



NTNU

Institutt for materialteknologi

# Evaluering av armeringskrav i passivt brannvern

Evaluation of Requirements for Reinforcement in  
Passive Fire Protection

**Magnus Aske Mjåtveit**

**Jørgen Nedrebø**

Bacheloroppgåve:

Mai, 2019

Prosjektnummer:

IMA-B-19-2019

Selskap:

Aker Solutions

Rettleiar (Aker Solutions):

Morten Aakenes

Rettleiar (NTNU):

Sarbjyot Haarberg

Gradering:

Lukka



## Forord

Denne oppgåva er utarbeidd ved fakultet for naturvitskap og institutt for materialteknologi, våren 2019, ved Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet (NTNU). "Evaluering av armeringskrav i passivt brannvern" er ei oppgåve gitt av Aker Solutions i samarbeid med universitetet. Oppgåva kulminerer ei treårig utdanning i olje- og gassteknologi.

Vi ynskjer først å rette ein stor takk til Sarbjyot Haarberg, rettleiar ved NTNU, for all hjelp, assistanse og tilbakemeldingar denne våren. Roald Lilletvedt, høgskulelektor ved NTNU, har også vore til hjelp i samband med prosjektet. Tusen takk til både Morten Aakenes og Tom Atle Hovland frå Aker Solutions, for god rettleiing og innsyn i det aktuelle temaet vi har skrive om.

I tillegg ynskjer vi å rette ein stor takk til dei eksterne selskapa: AkzoNobel og Jotun, som har hjelpt oss med informasjon og stilt opp på intervju. Til slutt vil vi takke RISE Fire Research og Kaefer for innsyn i brannteknologi og passivt brannvern.

Trondheim, 2019



Magnus Aske Mjåtveit



Jørgen Nedrebø



## Samandrag

For passivt brannvern eksisterer det eit krav om at brannvernet skal armerast med netting eller duk. Dette kravet blir beskrive i standarden NORSOK M-501, som er regulerande for overflatebehandling og vernande belegg på norsk sokkel. Hensikta med oppgåva: ”*Evaluering av armeringskrav i passivt brannvern*” er å utforske om armeringskravet i NORSOK M-501 er utdatert.

I denne oppgåva blei fleire relevante fagpersonar, knytt til petroleumsbransjen, kontakta for informasjon og kartlegging av problemstillinga. Det blei i tillegg gjort grundige litteratursøk for aktuelle tema knytt opp mot oppgåva.

Først i oppgåva blir krava frå NORSOK M-501 (rev. 6) for påspraya passivt brannvern skildra. Basert på desse krava blir tradisjonelle produkt med armering samanlikna med moderne produkt utan armering. Armeringsfrie produkt syner gjennom ulike testar, gode eigenskapar som passivt brannvern. Desse kan vere ein potensiell erstattar for dei tradisjonelle produkta, både for å spare påføringstid og kostnad.

Etter ei evaluering av armeringsfrie passive brannvernande produkt, kan desse syne til godkjenningar frå tilsvarande testar utført på tradisjonelle produkt. Det er tillegg viktig med gode applikerings- og inspeksjonsrutinar for å sikre kvalitet av funksjonaliteten. Den neste revisjonen av NORSOK M-501 bør opne opp moglegheita for bruk av påspraya passivt brannvern utan armering.

## **Abstract**

For passive fire protection there is a requirement that the protection is reinforced with netting. This requirement is described in the standard Norsok M-501, which is regulating for surface treatment and protective coatings on the Norwegian Continental Shelf. The purpose of the assignment: "*Evaluation of Requirements for Reinforcement in Passive Fire Protection*" is to explore whether or not the Norsok M-501 requirement for reinforcement is out of date.

Several relevant professionals, affiliated the petroleum industry, were contacted for information regarding the assignment. In addition, thorough literature searches were made for relevant topics related to the task.

