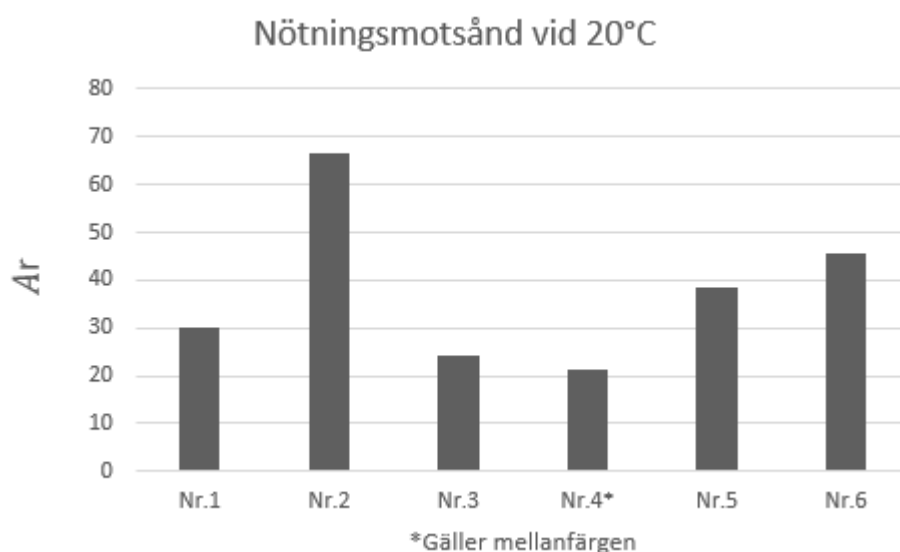
### 11.1.3 Testet

Efter att testlaget mätt det yttersta färglagrets yta på varje prov utsattes proverna för ett nötningstest. Proverna nöttes med hjälp av ett roterande nötningshjul, bestående av gummi och aluminium partiklar, tills hjulet fullbordat 2000 varv. Metoden rekommenderas enligt författarna till test av färg som skall användas i offshoremiljö. Vid vart 250:e fullbordade varv noterades den bortnötta ytan i mm. Därefter beräknades ett nötningmotstånd  $A_r$ , som är definierat enligt  $A_r = \text{varv}/\mu\text{m}$ , där ett högre värde innebär bättre nötningförmåga (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015).

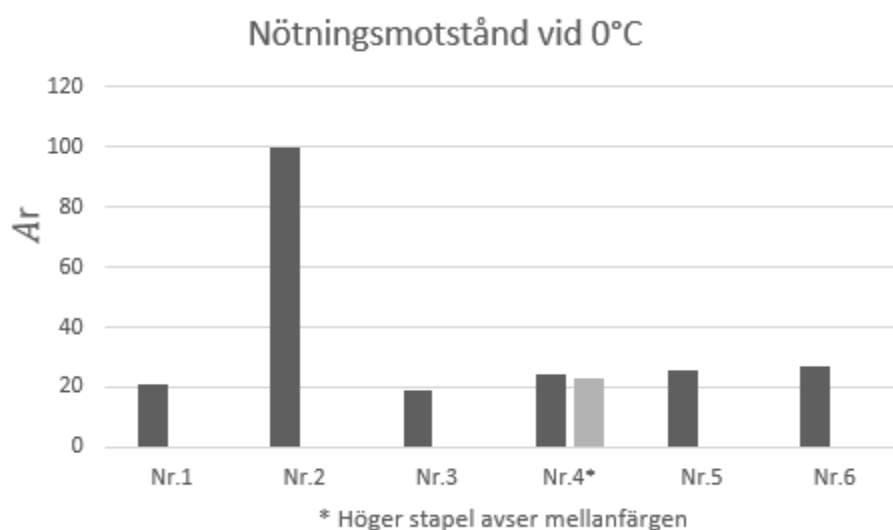
### 11.1.4 Resultat

Det kan konstateras att vid 20°C utmärkte sig prov 2 och 6 i positiv bemärkelse. Prov två visade i sammanhanget prov på synnerligen gott nötningmotstånd. Att de båda proverna presterade mycket väl noterades även av författaren till rapporten. Vid 0 °C var de även de med högst nötningmotstånd. Prov 6s plats bland de två främsta var emellertid inte lika ohotad som vid 20°C. Vidare konstaterade de att prov 2 klarade testet exceptionellt medan prov 6 ansågs vara godkänt (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015).

Tabell 183. Visar ett målningsystems förmåga att motstå nötning vid 20°C. Tabell är baserad på data från (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015), vilka har bearbetats av författaren.



Tabell 184. Visar ett målningsystems förmåga att motstå nötning vid 0°C. Tabell är baserad på data från (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015), vilka har bearbetats av författaren



### 11.1.5 Slutsatser

Det konstateras av författarna att inbördes ranking mellan proverna inte skiljde sig åt för de olika temperaturerna med avseende på  $A_r$ . Det noterades även att nötningssmotsåndet tenderade att avta vid lägre temperatur, undantaget prov 2 och prov 4 som tvärtom visade bättre förmåga att uthärda nötning. De noterade också att prov 4 påverkades minst av temperaturförändringen. Samtidigt påpekar de att nötningen nådde in till mellanfärgen hos prov 4. Det noterades även att nötning sker approximativt linjärt oaktat temperatur, samtidigt som själva nötningssmotsåndet över lag verkar vara temperaturberoende och avtagande med lägre temperaturer. Det tycks, enligt testrapportens författare,

som om sammansättningen hos fyllnadsmaterialet i färgen har stor inverkan på nötningsmotståndet vid milda temperaturer, medan den inte verkar vara lika viktig vid lägre temperaturer (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015). De föreslår noggrannare forskning i detta.

## **11.2 Fältundersökning av målningsystem till havs.**

En undersökning genomförd av Muehlhan AG och Fraunhofer Institute for Manufacturing and Advanced Materials Research. Testerna bekostades av förbundslandet Bremen i Tyskland har utvärderat vidhäftningsförmågan hos rostskyddsmålning som under tre års tid exponerats till havs. Testresultaten publicerades därefter i International Journal of Adhesion & Adhesives (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

### **11.2.1 Målningsystem och förberedelse.**

Testet bestod av totalt fyra prover, varav två bestod av organisk grundfärg medan de andra två hade ett metalliskt grundskikt genom sprutförzinkning som innehöll 85% zink och 15% aluminium (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

#### **11.2.1.1 Provernas skiktindelning**

Det en organiska systemet bestod av 80  $\mu\text{m}$  epoxiprimer med 80% zinkinnehåll med dubbla 300  $\mu\text{m}$  skikt mellanfärg av epoxi samt en 70  $\mu\text{m}$  tjock täckfärg av polyuretan. Det andra organiska provet försågs med samma primer och dubbla 450  $\mu\text{m}$  skikt mellanfärg av epoxi. Ytterligare täckfärg saknades. Skiktjocklek var 750  $\mu\text{m}$  respektive 980  $\mu\text{m}$ . Det första av de metalliska bestod av 100mm sprutförzinkat grundskikt med porfyllande tillsats samt ett dubbla 450  $\mu\text{m}$  skikt epoxifärg. Det andra metalliska skiktet var identiskt med undantaget att epoxiskikten förstärktes med armerande pigment. Gemensamt för alla prover var ett underlag blåstrat stål. Förbehandlingsgraden för de organiska proverna var  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  medan de metalliska förbereddes med förbehandlingsgrad  $Sa\ 3$  (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

#### **11.2.2 Omgivning**

Testet ägde rum vid den tyska ön Helgoland i en omgivning enligt följande korrosivitetsklasser C5-M och Im2. En indelning gjordes av författarna till rapporten enligt följande: Undervattenszon, medelnivå samt skvalpzon. Undervattenszon innebar att strukturen var konstant utsatt för vatten, medan medelnivå varierar bland annat enligt tidvatten och strukturen utsätts för vatten som atmosfäriska förhållanden. Skvalpzonen innebär att ytan fuktas av såväl vågor som saltvattenstänk. Temperaturen varierade mellan 2°C till 20 °C Adhesives (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

#### **11.2.3 Testet**

I ett laboratorium sågades proverna efter att de rengjorts med hjälp av ett organiskt lösningsmedel och sandpapper varpå cylindriska provkutsar klistrades fast på provet, en kuts på ovansidan samt en på undersidan. Ett snitt skars genom skikten runt kutsen för att säkerställa att enbart arean under kutsen skulle belastas. Kraften i vidhäftningen beräknades enligt  $\sigma = F/A$ , där  $F$  betecknar den kraft då brott uppstår. Totalt utfördes sex tester per prov av

testlaget. Man uppmärksammade dessutom mellan vilka skikt vidhäftningsbrott ägde rum. Ett genomsnittsvärde i  $MPa$  beräknades för varje prov. Genomsnittsvärdet användes därefter för att tillsammans med två brottypskoefficienter  $\emptyset_1$  samt  $\emptyset_2$  för att beräkna en av testlaget definierad koefficient  $C_e$ . Koefficienterna tog hänsyn till var i färgsystemet brottet skett, alltså mellan vilka skikt färgen släppte. Enligt författarna är brott mellan metallskikt och grundfärg särskilt allvarligt i marina sammanhang och därför ger det ett större avdrag i sammanvägningen. Författarna till rapporten poängterar dock att brottets plats i målningsystemet i de flesta fall inte förtäljer något om orsaken till brottet men väl systemets svagaste länk. Slutligen beräknades  $C_e$  där korrosionen vid skrevan, brottstyperna samt brottsspänningen beaktas varpå en ytterligare parameter som tar hänsyn till rost under färgskiktet, skav samt rostbildning längs reva och färgerna kan rangordnas därefter (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

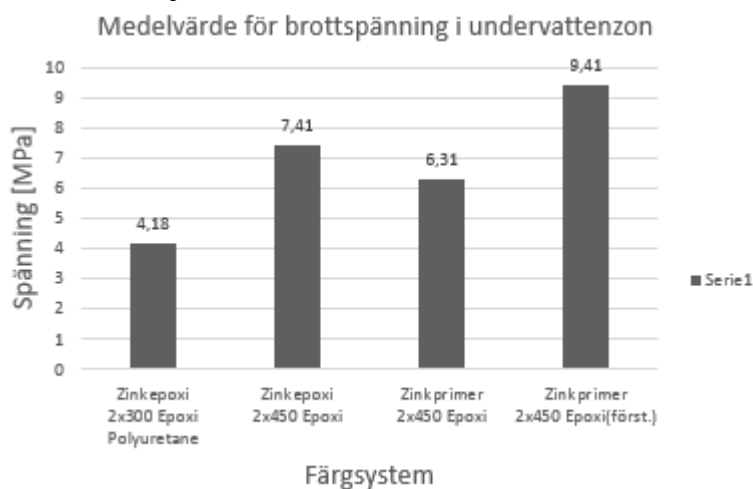
#### **11.2.4 Resultat från testerna**

Provplattorna hade även försetts med reva för att studera korrosionsangrepp på proverna. Vid testtidens slut var korrosionsprodukter synliga runt revan på de provexemplar som hade organisk grundfärg samtidigt som de två tester med zinkprimer inte visade några tecken på börjad korrosion. Detta gällde alla fyra prover (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

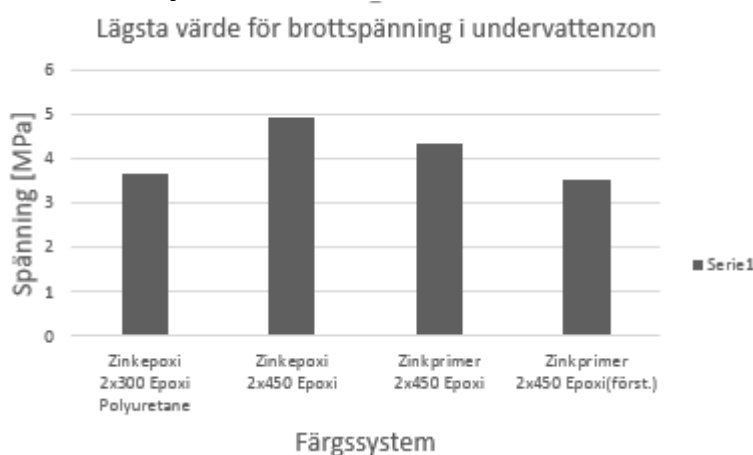
##### **11.2.4.1 Under vattenytan**

Testlaget noterade att inget av proverna visade någon häpnadsväckande vidhäftningsförmåga. Alla proverna klarade dock testet och det lägsta på  $4.2MPa$  var mer än dubbelt så högt som minsta enligt ISO tillåtna värde på  $2MPa$ . Medelvärden och lägsta uppmätta värden går att läsa i Tabell 3 respektive 4. Över lag konstaterade de att brott mellan grundfärg och ovanliggande skikt var något vanligare. De noterade att det organiska systemet utan täckfärg med dubbla  $450mm$  skikt epoxifärg stod ut bland de andra genom att brottet skedde mellan grundfärgen och det ovanliggande skiktet under alla sex försöken. Det noterades också att brottsspänningen hos de två prover med zinkgrundfärg hade höga värden, vilket tolkades som en god vidhäftning mellan zinkprimern och den ovanliggande organiska epoxifärgen (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

Tabell 185 Visar uppmätta värden vid vidhäftningsbrott för prover under vattenytan. Stapeldiagram är baserat på data från (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015) som bearbetats av författaren.



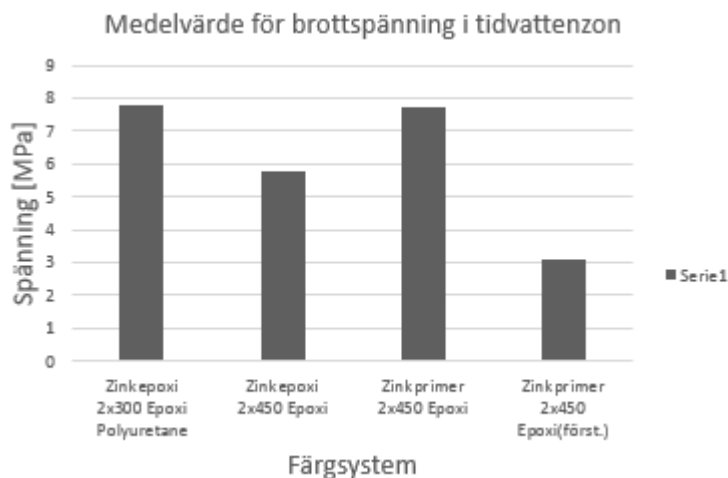
Tabell 186. Visar lägsta uppmätta värden vid vidhäftningsbrott för prover under vattenytan. Stapeldiagram är baserat på data från (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015) som bearbetats av författaren.



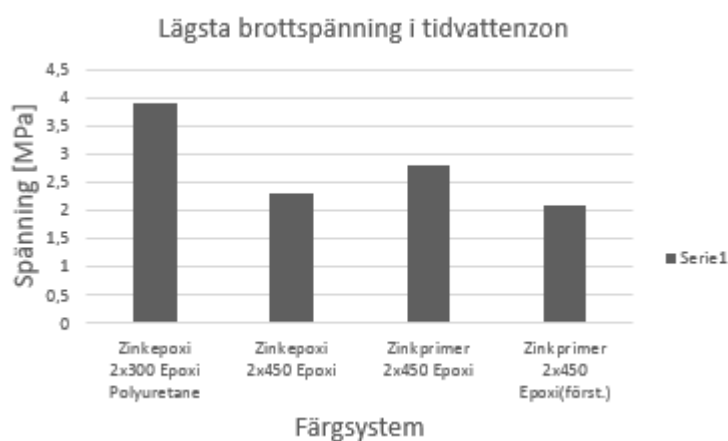
#### 11.2.4.2 Tidvattenszonen

Även vid tidvattenszonen klarade alla färgsystemen testet. Författarna noterade att systemet med zinkprimer och förstärkt epoxiskikt hade en mycket lägre brottgräns jämfört med undervattenszonen. Brottgränser går att utläsa i tabell 5 och tabell 6. De båda organiska systemen tenderade att utsättas för brott mellan de båda täckande epoxilagren. Författarna är inte helt säkra på skälet till detta, men en teori bygger på att fuktningen och torkningen som sker med ganska jämna intervall skulle kunna vara en orsak till brottet (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

Tabell 187. Visar uppmätta värden vid vidhäftningsbrott för prover i tidvattenzon. Stapeldiagram är baserat på data från (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015) som bearbetats av författaren.



Tabell 188. Visar lägsta uppmätta värden vid vidhäftningsbrott för prover i tidvattenzon. Stapeldiagram är baserat på data från (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015) som bearbetats av författaren.



### 11.2.4.3 Slutsatser

Författarna konstaterade att systemen med metallisk zinkprimer presterade bättre än de organiska. De menade även att det inte råder något direkt samband mellan vidhäftning och korrosionsskydd i marin miljö. De refererar även till andra forskare som menar att stark vidhäftning inte nödvändigtvis ger starkt korrosionsskydd (Momber, Plagemann, & Stenzel, 2015).