Firstly in this thesis, the requirements in Norsok M-501 (rev. 6) for the sprayed on passive fire protection are portrayed. Based on these requirements, traditional products containing reinforcement are compared with modern products without reinforcement. Reinforcement-free products calls through various tests, good properties for a passive fire protection. These products can be a potential substitute for the traditional products, to save time and cost.

After an evaluation of reinforcement-free passive fire protection products, these can display approvals from corresponding tests carried out on traditional products. However, good application and inspection routines are important to ensure the quality of the functionality. The next revision of Norsok M-501 should open up the possibility of using sprayed on passive fire protection without reinforcement.

## **Ordliste**

CPS	Coating Procedure Specification - spesifikasjon for beleggprosedyre
CPT	Coating Procedure Test - test for beleggprosedyre
DFT	Dry Film Thickness - tørrfilmtjukkeik
HK-1	Hybridkomposittarmering av karbon/glas for poolbrann
HK-2	Hybridkomposittarmering av karbon/glas for jetbrann
HMS	Helse, miljø og sikkerheit
ISO	Den internasjonale standardiseringsorganisasjonen
PFP	Passivt brannvern

## **Figurar**

1	Sikkerheitsbarrierar [3] . . . . .	6
2	Bjelke påført fiberarmering [27] . . . . .	17
3	Applikasjonsprosess for Chartek 7 [24] . . . . .	20
4	Illustrasjon av påførsel med spray [27] . . . . .	21
5	Epoksybelegg blir påført både før og etter armering [27] . . . . .	21
6	Jotachar - armeringsfri [40] . . . . .	26
7	Tradisjonell PFP med armering [40] . . . . .	28
8	Total kostnadsdifferanse [40] . . . . .	29
9	Varmefluks for pool- og jetbrann [52] . . . . .	35

## **Tabellar**

1	Kontaktpersonar i prosjektperioden . . . . .	3
2	Beleggsystem nr. 5A [6] . . . . .	10
3	Førehandskvalifiseringstest for beleggmateriale [6] . . . . .	11
4	Inspeksjon og testing [6] . . . . .	14
5	Retningslinjer for installasjon av armering [24] . . . . .	16
6	Applikasjon av Jotachar [40] . . . . .	25
7	Applikasjon av tradisjonelt armeringsprodukt [40] . . . . .	27
8	Føreslått hendingsvarmefluks for drivstoffkontrollerte brannar som eksponerer trykkbehandla prosesssystem [2] . . . . .	34
9	Produktsamanlikning . . . . .	38



## **Innholdsliste**

<b>Forord</b>	<b>i</b>
<b>Samandrag</b>	<b>ii</b>
<b>Abstract</b>	<b>iii</b>
<b>Ordliste</b>	<b>iv</b>
<b>Figurar</b>	<b>v</b>
<b>Tabellar</b>	<b>v</b>
<b>1 Innleiing</b>	<b>1</b>
<b>2 Metode</b>	<b>2</b>
2.1 Litteratursøk . . . . .	2
2.2 Møte og intervju . . . . .	2
2.3 utfordringar . . . . .	4
<b>3 Teoretisk rammeverk</b>	<b>5</b>
3.1 Barrierar og passivt brannvern . . . . .	5
3.2 NORSOK M-501 . . . . .	7
3.2.1 Beleggsmaterial . . . . .	7
3.2.2 Shop primer . . . . .	8
3.2.3 Overflatebehandling . . . . .	8
3.2.4 Påspraya passivt brannvern . . . . .	9
3.2.5 Kvalifikasjonskrav . . . . .	10
3.2.6 Applikasjon . . . . .	12
3.2.7 Coating Procedure Specification (CPS) . . . . .	12

3.2.8	Coating Procedure Test (CPT) . . . . .	13
3.2.9	Inspeksjon og testing . . . . .	13
3.3	Chartek 7 . . . . .	15
3.3.1	Forbehandling . . . . .	15
3.3.2	Fiberarmering . . . . .	16
3.3.3	Metallarmering . . . . .	18
3.3.4	Applikasjonsprosess . . . . .	18
3.3.5	Chartek 7E . . . . .	22
3.3.6	Chartek 8E . . . . .	22
3.4	Jotachar JF750 . . . . .	23
3.4.1	Forbehandling . . . . .	24
3.4.2	Applikasjonsprosess . . . . .	24
3.4.3	Testar og standardar . . . . .	29
3.5	Livssyklus . . . . .	30
3.6	Korrosjon . . . . .	31
3.7	Brann . . . . .	32
3.7.1	Pool- og jetbrann . . . . .	33
3.7.2	NORSOK S-001 . . . . .	33
3.7.3	Varmefluks . . . . .	35
<b>4</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>37</b>
4.1	Produktsamanlikning . . . . .	38
4.2	Kompatibilitet . . . . .	41
4.3	Påføring og inspeksjon . . . . .	41
4.4	Påkjenningar . . . . .	42
4.5	Brannmotstand . . . . .	43
4.6	HMS . . . . .	43

<b>5 Konklusjon</b>	<b>45</b>
<b>Referansar</b>	<b>46</b>
<b>Vedlegg 1 - Vitskapeleg artikkel</b>	<b>52</b>
<b>Vedlegg 2 - Risikoanalyse</b>	<b>52</b>

## **1 Innleiing**

Petroleumsbransjen er i kontinuerleg utvikling, og nye krav og forbetringar må takast omsyn til. Dette gjeld også for passivt brannvern (PFP), der produkt med armering har vore brukt i mange år for å verne konstruksjonar utsett for pool- og jetbrann. I løpet av dei siste åra har derimot fleire selskap utvikla nye produkt utan armering. Desse har fleire potensielle fordelar, som redusert installasjonstid og kostnader. På norsk sokkel blir påspraya PFP regulert etter NORSOK M-501 standarden, som krev at armering er inkludert i produktet. På bakgrunn av dette er det naturleg å undersøke NORSOK M-501.

Følgjande problemstilling er undersøkt: ”Sjekke om det er grunnlag for å føreslå endring av NORSOK M-501, som krev armering ved påføring av PFP. Er dette eit utdatert krav?”

Det er gjennomgått kva krav standarden inneheld, samt sett på kva PFP-produkt utan armering har av eigenskapar og sertifikasjonar. Dette er gjort gjennom litteratursøk, og dialog med fleire selskap som har gitt informasjon om deira produkt.

Oppgåva vurderer moderne PFP-produkta utan armering opp mot krava i NORSOK M-501. Fokuset er knytt til kva fordelar og ulemper armeringsfrie produkt har, og i kva grad dei kan ivareta sikkerheita. Dei blir samanlikna mot tradisjonelle produkt med armering, som over tid har vist seg å fungere godt som PFP. I vurderinga av dei ulike produkta, vil det i denne oppgåva bli lagt vekt på at sikkerheita er det viktigaste elementet. Ein vitenskapelig artikkel er oppretta og ligg vedlagt etter oppgåva.

## **2 Metode**

Det blei valt ulike framgangsmåtar for å belyse problemstillinga. Oppgåva er basert på litteratursøk, møte, intervju og epost-korrespondanse.

### **2.1 Litteratursøk**

Litteratursøk blei gjort på følgjande måte:

- Søk i databasane: Oria, Google Scholar og Google.
- Søk i tidlegare bachelor- og masteroppgåver.
- Tilsendt teknisk informasjon frå Aker Solutions, AkzoNobel og Jotun.
- Anbefalingar av fagpersonar og rettleiarar.
- Utforska referansar funne i kjeldene over.

Litteratursøka resulterte i mykje aktuelt materiale, noko som gjorde det utfordrande å velje ut kva litteratur som var mest relevant. Det blei difor lagt vekt på å bruke informasjon frå truverdige kjelder. Døme på dette er forfatarar, professorar og forskningsinstitutt.