## 11.3 Accelererat test som utvärderar färgsystems åldrande vid låga temperaturer.

Tester finansierade genom att vara en del i ett tyskt nationellt projekt med inriktning mot polarklimat. Testerna utfördes av Muehlhan AG och Fraunhofer Application Center for Large Structures in Production Engineering i syfte att kartlägga hur sex polymerbaserade målningsystem förmågor förändrades vid accelererat åldrande i marin offshoreomgivning. Färgerna utsattes bland annat

för låga temperaturer och UV-strålning. Vidare genomfördes saltspraytest och kondensationstest. Detta var enligt testlaget första gången de här sakerna kombinerades i ett test. Testerna utvärderade färgernas förmåga att hantera stötar, frostbildning längs ytan, vätbarhet samt vidhäftning (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

### **11.3.1 Målningsystem och förberedelse**

Testlaget valde ut sex målningsystem som anpassades för såväl skvalpzon som atmosfärisk zon. Därefter blästrade de stålunderlaget till grad  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  för målningsystem 2 till 5. För det första systemet var  $Sa\ 2$  rekommenderat. Slutligen applicerade de färgerna i enlighet med leverantörernas föreskrifter (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### **11.3.1.1 Provernas skiktindelning**

Prov 1 bestod av 400 mm grundfärg och 400 mm mellanfärg, vilka bestod av polyaminhärdad epoxifärg, samt en täckfärg av 400mm alifatisk polyuretan. Polyuretanen innehöll aluminiumsilikat, titandioxid samt bariumsulfat. Prov 2 bestod av tre 175 mm skikt polyaminhärdad epoxifärg som även innehöll aluminiumoxid. Prov 3 utgjordes av 50mm grundfärg av polyuretan med zinkdamm följt av tre 150 skikt polyuretan med kalciumkarbonat. Prov 4 bestod 500mm fenolhärdad epoxi, följt 40mm aminhärdad epoxi medan täckfärgen var av 75 mm isocyanathärdad polyuretan och innehöll magnesiumsilikat. Prov 5 hade 150 mm grundfärg av fenolhärdad epoxi, mellanfärgen var identisk med grundfärgen, medan täcksiktet utgjordes 75 mm aminhärdad epoxi som innehöll bariumsilikat och titanoxid (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

### **11.3.2 Omgivning**

Testerna genomfördes i under accelererade förhållande i laboratorium. Testlaget följde ISOs rekommendationer, förutom temperaturen där  $-60^{\circ}\text{C}$  användes i stället för föreslagna  $-20^{\circ}\text{C}$  (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

### **11.3.3 Testerna**

Testernas, vilka utfördes cykliskt och pågick under 25 veckor, bestod av ett saltspraytest, UV och kondensstest samt ett test som utvärderade färgernas beteende vid termisk chock. De två förstnämnda varade i 72 timmar medan det sistnämnda varade i 36 timmar. Man granskade oskadade, åldrade samt skadade prover med reva. Vidhäftningstestet genomfördes med en provkuts i likhet med testet som genomfördes i 10.2. Totalt nio mätningar genomfördes av testlaget varpå brottets plats i skiktlagret bokfördes. För att utvärdera stöttåligheten användes lägesenergin från en 20 mm bred 2 kilos vikt. Lägesenergin för en partikel är definierad enligt  $E = m * g * h$  och den energi som gav upphov till brott hos skiktet nedtecknades i Joule. Testet utfördes från flera höjder varpå nedslagsplatserna studerades med hjälp av mikroskop. För att utvärdera rimfrost utvecklades ett särskilt verktyg av testlaget som skulle ge de förutsättningar som krävs för att rimfrost skall kunna bildas. Testet varade 90 min och ytans temperatur höll  $-2^{\circ}\text{C}$  medan omgivande lufttemperatur låg på  $1^{\circ}\text{C}$ . samtidigt som skiktjockleken hos rimfrosten mättes. Vättningsförmågan mättes med hjälp av den statiska kontaktvinkeln samt ytans specifika energi (Momber, Irmer, & Glück, 2015). Den statiska kontaktvinkeln är definierad som vinkeln

mellan en framåtskridande på underlaget fastsittande bubbla och själva underlaget (Miyama, Yang, Yasuda, Okuno, & Yasuda, 1997)

### **11.3.4 Resultat från testerna**

#### **11.3.4.1 Utvärdering av ytor**

Med hjälp av ett elektronmikroskop observerade de som genomförde testet oxidationsprodukter längs ytorna på alla proverna. De noterade sprickor hos prov 1 och 2 medan prov 3 visade tecken på korrosion angrepp i form punkter. Hos prov 4 och prov 5 noterade de en flagnande struktur hos oxidationsprodukterna. Hos prov 6 fann de sprickor längs ytan. De fann även syre och kol längs ytan hos alla, dock utmärkte sig 2, 3 samt 5. Enligt författaren till testrapporten, vilken även verkar finna stöd hos andra forskare, händer detta hos oskadade epoxifärger som en följd av foto-oxidation. Enligt samma källa förekommer detta även hos bland annat polyuretan. De noterade en ökad råhet hos de åldrade provernas ytor. Anledningen till detta är enligt samma författare antingen UV-strålning eller *NaCl* (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### **11.3.4.2 Vättningsbarhet**

Ingen av kontaktvinklarna som uppmättes av testteamet var större än 90grader vilket innebär att materialen är hydrofila. De noterade att kontaktvinkeln för prov 2 ökade med åldrande medan det motsatta skedde hos prov 1, 4 samt 6. Enligt författaren kan den ökade vinkeln förklaras med att aluminiumoxid, som stöter bort vatten, frigörs vid åldrandet. En minskande kontaktvinkel är enligt författaren, vilken även finner stöd för teorin hos andra forskare, vanligt förekommande hos polyuretanfärger samt akrylfärger och orsaken till detta är de hydrofila funktionella grupper som bildas i samband med fotooxidation. De funktionella grupperna kan även enligt samma författare vara en orsak till den förhöjda energinivån hos polyuretaner (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### **11.3.4.3 Stöttålighet**

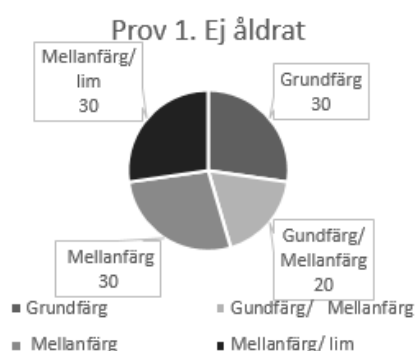
I samband med testet för stöttålighet använde testlaget ett referensprov som skulle likna elastomerer med mycket god förmåga att hantera stötar. De testade dock inte prov 1 och prov 2. Ur resultaten går det att utläsa en mycket god förmåga hos prov 3, som hade en täckfärg av polyuretanfärgen, att hantera stötar i såväl åldrat tillstånd som nytt tillstånd. Dess värde var 32J vilket var provets högsta värde. Ur samma diagram tolkas att prov 2, vars alla skikt utgjordes av epoxi, visade markant ökad stöttålighet i åldrat tillstånd jämfört med nytt tillstånd. I åldrat tillstånd uppmättes 32 J, jämfört med 12 J vid nytt tillstånd. För prov 4 och prov 5 kunde en tämligen blygsam förmåga att utstå stötar utläsas i såväl nytt som åldrat tillstånd. Prov 4 visade en stöttålighet på 7,6 J i nytt tillstånd medan 10,5 uppmättes i åldrat tillstånd. För prov 5 var motsvarande värden 10,5 J respektive 16,8 J. Vilket innebär att ingen större förändring verkade ske under åldrandet (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### **11.3.4.4 Vidhäftning**

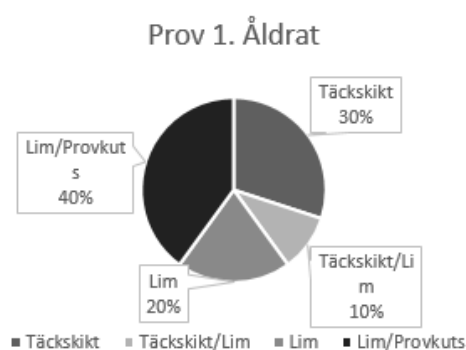
I samband med vidhäftningstesterna visade prov 1, 2 samt 6 en kraftigt försämrad vidhäftning i samband med åldrande. Vid ett icke åldrat tillstånd uppmättes en vidhäftningsstyrka på 21,1 *Mpa* som sedan sjönk till 12,2 *Mpa*. För prov 2 var motsvarande värden 22, *Mpa* respektive 12,0 *mpa*. För prov 6 gällde

22,3 MPa samt 12,1MPa. Resterande nämligen prov 3, 4 samt 5 visade motsatt beteende. Deras kapacitet i nytt tillstånd var ganska låg och markant lägre än de värden som uppmättes hos 1, 2 samt 6. Prov 4 samt prov 5 visade en kapacitet i åldrat tillstånd som var högre än de som uppmättes hos 1, 2 och 6. Testlaget noterade även var i skiktlagren brotten ägt rum och sammanställde dem som procentandelar. *Tabell 9* till *Tabell 20* visar förhållandet mellan olika typer av brott för enskilda prover, såväl åldrade som icke åldrade. Slutligen sammanvägdes brottstyperna där ett lågt värde tydde på ett hållbart målningsystem (Momber, Irmer, & Glück, 2015) Sammanvägningen återfinns i *Tabell 21* till *Tabell 22*.

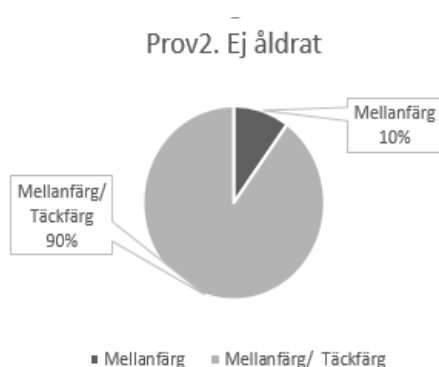
*Tabell 189.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



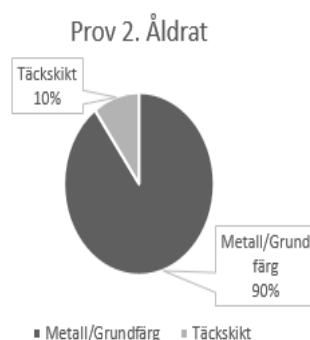
*Tabell 190.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



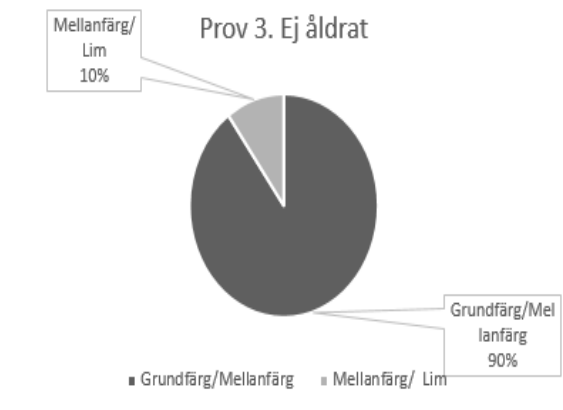
*Tabell 191.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



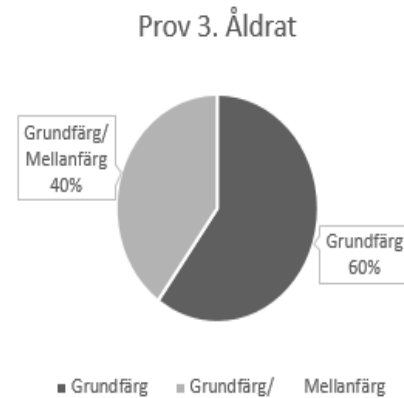
*Tabell 192.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



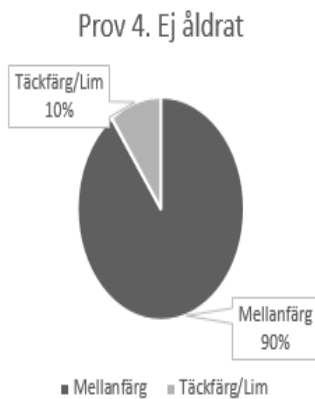
**Tabell 193.** Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



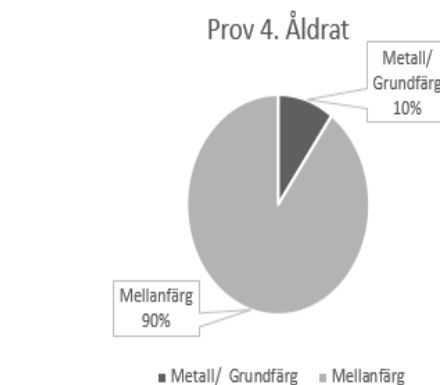
**Tabell 194.** Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



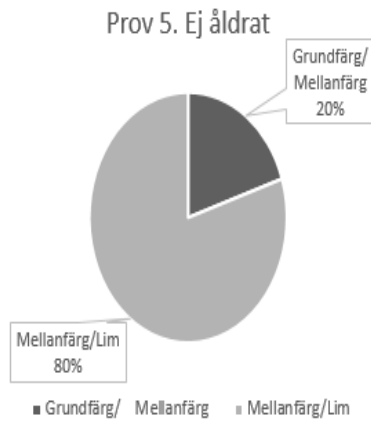
**Tabell 195.** Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



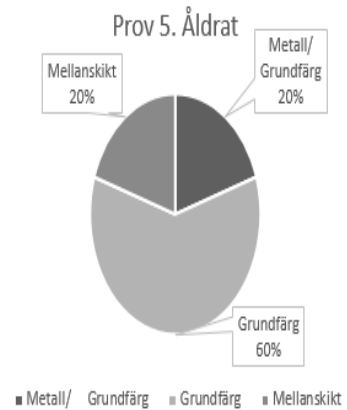
**Tabell 196.** Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



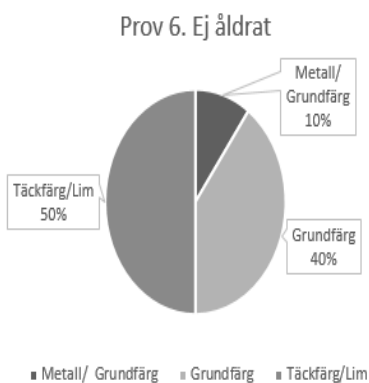
*Tabell 197.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



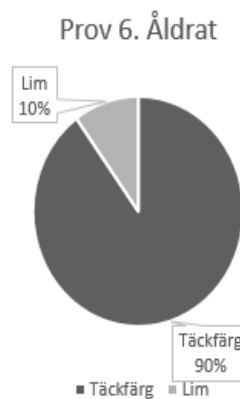
*Tabell 198.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



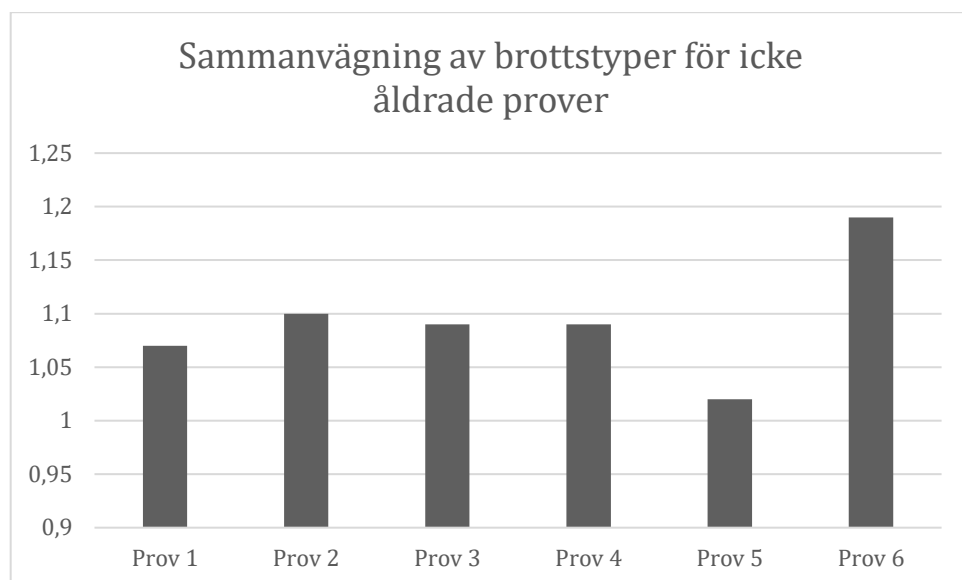
*Tabell 199.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell är baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



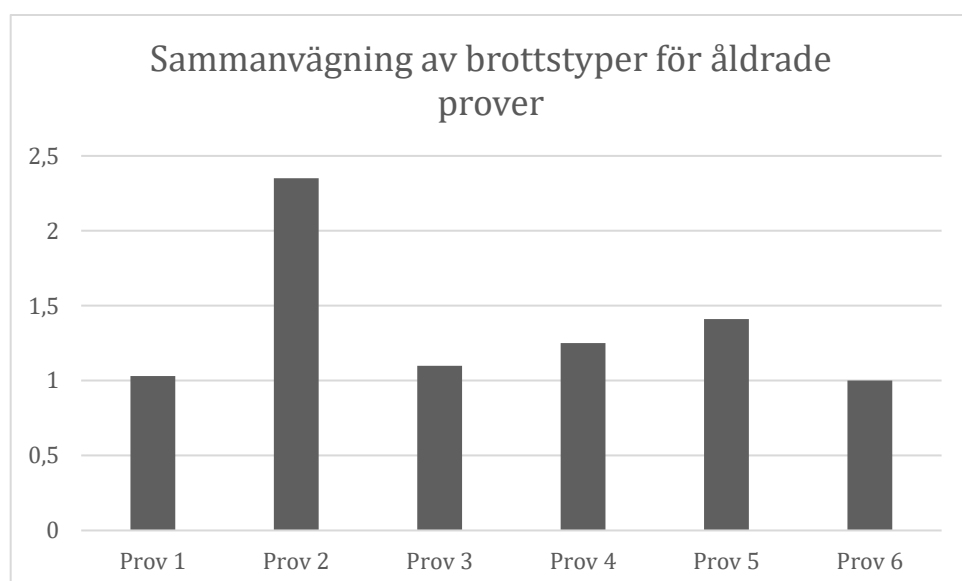
*Tabell 200.* Visar fördelningen av vidhäftningsbrott hos ett prov. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



*Tabell 201.* Visar sammanvägning av brottstyper av varierande karaktär för icke åldrade färger. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



*Tabell 202.* Visar sammanvägning av brottstyper av varierande karaktär för icke åldrade färger. Tabell baserad på data från (Momber, Irmer, & Glück, 2015) vilka bearbetats av författaren.



#### 11.3.4.5 Bildning av rimfrost

Vid testet av rimfrosten mättes frostens tjocklek av testlaget hos respektive prov. De konstaterade stora standardavvikelser hos några av de åldrade proverna, undantaget prov 3, innebär ett stort mått av osäkerhet i mätdata. Utmärkande var prov 3 vars frosttäckte minskade efter tid samt prov nummer 6 som trots sin standardavvikelse visade upp ett i sammanhanget tunt lager frost i båda fallen. Prov 3 bestod av polyuretanlager medan prov 6 bestod av epoxiskikt. Detta

tillsammans med standardavvikelse gör det svårt att dra några slutsatser. De som utförde testet är av samma åsikt (Momber, Irmer, & Glück, 2015).

#### 11.3.4.6 Slutsatser

Angående vidhäftnings noterade de som utfört testet en ökande standardavvikelse med åldrande. De noterade även en benägenhet till ökade brott hos grundfärgen vilket de beskriver som ett allvarligt problem (Momber, Irmer, & Glück, 2015) Det poängteras hos (Forsgren, 2016) att färgers vidhäftningsförmåga kan förändras mycket över tid, vilket är fallet hos prov 1, 2 samt 6 då man tar hänsyn till den kraft som krävs för att ett brott skall uppstå. Deras kapacitet minskar med tiden. Betraktas prov 1 och prov 6 finner man att brotten sker i de yttrelagren samt vid limmet som fäster till provkutsen, vilket ger dem ett mycket tillfredställande värde vid sammanvägningen av brottstyper. Prov 1 och 6 tillhörde de prover som inte ingick i testet som utvärderade stöttålighet. Prov 2 och 3 visade mycket god förmåga att hantera stötar i åldrat tillstånd. Prov 3 som bestod av fyra lager polyuretan visade även mycket god förmåga initialt. Polyuretan anses vara en av de mer stöttåliga färgerna (Hult & Persson, 2015). Prov 2 vilket bestod av tre lager epoxifärg visade initialt en begränsad förmåga att uthärda stötar. Efter att ha åldrats var dess värde i paritet med prov 3. De som utförde testet konstaterade att det inte var helt orimligt men fann ingen tillfredsställande förklaring till epoxins tilltagande kapacitet vid åldrande. Vid frosttestet utmärkte sig ingen färg i särskilt stor utsträckning. Standardavvikelserna var däremot ganska stora, varför en del värden inte kan anses som säkra. Som en följd av stor standardavvikelse är det svårt att dra någon slutsats om vilken typ av färg som är mest lämpad i kallt klimat. De som utförde testet är av samma åsikt (Momber, Irmer, & Glück, 2015). I samband med UV-testet noterades sprickor hos en av epoxifärgerna, nämligen prov 6, vilket inte var oväntat enligt testlaget. Även Hult & Persson (2015) är av samma uppfattning, då de benämner epoxins UV-beständighet som dålig. De som utförde testet är dock försiktiga med att fastslå en definitiv trend, eftersom inte enbart UV-strålningen påverkat ytskiktet utan även fukt och salt från de accelererade testerna. De var däremot ganska säkra på sambandet mellan oxidation och UV-strålning.

## 11.4 Utvärdering av rostskyddssystem i offshore-miljö

Forskare vid University of the Basque country har undersökt hur väl tre relativt vanliga rostskyddssystem inom offshore-industri uppfyller de krav som ställs enligt ISO 12944 och NORSOK M-501, vilket innebär att klasserna C5-M och Im2 skall uppfyllas. Testet genomfördes i samband med ett industriprojekt inom offshore-industri (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### 11.4.1 Målningsystemen

System ett bestod av ett 191  $\mu\text{m}$  tjockt grundskikt av termiskt applicerad karbid med ett 9  $\mu\text{m}$  organiskt täcksikt. Det andra systemet bestod av 284  $\mu\text{m}$  termiskt applicerad aluminium som grundskikt och försett med ett 234  $\mu\text{m}$  tjockt täcksikt av organisk karaktär. Det tredje systemet bestod av ett enhetligt keramiskt förstärkt epoxiskikt med tjocklek 430  $\mu\text{m}$ . De testade systemen var enligt testteamet kommersiellt tillgängliga och inte ovanliga inom offshore-

verksamhet. Tillverkare och noggrannare sammansättning av systemen var emellertid hemlig (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### **11.4.2 Omgivning och förberedelser**

Testerna ägde rum i laboratorium under accelererade förhållanden. Särskilda UV-lampor och fuktskåp användes för att efterlikna den verkliga omgivningen. Rostskyddssystemen applicerades på metallplattor. Slutligen förseglades plattornas sidor och baksidor med vax (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### **11.4.3 Testerna**

De påskyndade laborietesterna bestod av tester som utvärderade systemens beteende i saltdimma, kondensation samt nedsänkning. I enlighet med NORSOK och ISO kombinerades dessa med UV-strålning samt temperaturvariationer, för att undersöka hur systemen åldras i det som påminner om verkliga omständigheter. I samband med testerna genomfördes okulära inspektioner regelbundet för att identifiera eventuella sprickor, blåsor eller andra skador (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

#### **11.4.3.1 Nedsänkning**

Tre exemplar av varje system placerades i ett vattenbad med konstant temperatur på 40 °C. Testet varade 3000h vilket motsvarar kravet för högsta hållbarhetsklassen Im2 (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

#### **11.4.3.2 Kondensationstester**

I likhet med nedsänkningstestet användes tre provexemplar av varje system. Testerna genomfördes i en fuktkammare och pågick under 720 h. De utsattes för tre olika typer av fuktlaster. Den första bestod av konstant fukthalt medan den andra hade varierande temperatur och fukthalt. Det tredje utgjordes av konstant fukthalt med varierande temperatur (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

#### **11.4.3.3 Saltspray**

Proverna, sex exemplar av varje, placerades i en saltspraykammare. Några provexemplar förseddes med X-formade revor på ytan. Detta gällde inte första systemet som inte hade någon reva till följd av ytskiktets hårdhet. I enlighet med ISO-standard beräknas korrosionen enligt följande samband  $M = \frac{C-W}{2M}$ . Där C står för maximal bredd hos revan vid en given tidpunkt och W betecknar revans ursprungliga bredd. I samband med saltspraytestet genomfördes även ett prov som mätte vidhäftningen (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

#### **11.4.3.4 Kombinerade tester**

UV och kondensationstestet inleddes med att proverna utsattes för UV-strålning från en särskild lampa för att sedan utsättas för kondens. Vid testerna som utvärderade beteendet vid låg temperatur förvarades proverna i -20 °C varpå de sedan utsattes för saltspray. Mellan testerna tvättades proverna med destillerat vatten. Temperatur- och saltspraytesterna genomfördes periodiskt under 720 timmar och proverna inspekterades tre gånger per cykel (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

## **11.4.4 Resultat**

### **11.4.4.1 Nedsänkning**

Epoxiprovet uppvisade en blekare ton hos kulören efter 165 timmar. Ett av proverna uppvisade även blåsbildning efter 504 timmar och plockades bort. En undersökning med mikroskop visade korrosionsprodukter av metallisk karaktär som enligt testlaget tyder på att underlaget utsatts för korrosionsangrepp till följd av att en elektrolyt lyckats ta sig genom skikten. Vid 672 timmar upptäcktes blåsbildning på de resterande två exemplaren. De tilläts emellertid att ligga kvar nedsänkta. Efter 3000 timmar vid testets slut var de täckta med blåsor. System ett och två klarade testet medan system tre inte uppfyllde kraven för Im1 vilket innebär medellång hållbarhet (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### **11.4.4.2 Kondensationstest**

Epoxiproverna uppvisade en något blekare kulörton men över lag inga sprickor, skador eller tecken på korrosionsangrepp. I samband med testet med konstant fuktighet upptäcktes dock en tendens till blåsbildning längs ytan. Sålunda uppfyllde epoxisystemet villkoren som gäller för C5-M vid varierande temperatur samt testet med såväl varierande temperatur som varierande fukthalt. System ett och två uppvisade korrosionsangrepp vid kanterna, men inte i tillräckligt stor utsträckning för att inte uppfylla kraven (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### **11.4.4.3 Saltspraytest**

Epoxiproverna förblev opåverkade under 840 timmar då en blåsa upptäcktes på två prover vilka inte hade försetts med revor, medan det andra förblev fritt från blåsor genom hela testtiden. Blåsor tilltog dock inte i antal under testets fortskridande. Proverna med revor uppvisade tilltagande korrosion från första inspektionen vid 504 timmar. Efter 1370 timmar var översteg korrosionssprickan 2 mm vilket innebär att hållbarheten bedöms vara låg vid C5-M, dit även system ett räknas. Vidhäftningen uppmättes till 5A för två av epoxiproverna och 4A för ett av epoxiproverna vilket var likt system två. System två uppvisade goda förmågor under provet medan första systemet inte försågs med reva (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

### **11.4.4.4 Kombinerat test**

Epoxiproverna uppvisade en något blekare kulörton som en följd av UV-strålningen. Mitten av provet visade störst tendens till att blekna. Utöver en blekt kulörton upptäcktes ingen tendens till blåsor eller korrosion. Eftersom blekt kulör, enligt de som utförde testet, inte medför någon större försämring av beständigheten uppfyller epoxisystemet kraven som gäller enligt NORSOK-standard och ISO för C5-M med hög beständighet. Såväl system ett som två visade tecken på oxidation men ingen blåsbildning. System ett uppvisade större korrosionsskador och uppfyllde kraven som gäller för C5-M med medelhög beständighet. System två presterade tillräckligt för att klassas som ett system med hög beständighet (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

## **11.4.5 Slutsatser**

System två presterade bra över lag och uppfyllde kraven för hög beständighet i alla tester. Epoxisystemet uppvisade blåsbildning i de fall fukthalten var mycket

hög. Det gällde nedsänkningstestet, saltspraytestet samt kondensstestet med konstant fukthalt. Enligt författarna till testrapporten har det att göra med vidhäftningen mellan färg och underlag som är något lägre hos organiska färger jämfört med andra system. Även tidigare elektrokemiska tester som utförts av testteamet visar en sjunkande förmåga att motverka korrosion vid ökad exponering mot havsvatten. Enligt författarna till testrapporten kan vidhäftningsproblemen förklaras med att underlag inte förberetts optimalt före appliceringen av färgen (López-Ortega, Bayón, Arana, 2019).

## **11.5 Experimentell utvärdering av målningsystem för stålstrukturer**

Undersökning utförd åt Department of Transportation som bland annat undersökte nyttan i att använda tvåskiktssystem i stället för treskiktssystem vid rostskyddsmålning. Vidare undersöktes hur omgivningens temperatur och luftfuktighet vid appliceringstillfället påverkade färgernas mekaniska egenskaper för att skapa en uppfattning om hur de presterar vid användning i verklig miljö (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.1 Målningsystem**

Sammanlagt utvärderades fem system. Ett traditionellt treskiktssystem med zinkberikad epoxi som grundfärg, mellanskiktsfärg av epoxi och ett täcksikt av akryl användes som referens. Tvåskiktssystemen bestod av zinkrik epoxifärg som grundskikt följt av ett täcksikt av polysiloxan. Treskiktssystemet döptes till A medan tvåskiktsvarianterna förseddes slumpvist med bokstäverna B, C, D och E. Treskiktssystemet var alltså identifierbart medan de andra förblev anonyma under testerna (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.2 Omgivning**

Testerna ägde rum i laboratorium under accelererade former. Färgerna applicerades under tre olika typer av temperatur- och fuktmässiga omgivningar enligt standard för att efterlikna verkliga appliceringsförhållanden. Encon 1 innebär 25 °C och 50% relativ fuktighet. Encon 2 innebar 10 °C 40% relativ fuktighet. Encon 3 innebar 32 °C 80% relativ fuktighet (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.3 Testerna**

Undersökningen innehöll vidhäftningstest, test av nötningsbeständighet, undersökning av flagning, test av färgens åldrande till följd väderrelaterade omständigheter, beständighet att klara av salt- och sötvatten samt förmåga att hantera UV-strålning. Totalt användes 453 exemplar som förvarats i enlighet med ASTMs rekommendationer. Färgerna applicerades i enlighet med tillverkarnas föreskrifter och skiktjocklek mättes (Toubia, Emami, 2016).

#### **11.5.3.1 Vidhäftningstest**

18 prover per målningsystem användes i samband med vidhäftningstestet. Vidhäftningen utvärderades med hjälp av en provkuts och ett särskilt instrument som mätte hållfastheten hos färgen.

### 11.5.3.2 Test av nötningsbeständighet

Sammanlagt användes 18 exemplar per system som vägdes och slutligen placerades i en nötningsmaskin av märket Taber. Ett hjul försett med en vikt på 1 kg roterade och utsatte proverna för nötning. Efter 500 fullbordade varv vägdes proverna för att bestämma vikten av det bortnötta materialet. Proverna utsattes sedan för upprepade cykler tills grundfärgen var synlig. För treskiktssystemet gällde att grundfärgen skulle varar genomnött. Nötningen bestämdes med hjälp av följande samband, Taber wear index =  $\frac{(A-B) \times 1000}{C}$  Där A står för ursprunglig vikt före nötning och B betecknar vikten efter nötning. C står för antalet fullbordade cykler (Toubia, Emami, 2016).

### 11.5.3.3 Undersökning av flagning

Vid undersökning av flagning användes 9 exemplar per system som placerades i en kammare och utsattes för stenar som slungades mot färgens yta med hjälp av en tryckluftsanordning. Proverna rengjordes från lös färg som flagnat varpå de jämfördes med en referensbild som anger graden av flagning (Toubia, Emami, 2016).

### 11.5.3.4 Test av åldrande

Sex prover varav tre försågs med en reva sprayades med saltlösning med 90 minuters intervall varpå proverna placerades i en dimkammare med en temperatur på 49 °C. Därefter tilläts proverna torka under åtta timmar vid 60 °C. Då 20 cykler upprepats kontrollerades proverna och eventuell blåsbildning, korrosion och skrevans utbredning (Toubia, Emami, 2016).

### 11.5.3.5 Beständighet mot saltvatten och sötvatten

Två exemplar av varje system nedsänktes i destillerat vatten och salthaltig lösning. De förvarades nedsänkta i glastankar under olika tidsperioder och undersöktes vid varje tidsperiods slut. Perioderna var 7, 14 och 30 dagar. I samband med undersökningen kontrollerades eventuell blåsbildning, korrosion samt uppmjukning. Efter 30 dagar genomfördes ett vidhäftningsprov (Toubia, Emami, 2016).

### 11.5.3.6 UV-test

Vid UV-testet användes nio exemplar av varje system som var förberedda vid Encon. För testet användes en kondensationskammare som under accelererade förhållanden skulle efterlikna verklig användning. Temperatur, luftfuktighet samt UV-strålning hölls konstanta. Proverna undersöktes med 1000 timmars intervall och förändringar hos systemens kulör noterades (Toubia, Emami, 2016).

## **11.5.4 Resultat**

### **11.5.4.1 Vidhäftningstest**

I fallet med prover vilkas färg applicerats vid Encon 1 skedde ca 85% av brotten i själva toppskiktet medan resterande brott alltså 15% skedde mellan täckfärg och grundfärg. Vid Encon 2 skedde majoriteten av brotten i grundfärgen hos tvåskiktssystemen, medan de flesta brotten ägde rum i täckskiktet hos treskiktssystemet. För de prover som applicerats vid Encon 3 skedde en klar majoritet, för såväl treskiktssystem som tvåskiktssystem, i täckskiktet. En av tvåskiktssystemen visade dock ett annat beteende då alla brott skedde i grundskiktet. Allmänt presterade tvåskiktssystemen bättre än treskiktssystemet (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.4.2 Test av nötningsbeständighet**

Generellt konstaterar de som utfört testet att högre temperatur och högre luftfuktighet vid applicering har en god inverkan på nötningsbeständigheten. Över lag presterade tvåskiktssystemen bättre än treskiktssystemet (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.4.3 Undersökning av flagning**

Majoriteten av brott, bland de färger som applicerats vid Encon 1, skedde i ytskiktet medan brotten hos de färger som applicerats vid Encon 2 och Encon 3 tenderade att äga rum mellan grundfärg och täckfärg (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.4.4 Test av åldrande**

Inget av proverna utan reva visade tecken på korrosionsrelaterade angrepp. Detsamma gällde blåsbildning. De prover som försetts med reva bedömdes enligt ASTM riktlinjer för rostbildning. Vid Encon 1 visade två tvåskiktssystem rostbildning av grad 100% (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.4.5 Beständighet mot saltvatten och sötvatten**

Efter 30 dagar tyckte inget av proverna visa någon blåsbildning eller uppmjukning. Dock visade ett av tvåskiktssystemen kraftigt försämrad vidhäftning, samtidigt som treskiktssystemet och ett annat tvåskiktssystem motsatt beteende. I stort klarade systemen, undantaget ett tvåskiktssystem, saltlösning bättre än destillerat vatten med avseende på vidhäftning. Överlag försämrades inte vidhäftningen nämnvärt efter 30 dagars nedsänkning i saltlösning (Toubia, Emami, 2016).

### **11.5.4.6 UV-test**

Proverna visade över lag god förmåga att behålla kulören, undantaget ett av tvåskiktssystemen (Toubia, Emami, 2016).

### 11.5.5 Slutsatser

Författarna som utförde testet anser att en zinkrik grundfärg täckt med polysiloxan är ett fullgott alternativ till de traditionella system vilka vanligtvis består av tre skikt. Treskiktssystemet presterade sämre än tvåskiktssystem i såväl vidhäftningstestet som nötningstestet (Toubia, Emami, 2016).

## 11.6 Undersökning av reparationsmålningsystem

En studie utförd av danska Force Technology har undersökt i vilken utsträckning skiktjocklek, antal skikt samt förarbetet påverkar prestandan och uthålligheten hos målningsystem som används vid reparationsmålning (Black, & Nielsen, 2014).