### **2.2 Møte og intervju**

Fleire møte og intervju var ein sentral del for å skaffe tilstrekkeleg informasjon om dei ulike PFP-produkta. Gjennom fysiske møte, skypesamtalar og epost-korrespondanse, blei dei generelle eigenskapane og testar av dei ulike produkta presentert.

I forkant av møte og intervju blei det skrive sakslister, slik at alle involverte partar kunne vere godt budd. Tabell 1 syner kontaktpersonane i prosjektperioden.

Tabell 1: Kontaktpersonar i prosjektperioden

Navn	Selskap/Institusjon	Arbeidstittel	Korrespondanse
Tom Atle Hovland	Aker Solutions	Supervisor Surface Treatment/ Insulation	Skype Business
Kai-Thore Bogen	AkzoNobel	Manager Strategic Accounts PFP Nordics	E-post
Paul Finn	AkzoNobel	Technical Coatings Advisor	E-post/ Skype Business
Mikkel Sanner	Jotun	Sales Manager Protective Coatings Norway/ Regional Sales Manager PFP	E-post
Richard Mann	Jotun	Global Technical Support Manager	E-post/ Skype Business
Trond Wingdahl	RISE Fire Research	Ingeniør	E-post/ Intervju
Reidar Stølen	RISE Fire Research	Forskar	Intervju
Vidar Nordskog	Kaefer	Prosjektlear/ Salskoordinator	E-post
Roald Lilletvedt	NTNU	Høgskulelektor	E-post/ Intervju

## **2.3 Utfordringar**

Ei av utfordringane med denne oppgåva var korleis all informasjonen skulle sorterast, og deretter avgjere kva informasjon som skulle brukast vidare for å få eit kvalitetssikra svar.

Den største utfordringa var derimot at produsentane var tilbakehaldne med vidaresending av erfaringar og testresultat, grunna konfidensielt innhald.

### **3 Teoretisk rammeverk**

I dette kapitlet blir det greia ut om NORSOK M-501, AkzoNobel sine PFP-produkt og det armeringsfrie produktet Jotachar JF750. I tillegg blir det sett nærare på livssyklusen til PFP-produkt, korrosjon og ulike påkjenningar ved brann.

#### **3.1 Barrierar og passivt brannvern**

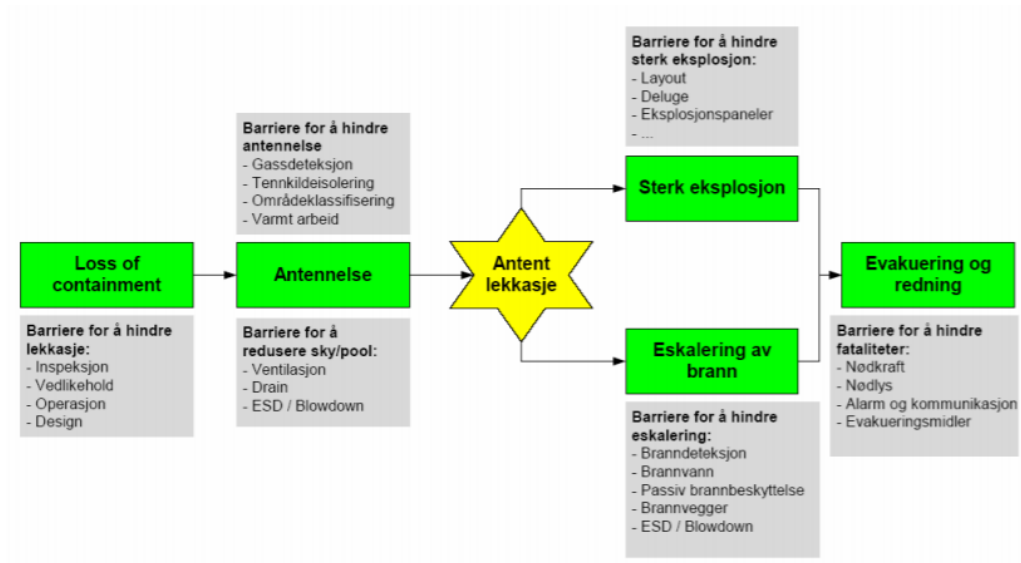
For at petroleumsbransjen skal vere trygg for personell og miljø offshore, er gode sikkerheitsbarrierar heilt avgjerande. Det vil alltid vere ein risiko for at uheldige hendingar kan oppstå, og det er difor viktig å redusere sannsyn og/eller konsekvensar til det minimale. Når ei hending har oppstått, er det hensiktsmessig å få stoppa og redusert omfanget så tidleg som mogeleg. Difor er det fleire sikkerheitsbarrierar i forbindelse med lekkasje, detektere lekkasjar og hindre antenning. Figur 1 viser viktige sikkerheitsbarrierar ved ei prosessulykke [1].