### 11.6.1 Målningsystem och förbehandlingsformer

Målningsystemen som användes rekommenderades av färgtillverkare till underhållsmålning i skvalpzonen. Totalt användes 90 prover som förbehandlades och blästrades till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  enligt ISO-8501-1. Därefter applicerades ett system som enligt testteamet var representativt för ett typiskt målningsystem inom offshore-verksamhet. Framsidan målades med dubbla  $375\ \mu m$  samt ett  $60\ \mu m$  täcksikt av polyuretan. Baksidan målades med dubbla epoxiskikt som hade total skiktjocklek på  $450\ \mu m$  till  $500\ \mu m$ . Proverna försågs med en tejprens före målning för att erhålla en omålad area på provets framsida. I testet ingick utvärdering av tre förbehandlingsformer. Mekanisk slipning till St 2, borstblästring samt blästring med partiklar till grad  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ .

Målningsystemen bestod av epoxifärg som var täckt med polyuretan. Tre olika typer av epoxigrundfärger användes. System 1 och 2 kom från samma leverantör. System 3 och 4 kom levererades från en annan leverantör. Analogt kom 5 och 6 från en tredje leverantör. System 1 bestod av dubbla lager glasförstärkt epoxigrundfärg med skiktjocklek  $514\ \mu m$ . System två bestod av tre lager glasförstärkt epoxigrundfärg och hade skiktjocklek  $571\ \mu m$ . System 3 till 6 bestod alla av epoxigrundfärg av varierande antal skikt och skiktjocklekar med polyuretantäckfärg. System 3 bestod av dubbla epoxiskikt med sammanlagd skiktjocklek  $326\ \mu m$ . System 4 utgjordes av tre skikt med  $549\ \mu m$  skiktjocklek. System 5 hade dubbla epoxiskikt med skiktjocklek  $535\ \mu m$ . System 6 hade tre skikt epoxifärg med sammanlagd skiktjocklek  $713\ \mu m$ . Målningsystemens karaktär och skiktjocklekar stämde överens med ISO 12944-5 rekommendationer för målningsystem som skall klara C5-M och Im2 (Black, & Nielsen, 2014).

### 11.6.2 Omgivning

Färgerna applicerades i testteamets laboratorium. Testerna ägde rum i laboratorium under accelererade förhållanden (Black, & Nielsen, 2014).

### 11.6.3 Testerna

Efter att proverna härdats under sju dagar utsattes de för korrosionsangrepp med hjälp av en saltspraykammare. Korrosionen drabbade i huvudsak areorna

som täckts med tejp under målningen. Proverna tillbringade sammanlagt tre dagar i kammaren tills rostgrad C uppnåddes (Black, & Nielsen, 2014).

#### **11.6.3.1 Test med saltspray**

Vid testet med saltspray som pågick under 1400 timmar användes 36 prover. De försågs med en reva som var 0,5mm bred. Vid testets slut tvättades proverna varpå de, med hjälp av mikroskop, undersöktes med avseende på korrosionsangrepp, blåsbildning samt flagning. Enligt ISO 12944-6 behöver följande villkor uppfyllas för att målningsystemet skall anses vara godkänt. För spänningar brottspänningar understigande 5 *Mpa* får inte brottet ske i anslutning till underlaget vid vidhäftningstestet. Vidare skall skiktet vara fritt från flagor, sprickor, rost samt blåsbildning. Avslutningsvis får revans utbredning inte överskrida 1 mm (Black, & Nielsen, 2014).

#### **11.6.3.2 Nedsänkningstest**

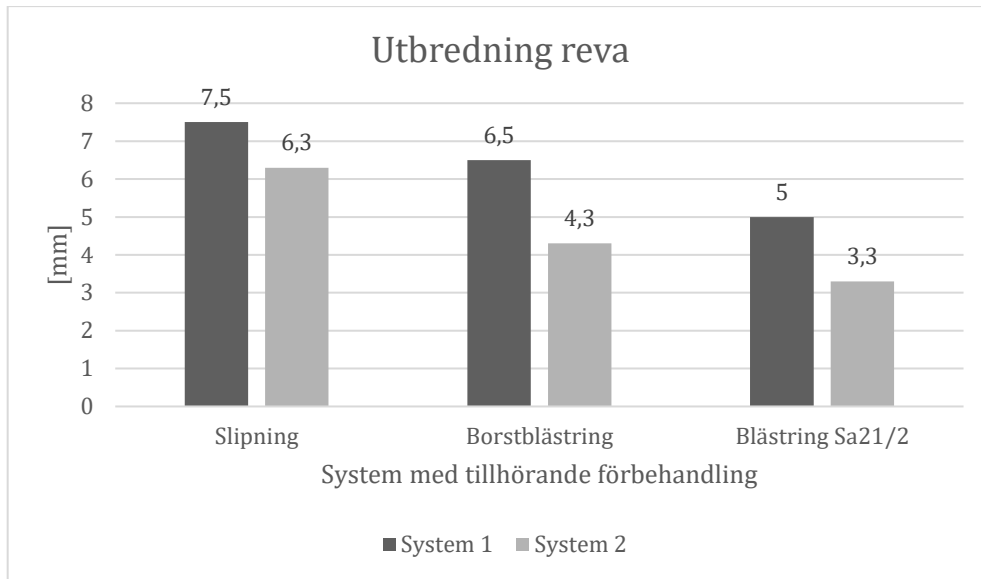
Totalt användes 36 exemplar vilka försågs med en 0,5mm bred reva vertikalt längs provet. Testet pågick i 3600 timmar. Proverna nedsänktes i vatten, vilket förberetts för att likna havsvatten. Vattnet nådde upp till mitten av revan. Omgivande temperatur var 40 °C. Vid testets slut sköljdes proverna och rengjordes varpå de undersöktes analogt med saltspraytestet (Black, & Nielsen, 2014).

### **11.6.4 Resultat**

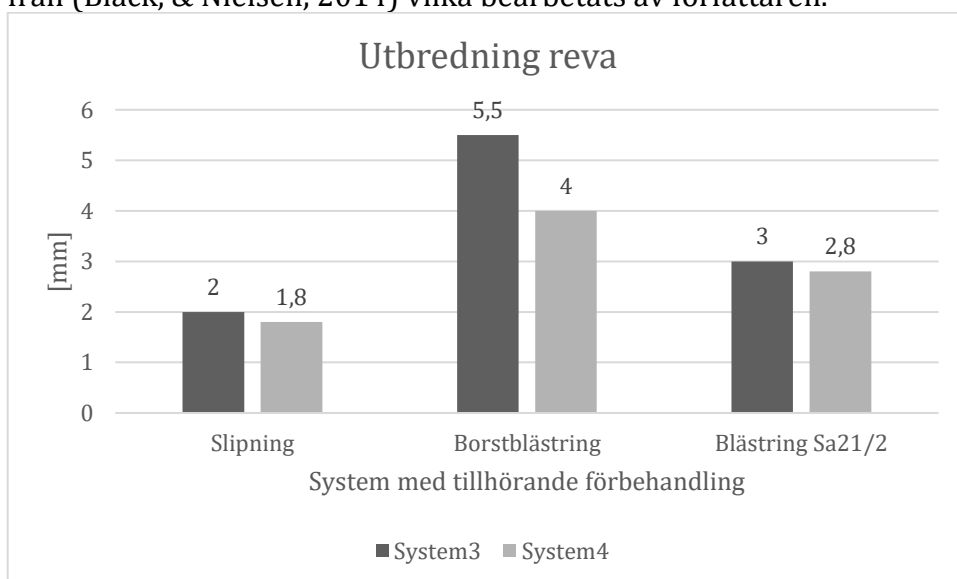
#### **11.6.4.1 Test med saltspray**

Vid undersökningen med mikroskop upptäcktes varken sprickor eller flagor. Detsamma gällde korrosionsprodukter. Inget av systemen som förbehandlats till *Sa 2 1/2* visade någon blåsbildning, vilket även gällde system 3 och system 4 oaktat vilken förbehandlingsmetod som använts. De andra systemen visade tydliga tecken på blåsbildning. Över lag uppvisade borstblästrade ytor mindre tendens till rostbildning. Alla system anses klarat vidhäftningstestet i samband med saltspraytestet utom system 1 vilket var förbehandlat genom slipning. I samband med vidhäftningstestet som utfördes före saltspraytestet noterades att majoriteten av brott skedde i de yttre lagren, alltså i samband med täckskiktet. I vissa fall skedde brottet i lagret av klister som fäste till kutsen, därav de ovanligt höga procenttalen. Vid testet som ägde rum efter proverna utsatts för saltspray tenderade brotten att ske vid grundfärgen. Flera av brotten ägde rum mellan grundfärgen och underlaget (Black, & Nielsen, 2014).

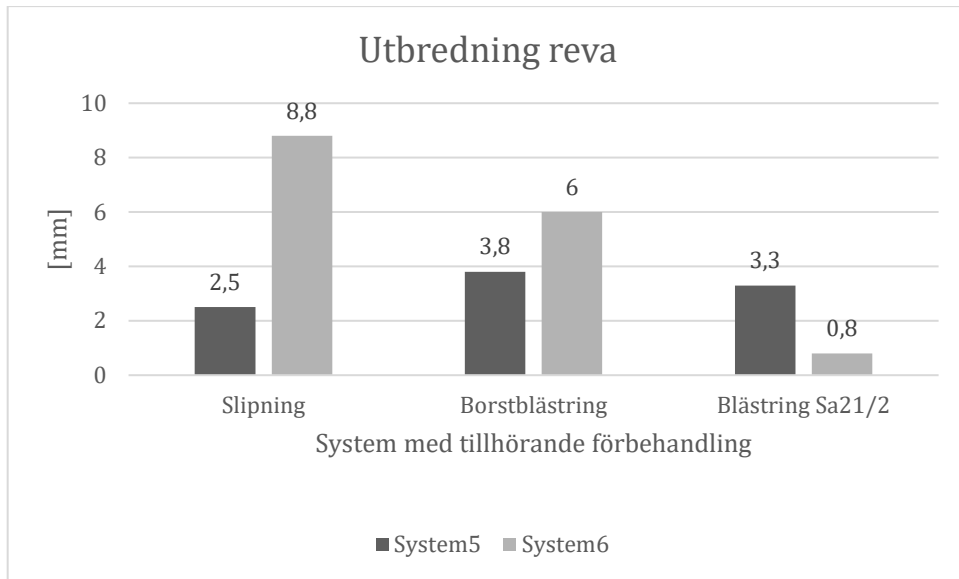
*Tabell 203.* Visar revans bredd för system 1 och system 2. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



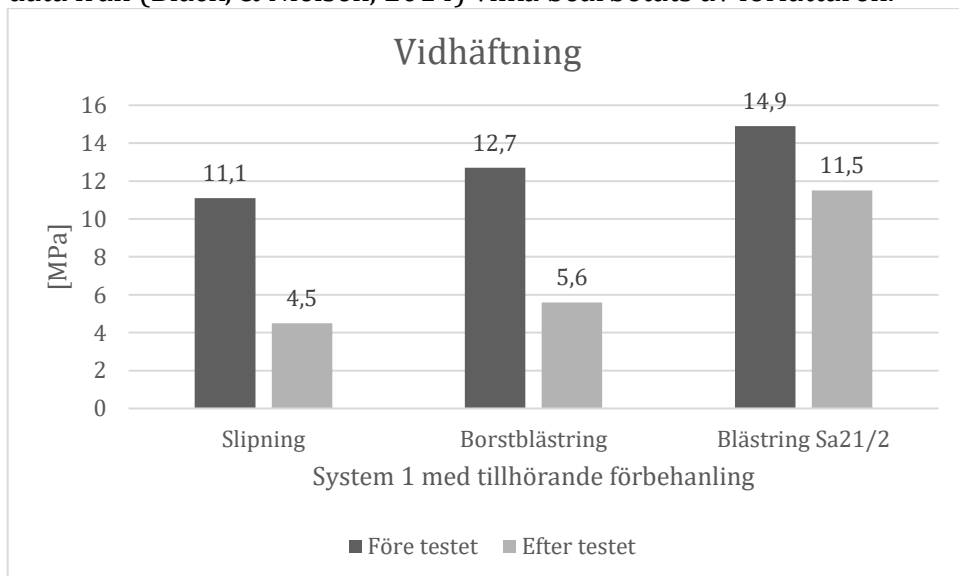
Tabell 204. Visar revans bredd för system 3 och system 4. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



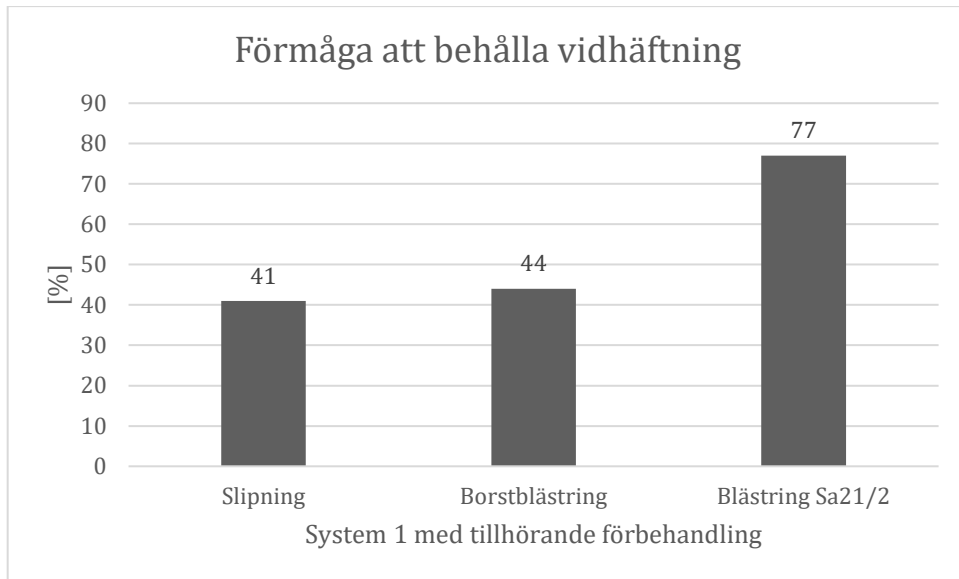
Tabell 205. Visar revans bredd för system 5 och system 6. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



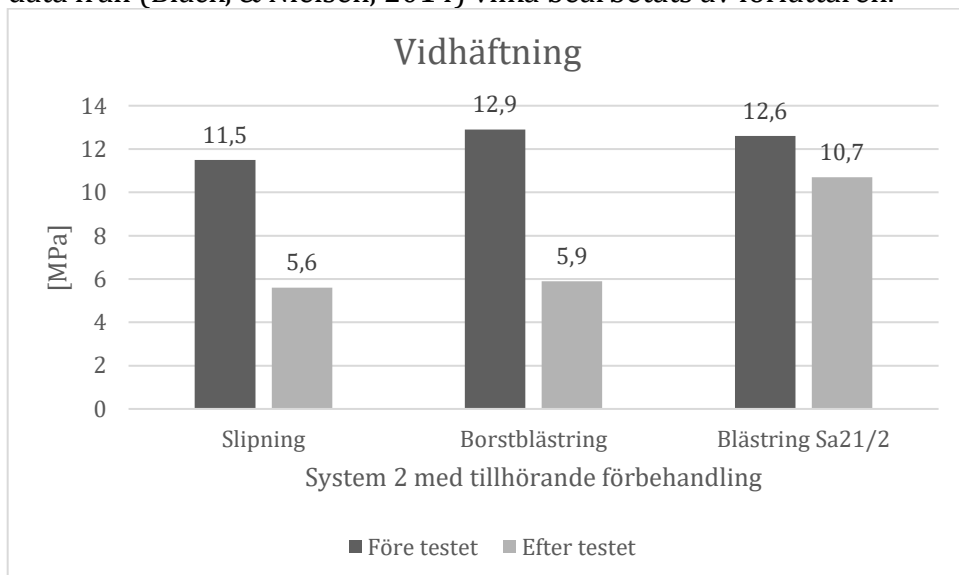
**Tabell 206.** Visar vidhäftning före och efter test för system 1. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



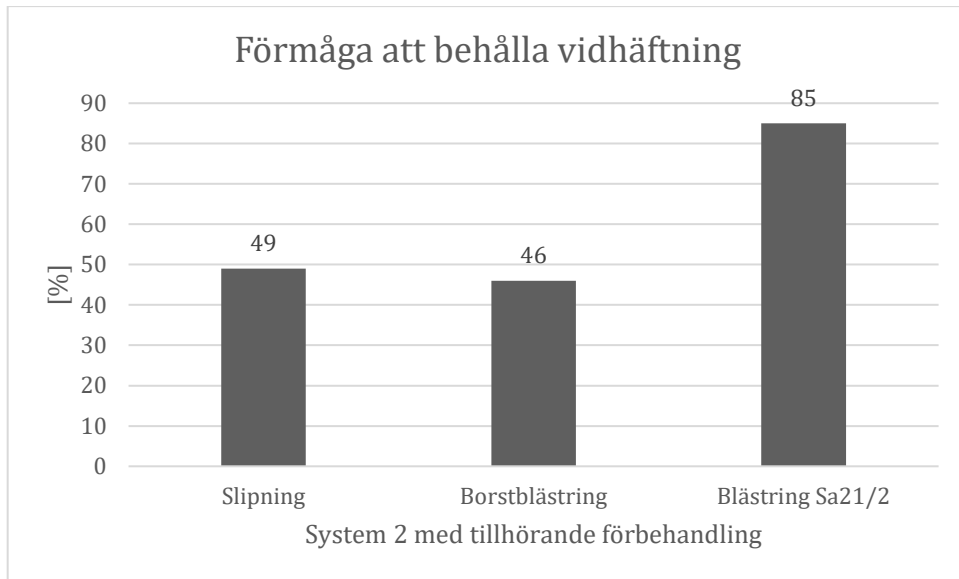
**Tabell 207.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 1. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



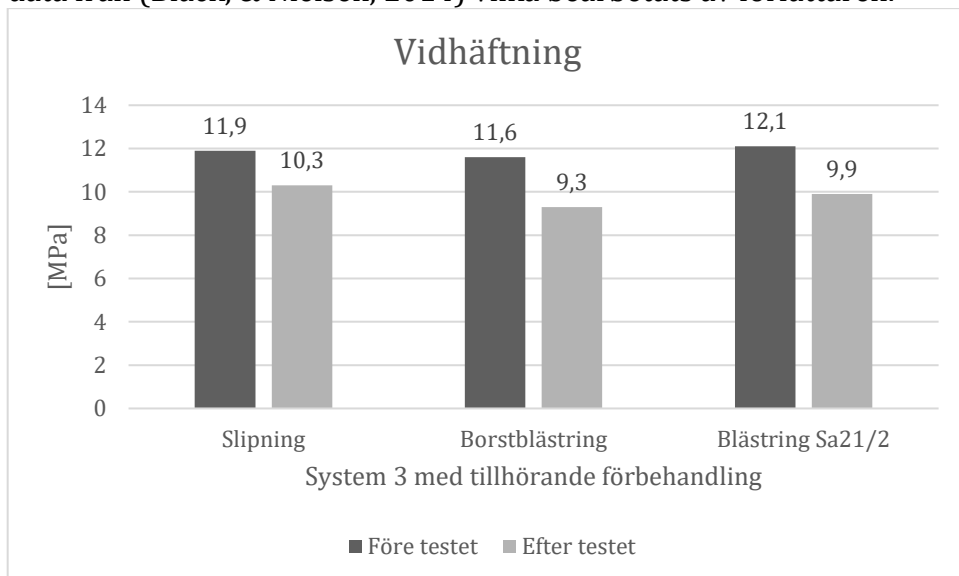
**Tabell 208.** Visar vidhäftning före och efter test för system 2. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



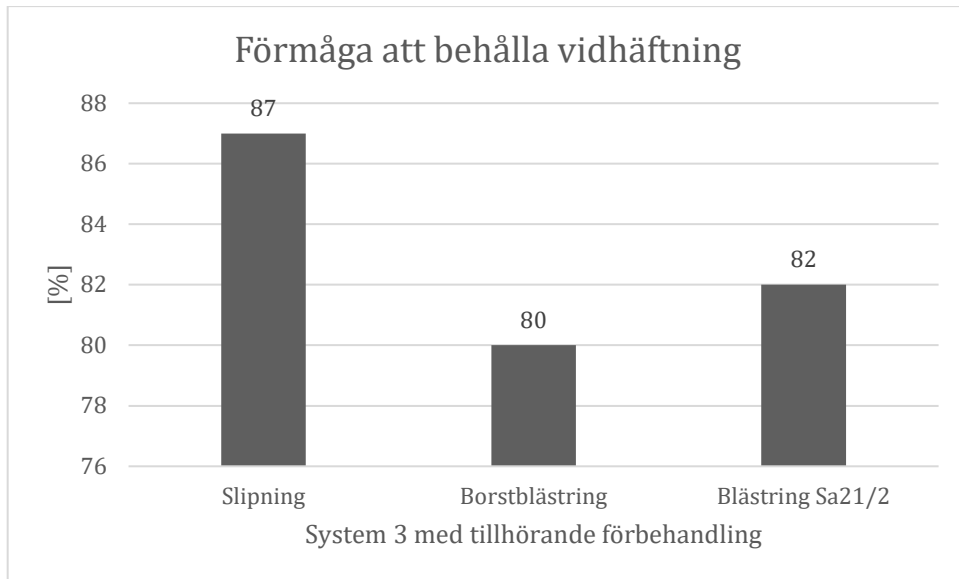
**Tabell 209.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 2. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



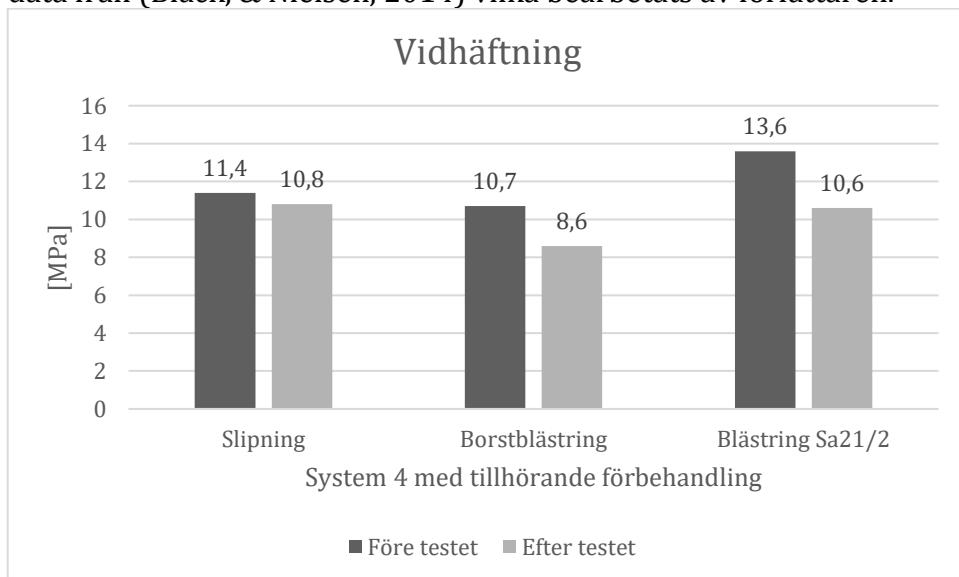
**Tabell 210.** Visar vidhäftning före och efter test för system 3. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



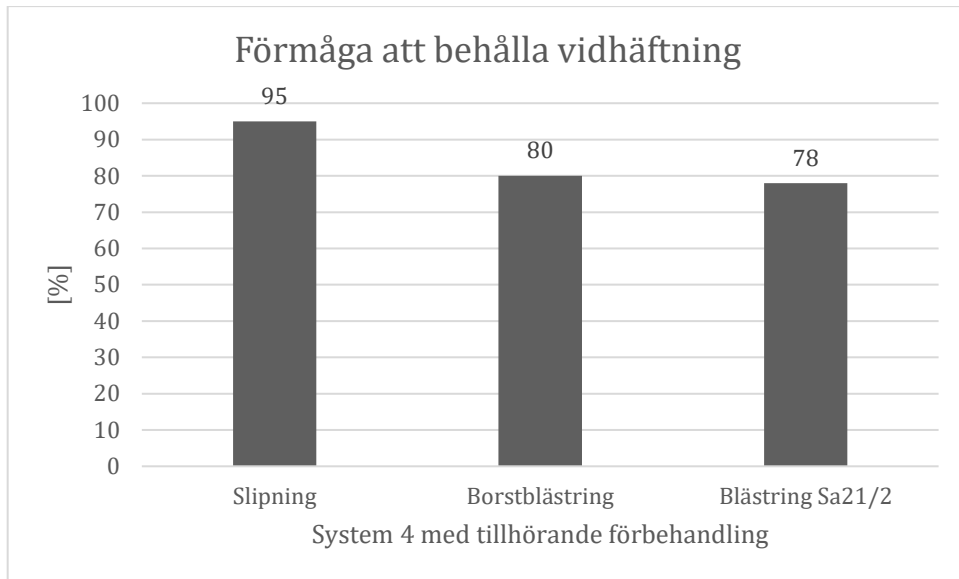
**Tabell 211.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 3. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



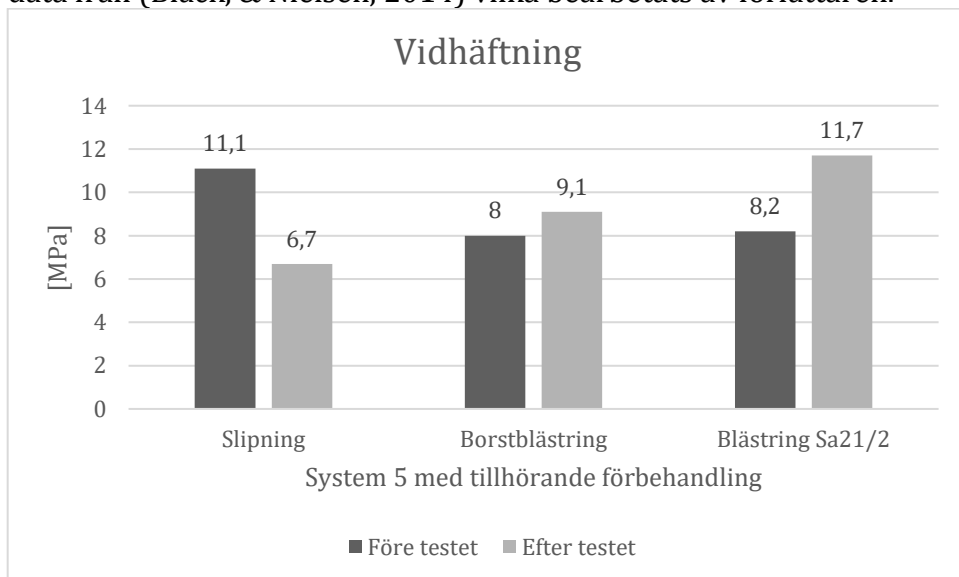
**Tabell 212.** Visar vidhäftning före och efter test för system 4. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



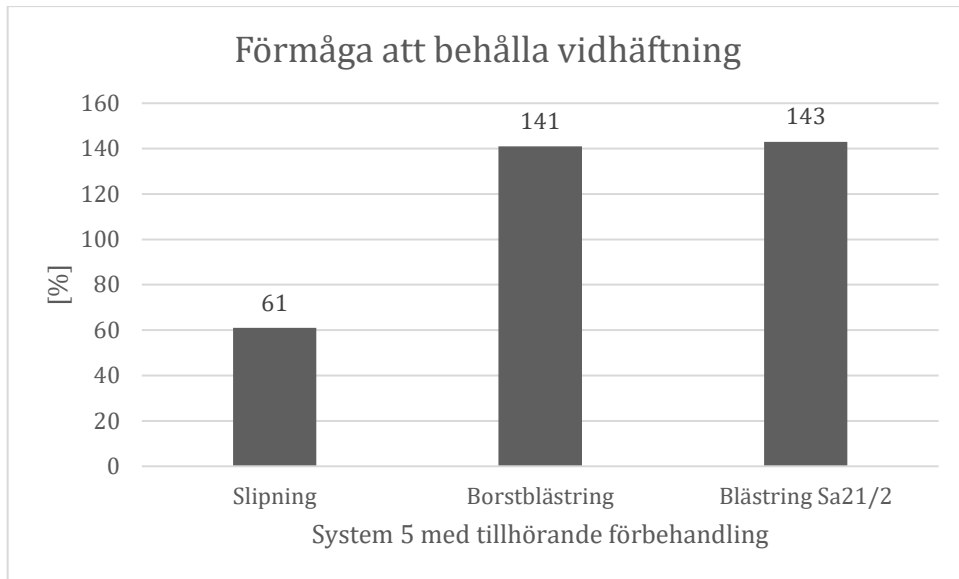
**Tabell 213.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 4. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



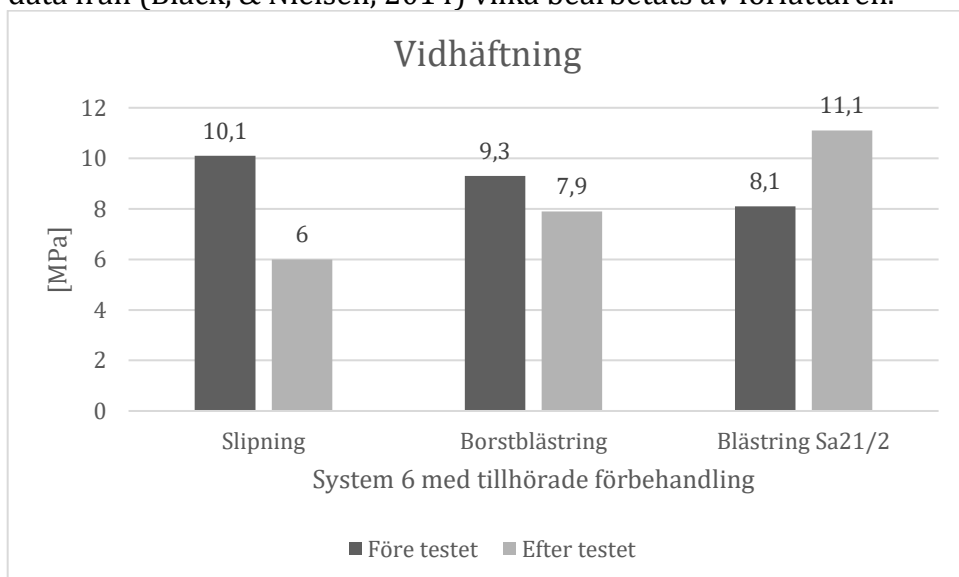
**Tabell 214.** Visar vidhäftning före och efter test för system 5. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



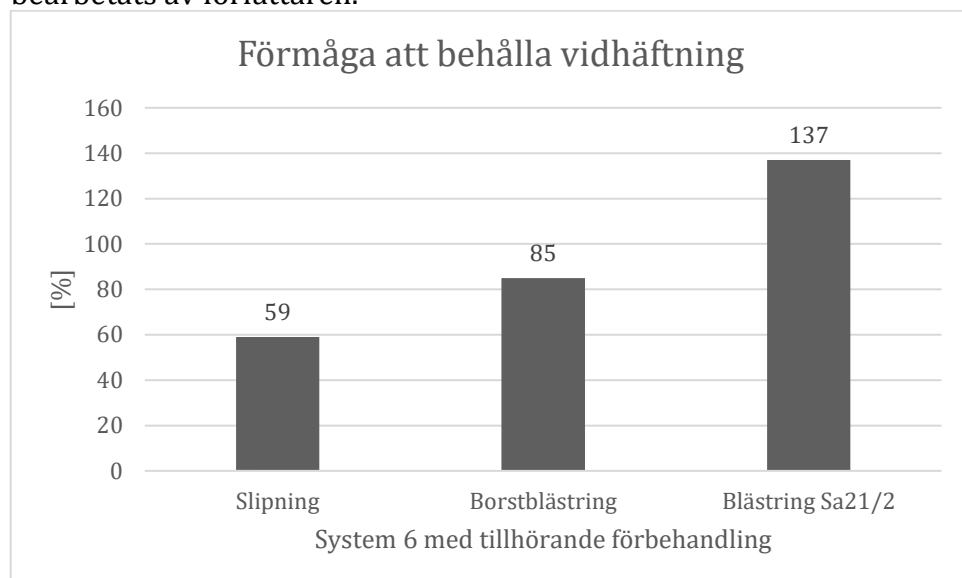
**Tabell 215.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 5. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



**Tabell 216.** Visar vidhäftning före och efter test för system 6. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



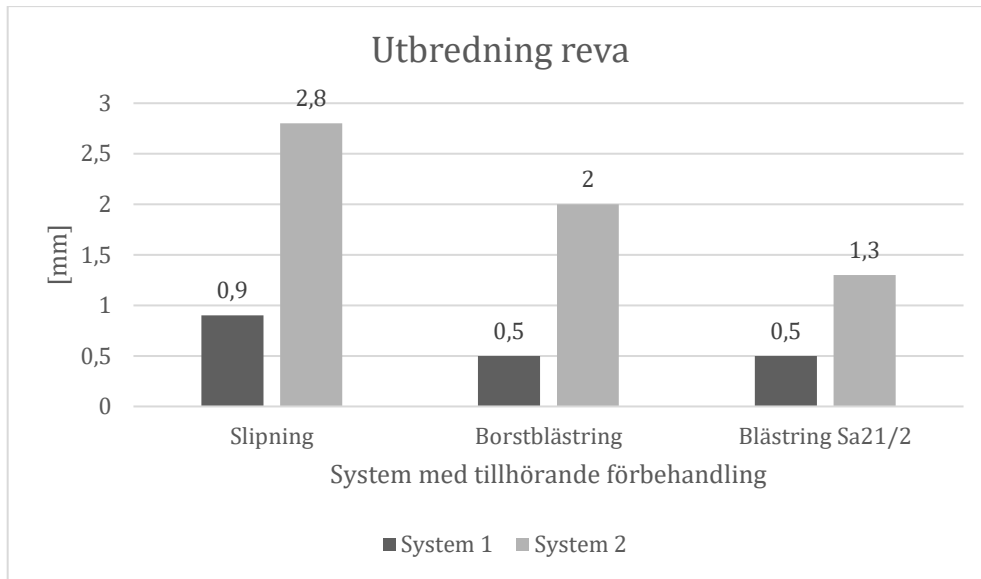
Tabell 217. Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med test för system 6. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



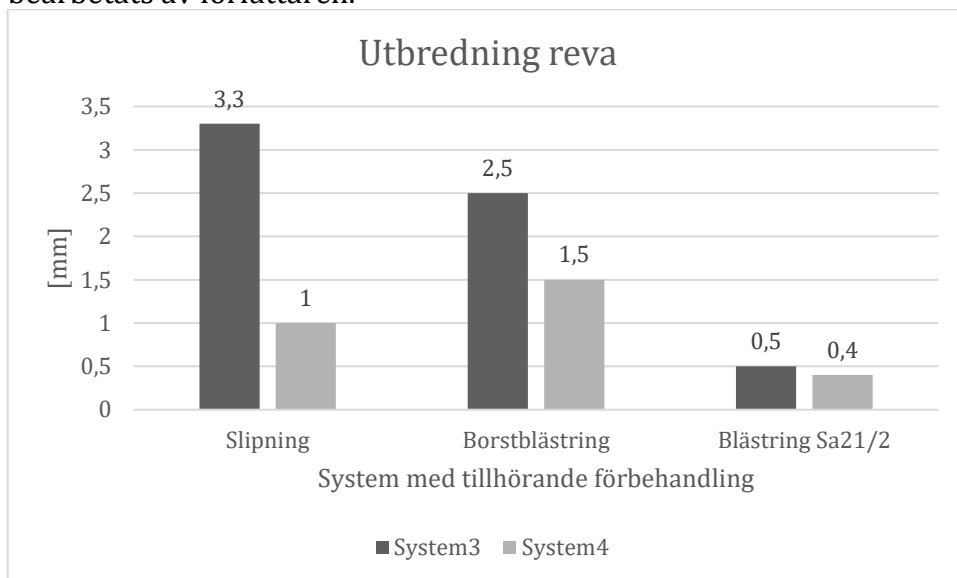
#### 11.6.4.2 Nedsänkningstest

I likhet med saltspraytestet upptäcktes varken sprickor, rost eller flagor. Detsamma gällde systemen vilka var förbehandlade till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  samt system 3 och 4. Dessa visade inga tecken på blåsbildning. Korrosionsangrepp syntes vid revan och de delar som reparationsmålats vilket enligt testteamet är kopplat till vattenlinjeskorrosion. Vid det följande vidhäftningstestet visade system förbehandlade till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  klart bättre resultat än övriga system. Med avseende på plats där vidhäftningsbrotten ägde rum noterades ett beteende som var snarlikt det vid saltspraytestet (Black, & Nielsen, 2014).