Når ei hending har eskalert heilt til brann, vil passivt brannvern vere ein av dei avgjerande sikkerheitsbarrierane. Definisjonen av passivt brannvern er følgjande [2]:

Passive fire protection (PFP) shall ensure that relevant structures, piping and equipment components have adequate fire resistance with regard to load bearing properties, integrity and insulation properties during a design fire, and contribute in reducing the consequences in general.



Passivt brannvern er med på å hindre at konstruksjonar blir for varme og dermed kollapse, i tillegg til å sikre viktige rømningsvegar. Det skal gje tid til å kunne få kontroll på brannen, men også til å rekke evakuering frå plattformar [1].



Figur 1: Sikkerhetsbarrierar [3]

## **3.2 NORSOK M-501**

NORSOK er ei forkortning for NORsk SOkkels Konkurranseseposisjon [4]. Dette er eit prosjekt der hensikta er å redusere gjennomføringstid og kostnader for bygging og drift av petroleumsinstallasjonar på norsk sokkel. Standarden vart introdusert i 1994 som eit hjelpemiddel for norske operatørar [5]. NORSOK er utvikla av Norsk Petroleum med hjelp frå interesse- og arbeidsgjevarorganisasjonen Norsk Olje og Gass, bransjeforeninga Norsk Industri Olje og Gass, Norges Rederiforbund og Petroleumstilsynet. Standardane i NORSOK er ofte basert på internasjonale standardar. I tillegg blir dei brukt for å utfylle internasjonale standardiseringsprosessar [6].

NORSOK M-501 er ein standard som tar for seg maling, belegg og applikasjon for påspraya PFP. Målet med standarden er å ivareta eit beleggssystem, som skal sikre [6]

- eit optimalt vern av installasjonen med minst mogleg behov for vedlikehald
- at beleggssystemet er vedlikehaldsvenleg
- at beleggssystemet er applikasjonsvenleg
- at HMS blir ivaretatt

### **3.2.1 Beleggsmaterial**

Val av beleggsmateriale skal passe til sitt bruksområde, og følgjande parameter må evaluarast [6]:

- Korrosjonsvernande eigenskapar.
- HMS.
- Eigenskapar knytt til applikasjonsforhold, utstyr og personell.
- Erfaring med beleggmateriale og beleggssystem.
- Tilgjengelegheit og økonomi.

### **3.2.2 Shop primer**

Shop primer er eit midlertidig vernande lag som kan påførast eit materiale etter *sandblåsing*<sup>1</sup>. Det blir vanlegvis nytta som eit vern under transport og oppbevaring. Dette korrosjonsvernande laget skal fjernast før applikasjon av beleggssystem [6].