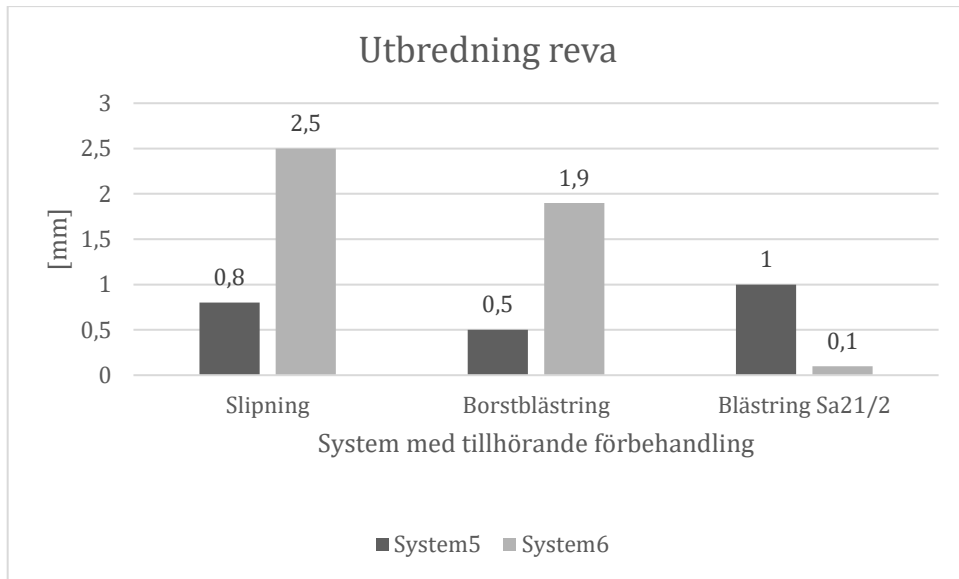
Tabell 218. Visar revans bredd för system 1 och system 2 i samband med nedsänkningstest. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



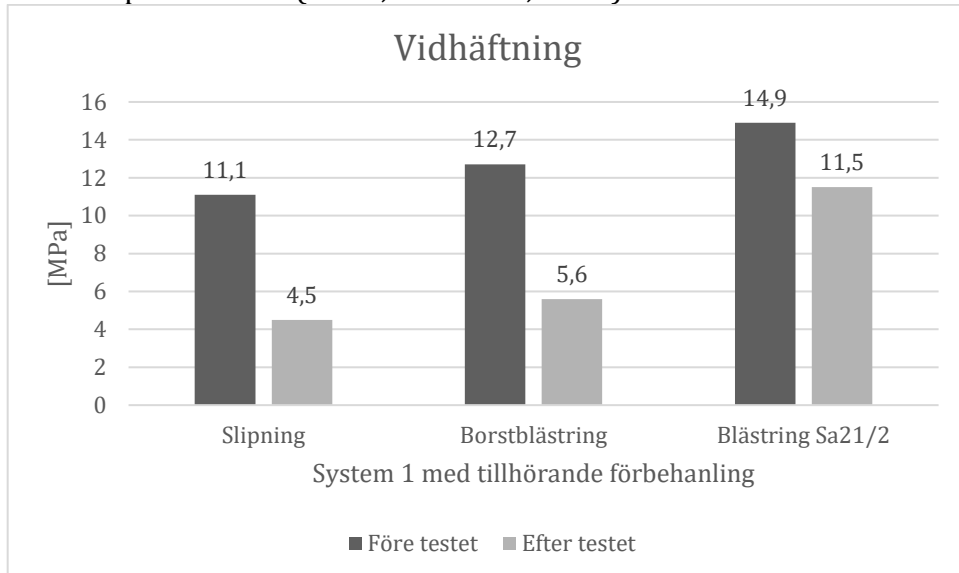
**Tabell 219.** Visar revans bredd för system 3 och system 4 i samband med nedsänkningstest. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



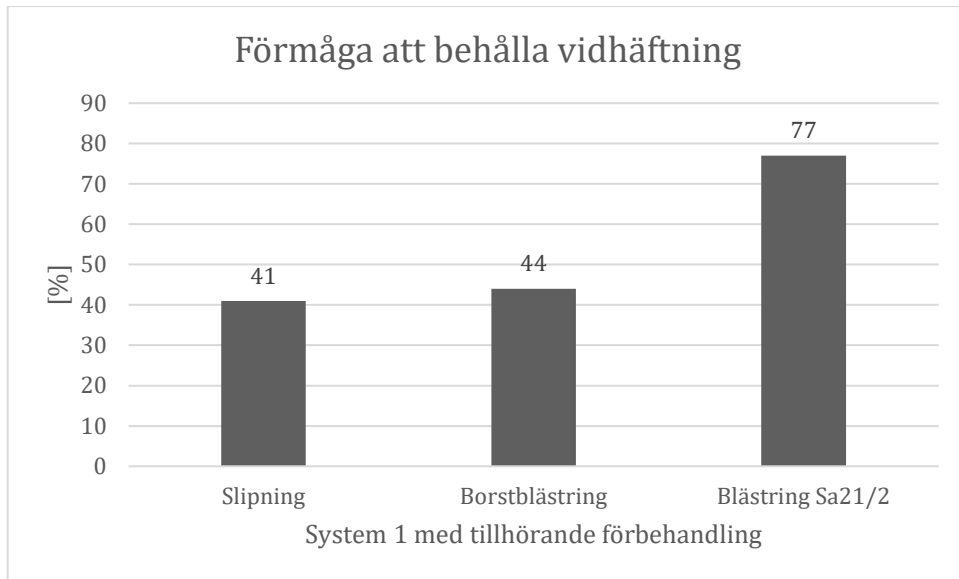
**Tabell 220.** Visar revans bredd för system 5 och system 6 i samband med nedsänkningstest. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



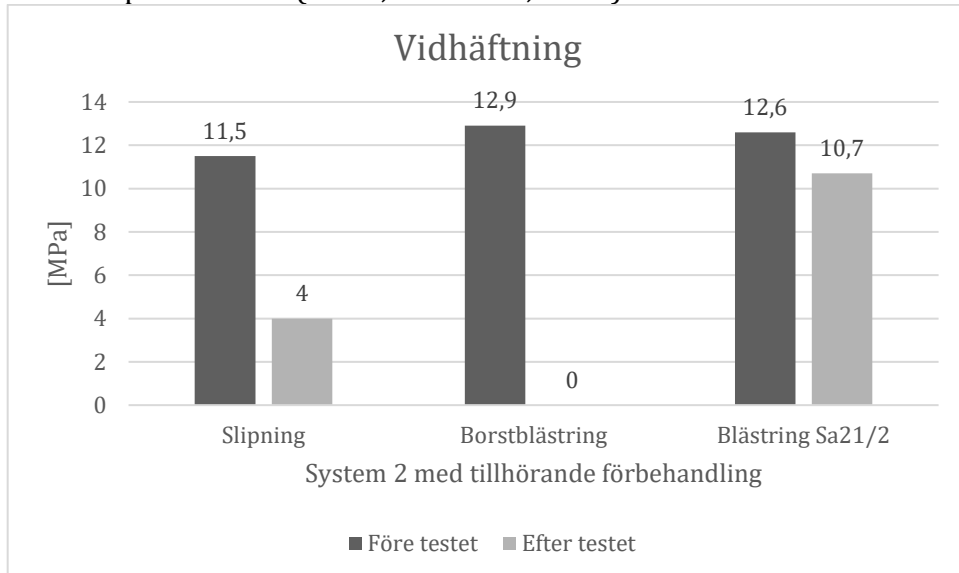
**Tabell 221.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 1. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



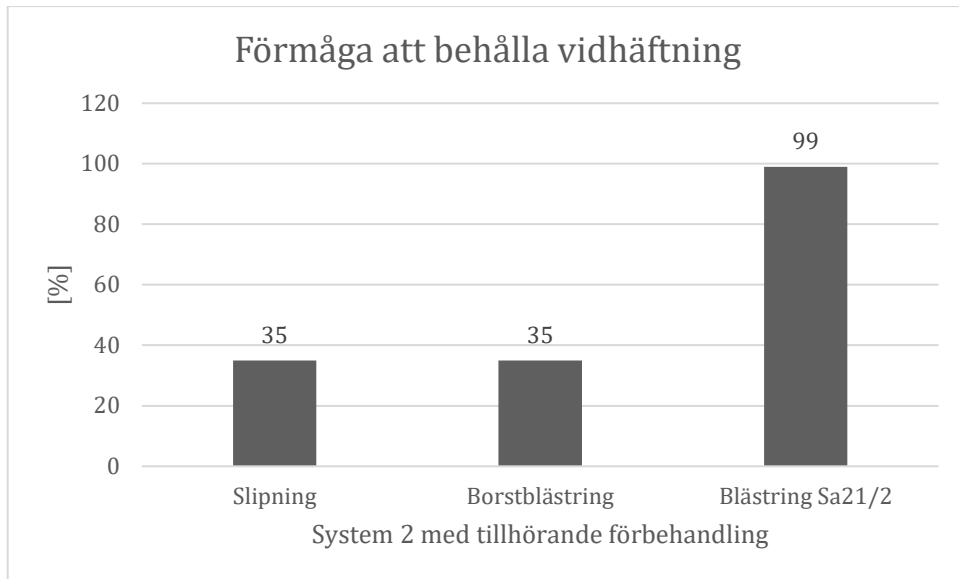
**Tabell 222.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 1. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



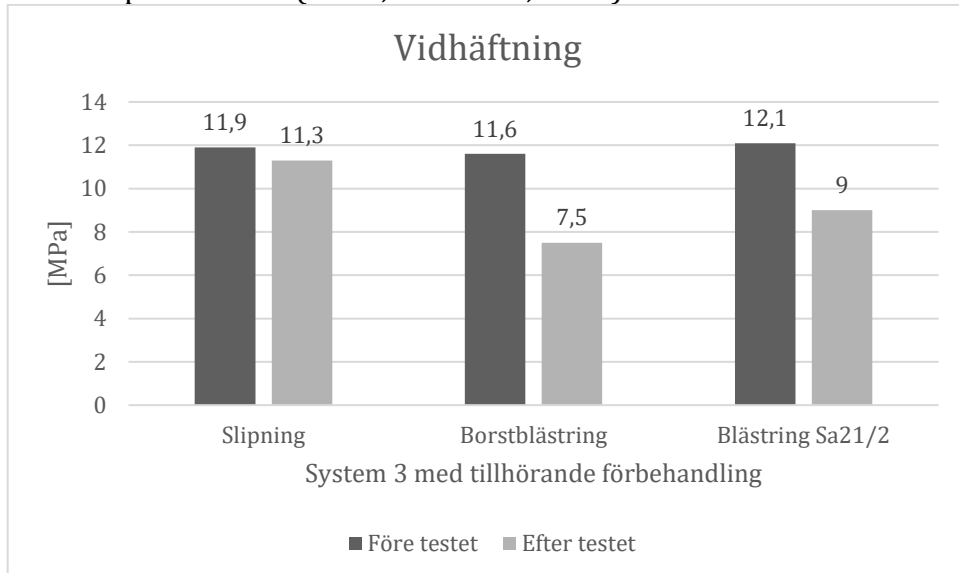
**Tabell 223.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 2. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



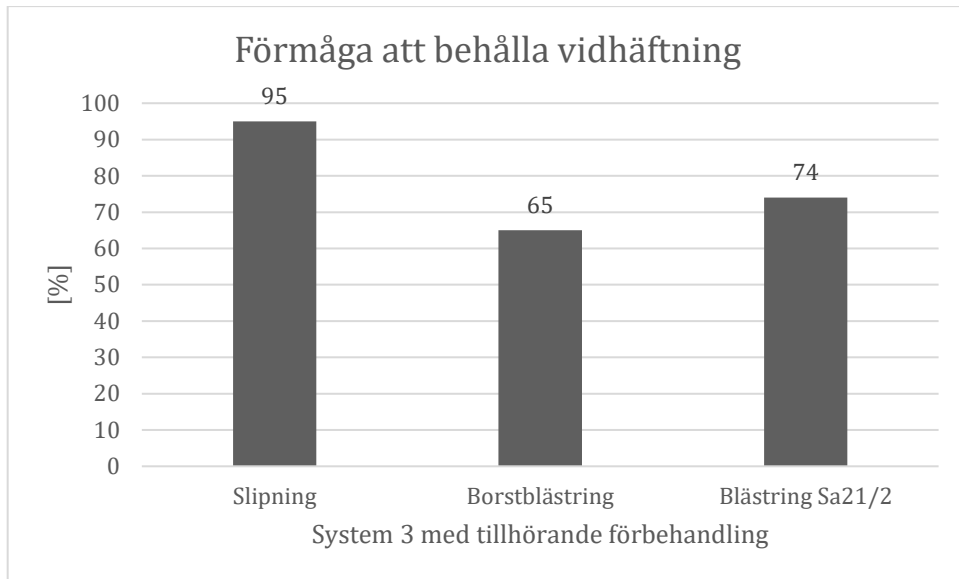
**Tabell 224.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 2. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



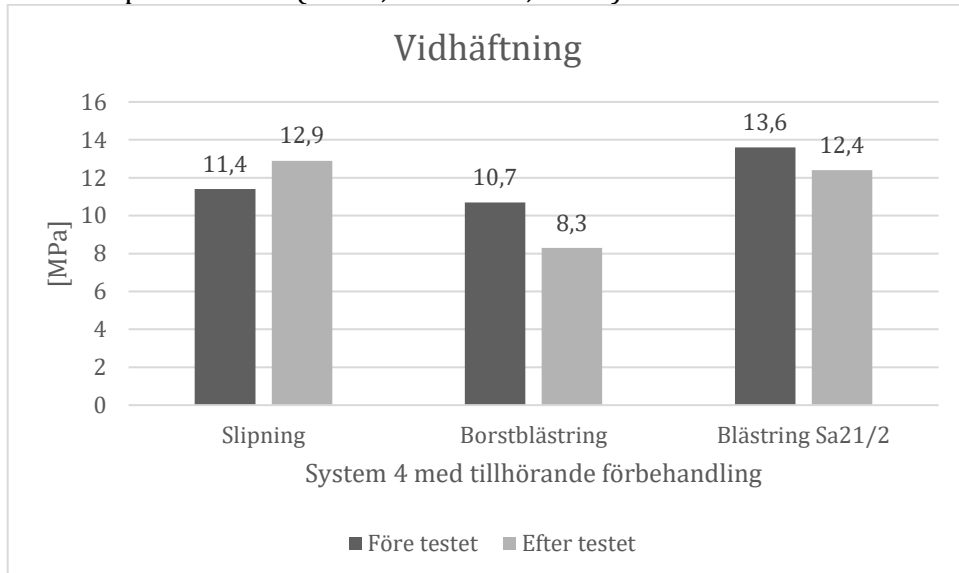
**Tabell 225.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 3. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



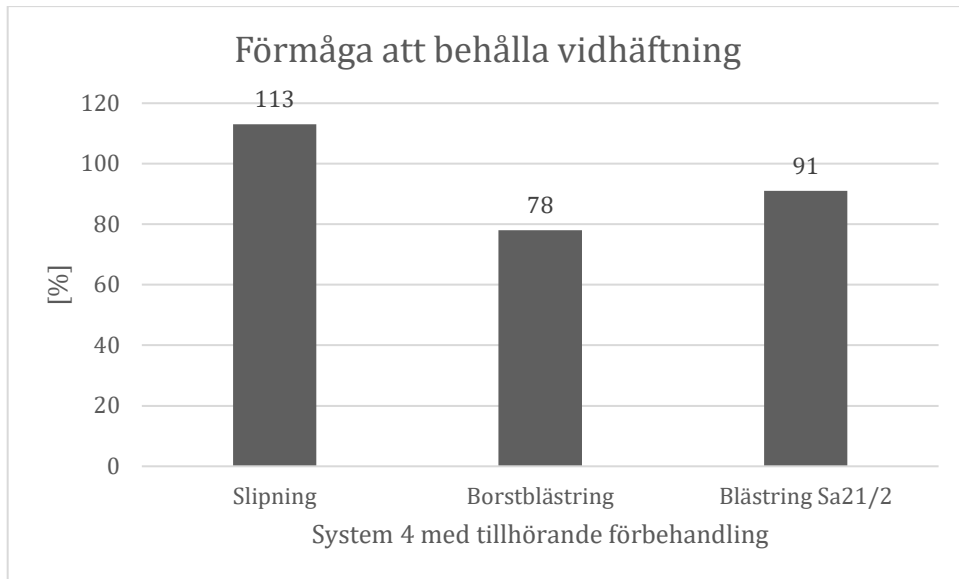
**Tabell 226.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 3. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



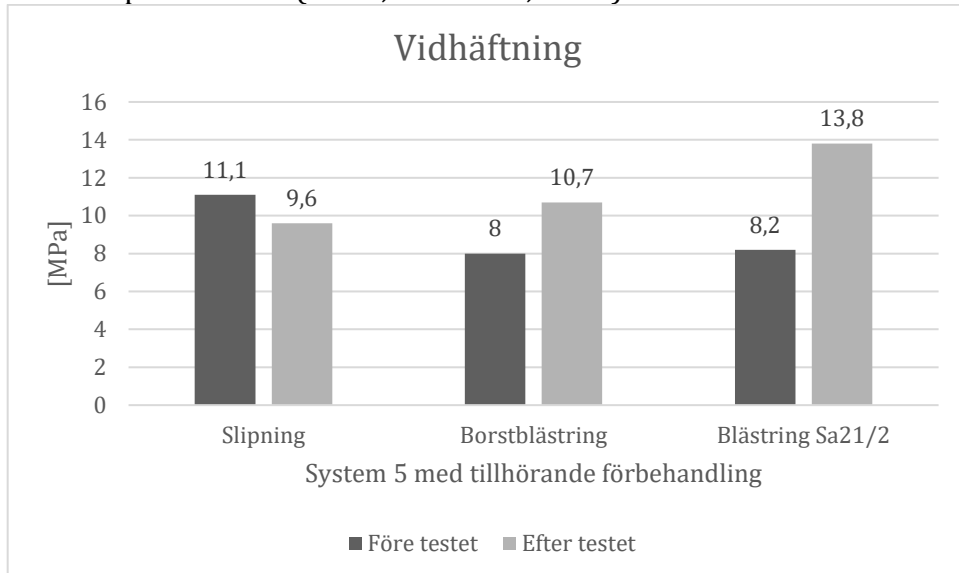
**Tabell 227.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 4. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



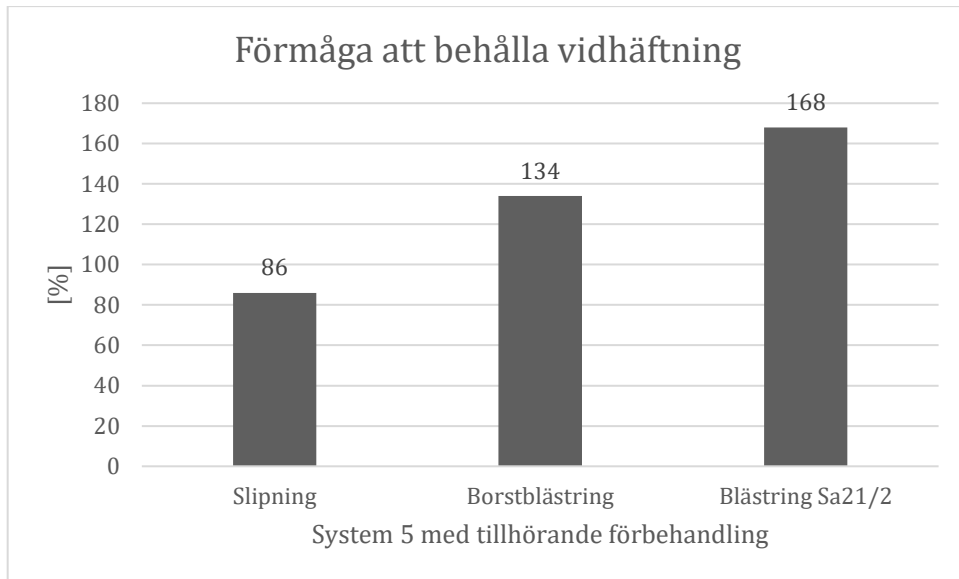
**Tabell 228.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 4. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



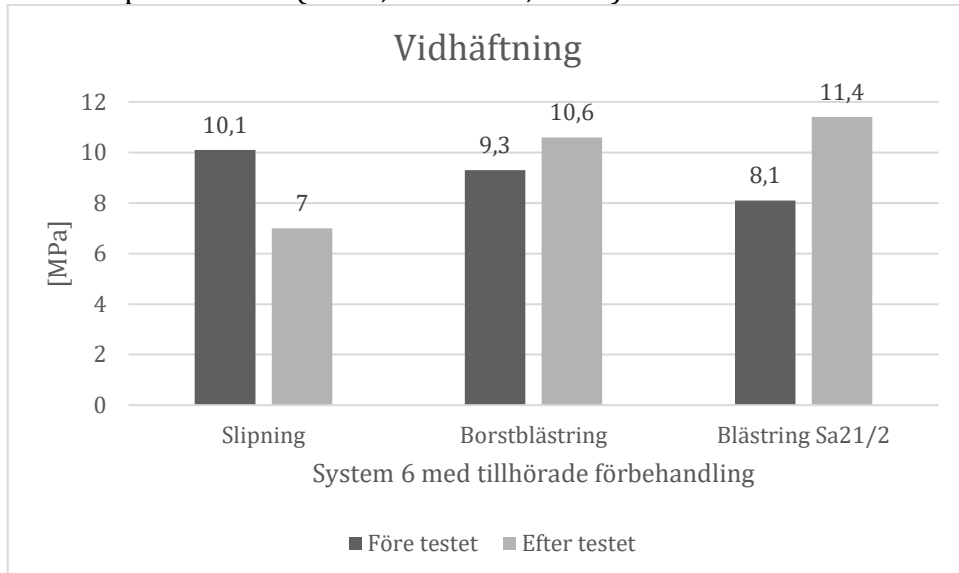
**Tabell 229.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 5. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



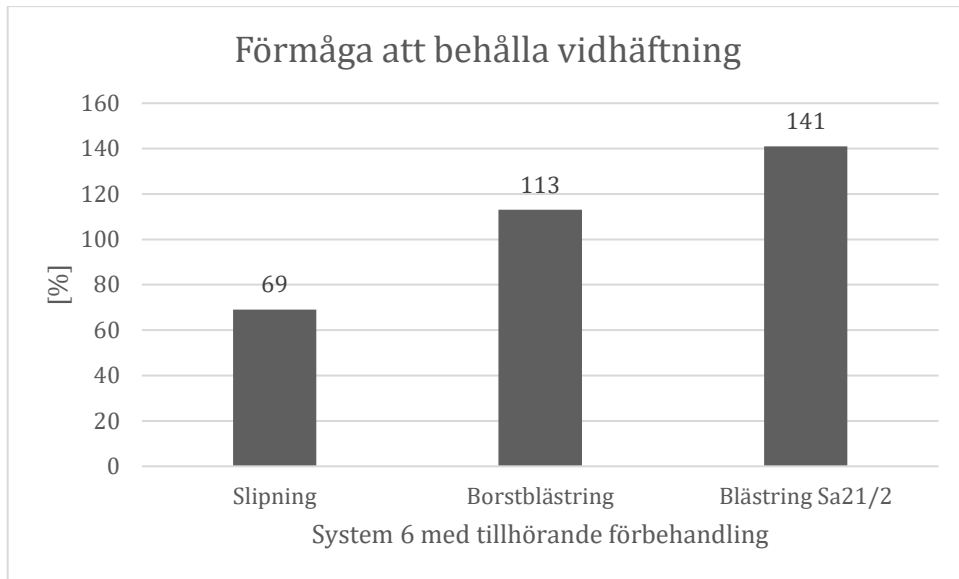
**Tabell 230.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 5. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



**Tabell 231.** Visar vidhäftning före och efter nedsänkningstest för system 6. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



**Tabell 232.** Visar förmåga att behålla vidhäftningskapacitet i samband med nedsänkningstest för system 6. Tabell baserad på data från (Black, & Nielsen, 2014) vilka bearbetats av författaren.



### 11.6.5 Slutsatser

Vissa system, exempelvis 5 och 6 uppvisade revor som inte var större än 1 mm vid vissa förbehandlingar men inte samtliga. Det gör att systemet inte kan betraktas som godkänt. De som utförde testet noterar emellertid att färgen applicerades med pensel vilket inte är lika optimalt som applicering genom att spraymålning. Detta anförs som ett tänkbart skäl till att de inte klarade testet. De noterade även att proverna bar mer salt än vad som är normalt vid nymålning, vilket också kan påverka prestationsförmågan. Med avseende på flagor, rost, sprickor och andra visuellt upptäckbara skador presterade alla system utom 5 mycket då de förbehandlats till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . System 3 och 4 presterade väl vid alla tre förbehandlingsmetoder. Prover förbehandlade till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  presterade klart bättre med avseende på utbredning av reva. Borstblästring visar en tendens att prestera något bättre än slipning vid samma test. Betraktas tabellerna framgår det att system förbehandlade till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  presterar klart bättre än de andra vid såväl saltspraytest som nedsänkningstest, undantaget system 3 och 4 där slipning verkar fungera likvärdigt med blästring till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$ . I stort kom testteamet fram till att  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  presterade bättre än de andra i såväl saltspraytestet som nedsänkningstestet. De noterade även att mekanisk slipning i princip var i nivå med  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  vid nedsänkningstestet, men det samtidigt den förbehandling som presterade som vid saltspraytestet. För system 3 och 4 var  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  och slipning nästan jämbördiga över lag betraktat. Revans vidd var något bredare och vidhäftningen något mindre stark för de slipade systemen. De som utförde testet konstaterar att förbehandlingen är av större relevans än färgtillverkare, givet att målningsystemen inte är alltför olika. Huruvida en underhållsfärg är yttolerant eller ej är av stor vikt. Vidare menar de att man inte kan säga med alltför stor noggrannhet hur ett målningsystem kommer prestera genom att enbart studera produktbeskrivningen då de i regel rekommenderar vattenblästring eller slipning utan inbördes ranking. Testerna tyder på att de båda förbehandlingarna inte ger samma resultat. Enligt samma författare tyder mycket på att

skiktthjockleken är av underordnad betydelsen jämfört med förhandlingsmetod samt att ett fullgott skydd kan erhållas med tunnare och färre skikt än vad som vanligen rekommenderas, givet att tvätt och blästring genomförs omsorgsfullt. Samtidigt har de konstaterat att yttoleranta färger kan ge ett tillräckligt skydd även vid mindre noggrann förbehandling och att den mest yttoleranta grundfärgen skall prioriteras i de fall förbehandling till  $Sa\ 2\frac{1}{2}$  inte är möjlig. De menar även att skiktthjocklekar mellan  $326\ \mu m$  till  $571\ \mu m$  är tillräckliga för att ge ett godkänt skydd (Black, & Nielsen, 2014).

## 12 Analys

Epoxikategorin tillhör de vanligaste grundfärgerna. Dess vidhäftningsförmåga har över lag visat sig vara tillfredställande. Betraktas *Tabell 187* samt *Tabell 188* kan det noteras att epoxifärger visar god vidhäftningsförmåga i tidvattenzon. *Tabell 185* och *Tabell 186* indikerar en något sämre vidhäftningskapacitet under vattenytan. Uppmätta värden är emellertid med marginal över gränsen för vad som anses godkänt. *Tabell 189-191* ger information om två system vilka båda har epoxifärg som primer. De visade upp snarlika värden vad beträffar brottspänning, dock råder stor skillnad mellan system i fråga om vidhäftning i själva skiktet. Prov 1 hade polyuretan som täcksikt medan prov 2 hade epoxi i alla skikt. *Tabell 189* visar att Prov 1 visade tendens till brott vid grundfärgen, antingen i anslutning till metall eller till skiktet ovanför. *Tabell 190* visar däremot att vidhäftningen hos grundfärgen ökat med tid och brotten flyttade till de yttre skikten. 40% av brotten skedde mellan lim och provkuts, vilket borde tyda på en exceptionellt god vidfästning hos hela strukturen. *Tabell 190* samt *191* visar fördelningen av brott för Prov 2. *Tabell 190* visar att de flesta brotten skedde i samband med mellanfärgen, främst mellan täcksikt och mellanfärg. *Tabell 191* visar däremot att 90% av brotten sker i anslutning till grundfärgen, vilket är ofördelaktigare i jämförelse med brott i yttre skikt (Momber, Irmer, & Glück, 2015). Vid samma testtillfälle visade sig prov 6, vilket bestod av tre lager epoxi, vara högpresterande med avseende på vidhäftning i samband med åldrande. *Tabell 199* samt *200* visar att en viss mängd brott skedde vid grundfärgen i nytt tillstånd medan brotten flyttade till de yttre skikten med tiden, vilket över lag ger den ett mycket gott omdöme. Bortsett från prov 2 går kan det konstatera att epoxifärger visar prov på god vidhäftning mot metallunderlaget, vilket även Hult & Persson (2015) anser. Färgsystemen hade varierande inslag av pigment i det test som gav upphov till *Tabell 190-200*. Enligt Forsgren (2016) används pigment i stor utsträckning och är till stor nytta. Hon är dock av åsikten att de inte har någon större inverkan vid accelererade tester, där det snarare är bindemedlet som är av störst vikt för resultatet. Vid tester som mäter nötning har däremot pigment visat sig vara desto mer betydelsefulla (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015). Det kan nämnas att polyuretan har visat sig vara olämpligt att använda som grundfärg, vilket förvisso inte är förvånande eftersom den primärt används som täckfärg. Under ett accelererat test som jämförde färger i såväl nytt som åldrat tillstånd visade polyuretanfärgen mycket hög kapacitet att hantera stötar. Det hade tillsammans med ett referensprov det högsta uppmätbara värdet. I samma test gick en epoxifärg från ganska låg slagåtlighet till lika hög som polyuretanen. Forsgren (2016) menar att epoxifärgerna är kända för sina mekaniska förmågor. Även Hult & Person bedömer dess förmåga att hantera stötar som god. De som utförde testet fann det emellertid svårt att förklara hur epoxins förmåga kunde öka med åldrandet (Momber, Irmer, & Glück, 2015). Likadana färgsystem som förekom i kap 10.3 genomgick ett test som mätte nötning vid två olika temperaturer. Genom att betraktas *Tabell 183* samt *Tabell 184* går det att notera att epoxin har något bättre förmåga att motstå nötning i förhållande till polyuretanfärg. De som utförde testet påpekade att färgers nötningshärdighet förändras då glasomvandlingstemperaturen närmas (Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, 2015) *Tabell 1* visar dock att det inte är aktuellt i nordiskt klimat.

Beträffande förmåga att klara fukt är inte alla författare samstämmiga. Hult & Persson beskriver den alifatiska polyuretanens förmåga att exponeras mot vatten som dålig medan Forsgren (2016) beskriver den som mycket god. *Tabell 2* visar hur polyuretanens bindningar försvagas med tiden vid 100% relativ fuktighet. Vid det accelererade testet försvårade stora standardavvikelser möjligen att utläsa några specifika trender. De kunde däremot notera vid studiet av kontaktvinklarna hos färgsystemen att de med polyuretan som yttersta skikt visade minskad kontaktvinkel under testerna, vilket tyder på ett hydrofilt beteende (Momber, Irmer, & Glück, 2015). I samband med en studie utförd av SWEREA KIMAB AB fann man att zinkrik oorganisk färg presterade bättre än referensobjekt målade med epoxifärg (Tidbeck, Sederholm, 2020) Även andra tester vilka denna rapport avhandlat har pekat på att zinkrika grundfärger ett utmärkt korrosionsskydd. Det har visat sig att zinkrik epoxigrundfärg täckt med polysiloxan ger ett minst lika gott skydd som ett traditionellt system bestående epoxi grund- och mellanfärg täckt av polyuretan (Toubia, Emami, 2016). Ur en miljösynpunkt står sig de flesta epoxivarianter och polyuretaner inte särskilt väl då de tenderar att ha höga VOC-värden jämfört med polysiloxan och silikatfärger. Mycket tyder på att förbehandling spelar en stor roll för ett målningsystems prestanda (Black, & Nielsen, 2014). Därför borde färgers yttolerans vara av stor vikt vid val av färg för underhåll.

## 12.1 Slutsats

Epoxiprimer framstår som ett bra val av primer vid rosskyddsmålning av spantar, främst tack vare dess goda vidhäftningsegenskaper till metallunderlag samt att de är relativt okomplicerade att arbeta med och har god kompatibilitet. Att de kan förses med olika pigment gör dem ännu mer flexibla. Det går inte att förbise deras höga VOC vilket bland annat gör att Trafikverket vill fasa ut användningen. Samtidigt är det talande att de inte finner det enkelt eftersom epoxifärgerna är svåra att ersätta till följd av deras korrosionsskydd i förhållande till kostnad. I de fall resurs finns bör ett system ett hybridsystem eller zink-silikat övervägas. Dessa ställer emellertid andra krav på certifiering hos applicerare och liknande. Betraktas exempelvis systemet Fontezinc HR kan man dra slutsatsen att det sannolikt inte kommer behöva underhållas särskilt mycket. Däremot tillkommer en högre initial kostnad. Därför kan ett sådant system vara lämpligt i de fall underhåll visar sig vara problematiskt att göra med frekventa intervall. Vid mindre projekt där dessutom underhåll med enkelhet kan genomföras, skulle ett enklare system med bred kompatibilitet vara lämpligt.

## 12.2 Diskussion

Att välja målningsystem är en komplex fråga. Testerna som inventerats har till stor del haft anknytning till offshore-industri och dess ganska stränga vädermässiga förutsättningar. Därför borde testerna vara adekvata för spantar i kustmiljö. Till målningsystemet hör som bekant även förberedelse och applicering. Till detta kommer underhållsdelen. Ekonomi är också en viktig faktor och det är stort skillnad på initialkostnad mellan olika system. En ekonomisk utredning av tillfredställande omfattning har tyvärr varit möjlig i samband med detta arbete. Vissa system kräver bland annat certifierade målare

och noggrannheten är avgörande för resultatet. Det kan enligt två intervjukällor vara befogat att acceptera en något större kostnad vid ny målning.