### **3.2.3 Overflatebehandling**

Overflater skal rensast og vere fri for ureinheitar som sveisestøv, fliser, olje, fett, salt etc. før sandblåsing. Olje skal fjernast slik det er skildra i standarden ISO 12944-4 [8], og i tillegg skal alle overflater vaskast med reint vatn. Skarpe kantar, hjørne og sveiseskøyter skal rundast av eller glattast ut ved sliping til klasse P3 definert i ISO 8501-3 [9] (minimum radius 2 mm) [6].

---

<sup>1</sup>Sandblåsing - mekanisk metode for å bryte ned og gje ei overflate meir ruheit [7]

### 3.2.4 Påspraya passivt brannvern

Utdrag frå NORSOK M-501 [6]:

«The sprayed on fire protection shall be applied with wire mesh reinforcement or fibre mesh.»

For at fiberarmering skal kunne nyttast, er det eit krav om at det skal påførast og overlape seg sjølv rundt heile membranen. Dette krev særleg merksemd i det tidlegaste punktet av designfasen. Forsterkning og forankring av brannvernet ved fiberarmering, kan nyttast for rør, bjelkar og mindre støttestrukturar [6].

Dersom armering av metall skal nyttast, skal denne vere festa til metallunderlaget ved hjelp av pinnar som skal vere ordentleg festa til brannvernet. For å kunne bruke materiale av *epoksy*<sup>2</sup>, må metallarmeringa bestå av varmt galvanisert stål eller rustfritt stål [6].

Relevante krav utarbeidd i NORSOK standarden er mogleg å bruke for påspraya PFP. Informasjon knytt til seleksjon av materiale, tjukkeleik og områder som skal beskyttast eksisterer ikkje i standarden, men material som er passivt brannverna skal følge krav etter eigenskapane til passivt vern [6].

For påspraya PFP skal beleggsystem nr. 5A i NORSOK M-501 nyttast. Dette belegget skal vere førehandskvalifisert i samsvar med tabell 2, utan topplag. Eit topplag består av eit epoksyknyttande belegg, og skal påførast på toppen av det brannvernande belegget. Dette topplaget skal vere førehandskvalifisert [6].

---

<sup>2</sup>Epoksy - flytande plastmasse som stivnar ved termisk påkjenning [10]

Tabell 2: Beleggsystem nr. 5A [6]

Application (if not specified under others)	Surface preparation	Coating system	DFT [ $\mu m$ ]
Epoxy based fire protection	Cleanliness: ISO 8501-1 [11] Sa 2 <sup>1/2</sup>	1 coat epoxy primer: or 1 coat zinc rich epoxy:	50
	Roughness: ISO 8503 [12] Grade Medium G (50 $\mu m$ to 85 $\mu m$ )	1 x epoxy tie coat: Minimum DFT of complete primer system:	60 35
		Followed by: Epoxy based fire protection	85
<p>NOTE 4 The coating system and products shall be approved by the manufacturer of the passive fire protection coating.</p> <p>NOTE 5 An epoxy tie coat shall be applied on top of the epoxy based fire protection prior to applying the top coat.</p> <p>NOTE 6 Topcoating on top of the passive fire protection shall be in accordance with the passive fire protection manufacturer's recommendation.</p>			

### 3.2.5 Kvalifikasjonskrav

Før eit PFP belegg skal kunne nyttast offshore, må det vere kvalifisert på førehand. Det komplette beleggsystemet med shop primer må kvalifiserast på førehand jf. tabell 3 [6].

Tabell 3: Førehandskvalifiseringstest for beleggmateriale [6]