## 13 Referenser

- Bardal, E. (2004): *Corrosion and Protection*. Springer-Verlag, London, England, xx sid.
- Jones, D.A. (2014): *Principles and Prevention of Corrosion*. Pearson Education Limited, London, England, xx sid
- Schweitzer, P.A. (2010): *Fundamentals of CORROSION*. Taylor and Francis Group, Boca Raton, Amerikas förenta stater, xx sid.
- Forsgren, A. (2006): *Corrosion Control Through Organic Coating*. Taylor & Francis Group, Boca Raton, Amerikas förenta stater, xx sid
- Kaesche, H. (2003): *Corrosion of Metals*. Springer-Verlag, Berlin, Tyskland, {årtal}, xx sid.
- Davis, J.R. (2000): *Corrosion: Understanding the basics*. ASM International, Russel Township, { Amerikas förenta stater },xx sid.
- Wall, H. (2013): *Service Life Assessment of Harbour Structures: Case studies of chloride ingress into concrete structure and sheet piling corrosion rates* (Doktorsavhandling, Lunds universitet, Lund). Hämtad från <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/4057925/4249509.pdf>
- Momber, A.W, Plagemann, P., & Stenzel, V. (2015) The adhesion of corrosion protection systems for offshore wind power constructions after three years under offshore exposure. *International Journal of Adhesion & Adhesives*, 65(2016), 96-101. Doi: 10.1016/j.ijadhadh.2015.11.011
- Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann, P, (2015) Abrasion testing of organic corrosion protection coating systems with a rotating abrasive rubber wheel. *Wear*, 348-349(2016), 166-180. Doi: 10.1016/j.wear.2015.11.001
- Momber, A.W, Irmer, M., & Glück, N., (2015) Effects of accelerated low-temperature ageing on the performance of polymeric coating systems on offshore steel structures *Cold Regions Science and Technology*, 140(2017), 39-53. Doi:10.1016/j.coldregions.2017.04.005
- López-Ortega, A., Bayón, R., Arana, J.L, (2019) Evaluation of Protective Coatings for High-Corrosive Atmosphere in Offshore Applications. *Materials*, 12(1325) Doi:10.3390/ma12081325
- Toubia, E.A, Emami, S., (2016) Experimental Evaluation of Structural Steel Coating Systems. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(12) DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001670
- Fernandez, I., Lundgren, K., & Zandi, K., (2018) Evaluation of corrosion levels of naturally corroded bars using different cleaning methods, computed tomography, and 3D optical scanning. *Materials and structures/Materiaux et Constructions*, 51(3). Doi:10.1617/s11527-018-1206-z
- Hult, T., & Persson, C. (Red). (2015). *Handbok i rostskyddsmålning*. Stockholm: Swerea KIMAB
- Kemikalieinspektionen (14 augusti 2020). Kort om reglerna för flyktiga organiska föreningar i färger och lacker <https://www.kemi.se/lagar-och->

[regler/ytterligare-eu-regler/farger-och-lacker-voc/kort-om-reglerna-for-voc-i-farger-och-lacker](#)

U.S National Library of Medicine (14 augusti 2020). Volatile organic compounds. <https://toxtown.nlm.nih.gov/chemicals-and-contaminants/volatile-organic-compounds-vocs>

USGS (2006). Volatile Organic Compounds in the Nation's Ground Water and Drinking-Water Supply Wells-A summary (Fact Sheet 2006-3048). U.S Department of the interior. <https://pubs.usgs.gov/fs/2006/3048/pdf/fs2006-3048.pdf>

Jotun. (u.åa). *Baltoflake*. [Produktdatablad]. [https://jotunimages.azureedge.net/images/images/Baltoflake-brochure-Nov-2013\\_tcm84-1581.pdf](https://jotunimages.azureedge.net/images/images/Baltoflake-brochure-Nov-2013_tcm84-1581.pdf)

Jotun. (u.åb). *The advanced Jotamastic range*. [Produktdatablad]. [https://jotunimages.azureedge.net/images/images/Jotamastic-protective-brochure-2011\\_tcm279-1592.pdf](https://jotunimages.azureedge.net/images/images/Jotamastic-protective-brochure-2011_tcm279-1592.pdf)

Teknos. (u.å). *Teknos produktfakta*. [Produktdatablad]. [https://www.teknos.com/globalassets/teknos.se/gi-pc/produktfakta-2018\\_ind\\_vat\\_korr10.pdf](https://www.teknos.com/globalassets/teknos.se/gi-pc/produktfakta-2018_ind_vat_korr10.pdf)

Nationalencyklopedin. (u.å). Elektrolyt. Hämtad 03-24 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/enkel/elektrolyt>

Camitz, G (1994) *Korrosion och korrosionsskydd av stålplåtar och stålspons i jord och vatten* (Rapport 93). Linköping: IVA Pålkommisionen

Sandberg, B. (2016) *Korrosion av stålkonstruktioner med lång förväntad livslängd – nuläges-sammanställning* (11659:2). Kista: Swerea KIMAB AB

Wadsö, L. & Wall, H. (2013) *Corrosion rate measurements in steel sheet pile walls in a marine environment*, *Marine Structures*, 33, 21-32. doi:10.1016/j.marstruc.2013.04.006

Pålab(2016) Ett grundligt grundarbete – hur vi arbetar. Och varför. [broschyr]. Hämtad från [https://www.palab.eu/wpcontent/uploads/2017/11/palab\\_broschyr\\_2016\\_web.pdf](https://www.palab.eu/wpcontent/uploads/2017/11/palab_broschyr_2016_web.pdf)

Standard Norge. (2019) NORSOK Standards Hämtad 2020-04-19 från <https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standards/#.XqudMp4zbIU>

Svenska Institutet för Standarder (u.å). ISO, International Organization for Standardization. Hämtad 2020-04-19 från <https://www.sis.se/standardutveckling/internationell-standardisering/iso/>

Tidbeck, B., Sederholm, B., (2020) Inspection of reference objects coated with various zinc rich coatings (15660) RISE KIMAB AB

- Paul, K.C, Pal, A.K., Ghosh, A.K, & Chakraborty, N.R, (2004) Thermal measurements of coating films used for surface insulation and protection *Surface Coatings International Part B: Coatings Transactions*, 87(2004), 71-148.
- Miyama, M., Yang, Y., Yasuda, T., Okuno, T., & Yasuda, H.K, (1997) Static and Dynamic Contact Angles of Water on Polymeric Surfaces *Langmuir*, 13(1997), 5494-5503. Doi:10.1021/la960870n
- A. R. Black, P. K. Nielsen. (2014) Durability of coating repair systems for offshore service (EUROCORR). FORCE Technology. <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/corrosion-protection/unnumbered/corr-white-papers/eurocorr-2014-durability-of-coating-repair-systems-for-offshore-services.pdf>
- Bardal (2004). Principiell illustration som visar korrosionsceller samt elektrolyt. [Illustration]. Opublicerad.
- Schweitzer (2010). Illustration som visar luftningscell. [Illustration]. Opublicerad.
- Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann (2015). Principskiss över skiktindelning. [Illustration] Opublicerad.
- Schweitzer (2010) Glasomvandlingstemperatur. [Tabell 1.] Opublicerad.
- Schweitzer (2010) Styrka hos bindningar som utsätts för 100 % relativ fuktighet med avseende på tid. [Tabell 2.] Opublicerad.
- Jotun (2020a) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 3.] Opublicerad
- Jotun (2020a) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 4.] Opublicerad
- Jotun (2020a) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 5.] Opublicerad
- Jotun (2020b) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 6.] Opublicerad
- Jotun (2020b) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 7.] Opublicerad
- Jotun (2020b) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 8.] Opublicerad
- Jotun (2019a) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 9.] Opublicerad
- Jotun (2019a) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 10.] Opublicerad
- Jotun (2019a) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 11.] Opublicerad
- Jotun (2020c) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 12.] Opublicerad
- Jotun (2020c) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 13.] Opublicerad
- Jotun (2020c) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 14.] Opublicerad
- Jotun (2018a) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 15.] Opublicerad
- Jotun (2018a) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 16.] Opublicerad
- Jotun (2018a) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 17.] Opublicerad
- Jotun (2019b) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 18.] Opublicerad
- Jotun (2019b) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 19.] Opublicerad
- Jotun (2019b) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 20.] Opublicerad
- Jotun (2016a) Minsta övermålningsintervall. [Tabell 21.] Opublicerad
- Jotun (2016a) Tid innan färg är klar för användning. [Tabell 22.] Opublicerad
- Jotun (2016a) Skiktjocklekar samt teoretisk sträckförmåga. [Tabell 23.] Opublicerad

Jotun(2018b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 24.] Opublicerad  
Jotun(2018b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 25.] Opublicerad  
Jotun(2018b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 26.]  
Opublicerad  
Jotun(2020d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 27.] Opublicerad  
Jotun(2020d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 28.] Opublicerad  
Jotun(2020d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 29.]  
Opublicerad  
Jotun(2019c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 30.] Opublicerad  
Jotun(2019c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 31.] Opublicerad  
Jotun(2019c) Minsta övermålningsintervall med.[Tabell 32.] Opublicerad  
Jotun(2019c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 33.] Opublicerad  
Jotun(2019c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 34.]  
Opublicerad  
Jotun(2019c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 35.]  
Opublicerad  
Jotun(2020e) Minsta övermålningsintervall med.[Tabell 36.] Opublicerad  
Jotun(2020e) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 37.] Opublicerad  
Jotun(2020e) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 38.]  
Opublicerad  
Jotun(2019d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 39.] Opublicerad  
Jotun(2019d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 40.] Opublicerad  
Jotun(2019d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 41.]  
Opublicerad  
Jotun(2018c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 42.] Opublicerad  
Jotun(2018c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 43.] Opublicerad  
Jotun(2018c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 44.] Opublicerad  
Jotun(2018c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 45.] Opublicerad  
Jotun(2018c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 46.]  
Opublicerad  
Jotun(2018c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 47.]  
Opublicerad  
Jotun(2018d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 48.] Opublicerad  
Jotun(2018d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 49.] Opublicerad  
Jotun(2018d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 50.] Opublicerad  
Jotun(2018d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 51.] Opublicerad  
Jotun(2018d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 52.]  
Opublicerad  
Jotun(2018d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 53.]  
Opublicerad  
Jotun(2017) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 54.] Opublicerad  
Jotun(2017) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 55.] Opublicerad  
Jotun(2017) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 56.] Opublicerad  
Jotun(2017) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 57.] Opublicerad  
Jotun(2017) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 58.]  
Opublicerad  
Jotun(2017) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 59.]  
Opublicerad  
Tikkurila(2019a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 60.] Opublicerad

Tikkurila(2019a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 61.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 62.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 63.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 64.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 65.]  
Opublicerad

Tikkurila(2020a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 66.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 67.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 68.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 69.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 70.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 71.] Opublicerad

Tikkurila(2020a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 72.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 73.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 74.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 75.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 76.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 77.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 78.] Opublicerad

Tikkurila(2019b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 79.]  
Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 80.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 81.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 82.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 83.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 84.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 85.] Opublicerad

Tikkurila(2020b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 86.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 87.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 88.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 89.] Opublicerad

Tikkurila(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 90.] Opublicerad

Tikkurila(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 91.] Opublicerad

Tikkurila(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 92.] Opublicerad

Tikkurila(2019e) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 93.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019f) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 94.] Opublicerad

Tikkurila(2019f) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 95.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019g) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 96.] Opublicerad

Tikkurila(2019g) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 97.]  
Opublicerad

Tikkurila(2019h) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 98.] Opublicerad  
Tikkurila(2019h) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 99.]  
Opublicerad  
Hempel(2019a) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 100.] Opublicerad  
Hempel(2019a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 101.]  
Opublicerad  
Hempel(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 102.] Opublicerad  
Hempel(2019b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 103.] Opublicerad  
Hempel(2019b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 104.]  
Opublicerad  
Hempel(2020) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 105.] Opublicerad  
Hempel(2020) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 106.] Opublicerad  
Hempel(2020) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 107.]  
Opublicerad  
Hempel(2019c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 108.] Opublicerad  
Hempel(2019c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 109.] Opublicerad  
Hempel(2019c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 110.]  
Opublicerad  
Hempel(2019d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 111.] Opublicerad  
Hempel(2019d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 112.] Opublicerad  
Hempel(2019d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 113.]  
Opublicerad  
Hempel(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 114.] Opublicerad  
Hempel(2019e) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 115.] Opublicerad  
Hempel(2019e) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 116.]  
Opublicerad  
Hempel(2019f) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 117.] Opublicerad  
Hempel(2019f) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 118.] Opublicerad  
Hempel(2019f) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 119.]  
Opublicerad  
International(2015a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 120.] Opublicerad  
International(2015a) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 121.]  
Opublicerad  
International(2015a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 122.]  
Opublicerad  
International(2015b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 123.] Opublicerad  
International(2015b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 124.]  
Opublicerad  
International(2015b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 125.]  
Opublicerad  
International(2016a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 126.] Opublicerad  
International(2016a) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 127.]  
Opublicerad  
International(2016a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 128.]  
Opublicerad  
International(2015c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 129.] Opublicerad  
International(2015c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 130.]  
Opublicerad

International(2015c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 131.]  
Opublicerad  
International(2015d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 132.] Opublicerad  
International(2015d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 133.]  
Opublicerad  
International(2015d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 134.]  
Opublicerad  
International(2018) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 135.] Opublicerad  
International(2018) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 136.]  
Opublicerad  
International(2018) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 137.]  
Opublicerad  
International(2003) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 138.] Opublicerad  
International(2003) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 139.]  
Opublicerad  
International(2003) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 140.]  
Opublicerad  
International(2016b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 141.] Opublicerad  
International(2016b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 142.]  
Opublicerad  
International(2016b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 143.]  
Opublicerad  
International(2009b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 144.] Opublicerad  
International(2009b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 145.]  
Opublicerad  
International(2009b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 146.]  
Opublicerad  
International(2020) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 147.] Opublicerad  
International(2020) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 148.]  
Opublicerad  
International(2020) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 149.]  
Opublicerad  
Teknos(2019a) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 150.] Opublicerad  
Teknos(2019a) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 151.] Opublicerad  
Teknos(2019a) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 152.]  
Opublicerad  
Teknos(2019b) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 153.] Opublicerad  
Teknos(2019b) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 154.] Opublicerad  
Teknos(2019b) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 155.]  
Opublicerad  
Teknos(2019c) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 156.] Opublicerad  
Teknos(2019c) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 157.] Opublicerad  
Teknos(2019c) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 158.]  
Opublicerad  
Teknos(2019d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 159.] Opublicerad  
Teknos(2019d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 160.] Opublicerad  
Teknos(2019d) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 161.] Opublicerad  
Teknos(2019d) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 162.] Opublicerad

Teknos(2019d) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 163.]  
 Opublicerad

Teknos(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 164.] Opublicerad

Teknos(2019e) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 165.] Opublicerad

Teknos(2019e) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 166.] Opublicerad

Teknos(2019e) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 167.]  
 Opublicerad

Teknos(2017) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 168.] Opublicerad

Teknos(2017) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 169.] Opublicerad

Teknos(2017) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 170.]  
 Opublicerad

Teknos(2019f) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 171.] Opublicerad

Teknos(2019f) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 172.] Opublicerad

Teknos(2019f) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 173.]  
 Opublicerad

Teknos(2019g) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 174.] Opublicerad

Teknos(2019g) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 175.] Opublicerad

Teknos(2019g) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 176.]  
 Opublicerad

Teknos(2019h) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 177.] Opublicerad

Teknos(2019h) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 178.] Opublicerad

Teknos(2019h) Skikttjocklekar samt teoretisk sträckförmåga.[Tabell 179.]  
 Opublicerad

Teknos(2019i) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 180.] Opublicerad

Teknos(2019i) Tid innan färg är klar för användning.[Tabell 181.] Opublicerad

Introteknik(2017) Minsta övermålningsintervall.[Tabell 182.] Opublicerad

Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann(2015) Nötningsmotstånd vid 20 °C. [Tabell 183.] Opublicerad.

Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N., & Plagemann(2015) Nötningsmotstånd vid 0 °C. [Tabell 184.] Opublicerad.

Momber, Plagemann, & Stenzel (2015) Medelvärde för brottspänning i undervattenzon[Tabell 185.] Opublicerad.

Momber, Plagemann, & Stenzel (2015) Lägsta värde för brottspänning i undervattenzon[Tabell 186.] Opublicerad.

Momber, Plagemann, & Stenzel (2015) Medelvärde för brottspänning i tidvattenzon[Tabell 187.] Opublicerad.

Momber, Plagemann, & Stenzel (2015) Lägsta värde för brottspänning i tidvattenzon[Tabell 188.] Opublicerad.

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 1. Ej Åldrat [Tabell 189.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 1. Åldrat [Tabell 190.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 2. Ej Åldrat [Tabell 191.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 2. Åldrat [Tabell 192.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 3. Ej Åldrat [Tabell 193.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 3. Åldrat [Tabell 194.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 4. Ej Åldrat [Tabell 195.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 4. Åldrat [Tabell 196.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 5. Ej Åldrat [Tabell 197.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 5. Åldrat [Tabell 198.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 6. Ej Åldrat [Tabell 199.]

Momber, Irmer, & Glück (2015) Prov 6.Åldrat [Tabell 200.]  
Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N (2015) Sammanvägning av brottstyper för icke åldrade prover.[Tabell 201.] Opublicerad.  
Momber, A.W, Irmer, M., Glück, N (2015) Sammanvägning av brottstyper för åldrade prover.[Tabell 202.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 203.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 204.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 205.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 206.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 207.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 208.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 209.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 210.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 211.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 212.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 213.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 214.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 215.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 216.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 217.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 218.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 219.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Utbredning reva. [Tabell 220.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 221.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 222.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 223.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 224.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 225.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 226.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 227.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 228.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 229.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 230.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Vidhäftning. [Tabell 231.] Opublicerad.  
Black & Nielsen (2014) Förmåga att behålla vidhäftning. [Tabell 232.] Opublicerad.



INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH  
SAMHÄLLSBYGGNAD  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**