Test	Acceptance criteria
<p>Ageing resistance according to ISO 20340 [13], procedure A</p> <p>Testing is required for the following coating systems:</p> <p>* coating system no. 1, system no. 3B, system no. 4, system no. 5A, and system no. B; * coating system no. 7A</p>	<p>According to ISO 20340 [13].</p> <p>Supplementary requirements:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chalking (ISO 4628-6 [14]): Maximum rating 2. Applicable to coating system no.1 only.</li> <li>2. Adhesion (ISO 4624 [15]): Minimum 5,0 MPa and maximum 50% reduction from original value.</li> <li>3. Overcoatable without mechanical treatment obtaining minimum adhesion of 5,0 MPa.</li> <li>4. Pull-off testing (ISO 4624 [15]) for coating system no. 5A and system no. 5B: Maximum 50% reduction from original value, minimum 2,0 MPa for cement based products and minimum 3,0 MPa for epoxy based products.</li> <li>5. Water absorption after complete ageing resistance test shall be reported for coating system no. 5A.</li> </ol>
<p>NOTE 1 Acceptance criteria are considered as minimum performance requirements.</p> <p>NOTE 2 Adhesion testing shall be performed by using equipment with an automatically centered pulling force. For coating system no. 4, adhesion testing may be conducted on coating without non-skid aggregates on test panels nor exposed to the above test environments.</p> <p>NOTE 4 The thickness of coating system no. 5A and system no. 5B shall be performed on material without reinforcement.</p> <p>NOTE 6 Tests on coating system no. 5A and system no. 5B shall be carried out on system without topcoat.</p>	

### **3.2.6 Applikasjon**

Ved festing av brannvern, skal produsenten av materialet foreslå ei anbefaling på korleis prosessen skal gå føre seg. I alle tilfelle er føresetnaden at påspraya PFP er sertifisert i samtykke med forskriftsmessige krav. Kriteria i førehandstestinga blir brukt som eit minstekrav [6].

Etter at PFP-belegget har tørka, og før pålegging av topplaget, skal tjukkelsen av belegget undersøkast. For å undersøkje dette skal det borast hòl i substratet, der tjukkeleik blir målt. Hòla skal markerast og fyllast med ferskt materiale straks etter avlesing av tjukkeleiken. Dersom det lar seg gjere kan også ikkje-destruktive metodar takast i bruk for å verifisere tjukkeleiken [6].

Den behandla overflata skal samsvare med referanseprøva utarbeidd under CPT og produsenten sin applikasjonsguide. På horisontale overflater og i hòlrom skal det sikrast tilstrekkeleg drenering av vatn. Behandling og handtering av underlaget skal sørge for at sluttproduktet har eit kontinuerleg uniformt belegg [6].

### **3.2.7 Coating Procedure Specification (CPS)**

Ein CPS for påspraya PFP skal innehalde informasjon om maksimal tillatte tid mellom applikasjon av ulike lag, metode og hyppigheit av målingar av tjukkeleik, lokalisering av forsterkning i samråd med ulike tjukkeleikar og restriksjonar for bruk av løysemiddel [6].

### **3.2.8 Coating Procedure Test (CPT)**

Ein CPT test blir brukt for å kvalifisere alle prosedyrane av beleggfasen. Prosedyren skal kvalifiserast under realistiske forhold, tilnærma driftsoperasjon. For påspraya PFP skal CPT gjennomførast på ein stad godkjent av involverte partar. Dette området skal vere godt markert [6].

### **3.2.9 Inspeksjon og testing**

Testing og inspeksjon skal gjennomførast jf tabell 4. Det er viktig at overflaten er tilgjengelege før den endelege inspeksjonen utførast [6].



Tabell 4: Inspeksjon og testing [6]

Test type	Method	Frequency	Acceptance criteria	Consequence
Environmental conditions	Ambient and steel temperature. Relative humidity. Dew point.	Before start of each shift + minimum twice per shift	In accordance with specified requirements	No blasting or coating
Visual examination	Visual for sharp edges weld spatter slivers, rust grades etc. ISO 8501-3 [9]	100% of all surfaces	No defects, see specified requirements	Defects to be repaired
Cleanliness	a) ISO 8501-1 [11] b) ISO 8502-3 [16]	a) 100% visual of all surfaces b) Spot checks	a) In accordance with specified requirements b) Maximum quantity and size rating 2	a) Reblasting b) Recleaning and retesting until acceptable
Salt test	ISO 8502-6 [17] and ISO 8502-9 [18]	Spot checks	Maximum conductivity corresponding to 20 mg/m <sup>2</sup> NaCl	Repeated washing with potable water and retesting until acceptable
Roughness	Comparator, stylus instrument or testex tape (ISO 8503 [12])	Each component or once per 10 m <sup>2</sup>	As specified	Reblasting
Curing test (for Zn silicate)	ASTM D4752-10 [19]	Each component or once per 100 m <sup>2</sup>	Rating 4 or 5	Allow to cure
Visual examination of coating	Visual to determine curing, contamination, solvent retention, pinholes/popping, sagging and surface defects.	100% of surface after each coat	According to specified requirements	Repair of defects
Film thickness	ISO 19840 [20]. Calibration on a smooth surface	ISO 19840 [20]	ISO 19840 [20], and coating system data sheet	Repair, additional coats or recoating as appropriate
Adhesion	ISO 4624 [15], using equipment with an automatic centered pulling force, and carried out when coating system are fully cured	Spot checks	Glue failure with values below 15 MPa is not accepted.	Coating to be rejected

### **3.3 Chartek 7**

AkzoNobel er eit kjemisk industrikonsern frå Nederland. På verdsbasis er dei nokon av dei største innafor maling og overflatebehandling [21], og har aktivitet i over 150 land [22].

Chartek 7 er utvikla av AkzoNobel, og er det mest brukte PFP-produktet i verda [23]. Det er eit passivt brannvern som består av eit epoksyekspanderande belegg, designa for å verne konstruksjonar mot varmpåkjenningar. Under ein brann vil epoksyen ekspandere til eit isolasjonslag, og verne underlaget mot varmeeffekten. For at brannvernet skal sitte godt til konstruksjonen, skal belegget armerast med netting eller duk. Dette blir gjort for å unngå at brannvernet skal losne. Chartek 7 er i hovudsak berekna til bruk i høgrisikomiljø som offshore- og kraftproduksjonsindustriar, og er fullt godkjent til bruk i samsvar med NORSOK M-501 [24].

#### **3.3.1 Forbehandling**

Før Chartek 7 blir tatt i bruk er det viktig at substratet blir behandla og klargjort jamfør ISO 8504-3 [25]. Her blir ureinheitar vaska og fjerna. Det er avgjerande at alle overflater er reine og tørre før applikasjon. For at maling skal feste seg best mogleg, er startfasen kritisk. Dersom dette blir gjort dårleg, vil det påverke levetida til vernet [24]. Dette blir grundigare beskrive i kap. 3.5. I applikasjonsmanualen til Chartek 7 er det eit krav om sandblåsing Sa 2<sup>1/2</sup>, skildra i ISO 8501-1 [11], av alle overflater som skal påførast [24].

Etter at substratet er forbehandla og påført første lag, blir armeringa festa for å forsterke belegget. Denne armeringa består av fiber eller metall [24].

### 3.3.2 Fiberarmering

Der det er nødvendig med armering, skal HK-1 installerast i samsvar med beskrivinga i Chartek si brukarrettleiing. Dei ulike retningslinjene for installasjon av armering er gitt i tabell 5. I områder med høg varmeffluks, som jetbrann, er HK-2 å føretrekke. Denne armeringa har identisk deknings- og overlappingskrav som HK-1 [24]. Figur 2 syner eit eksempel på ein fiberarmert bjelke.

Tabell 5: Retningslinjer for installasjon av armering [24]

Use	Hydrocarbon (Pool) Fires	Jet Fires <sup>1</sup>
Structural Steel - I & Open Sections		
Structural Steel - Hollow Sections	HK-1 or HK-2 mesh installed at mid film thickness with 50 mm (2") overlaps and with 100% coverage <sup>2</sup> .	HK-1 or HK-2 mesh installed at mid film thickness with 150 mm (6") overlaps and with 100% coverage.
Tanks, Vessels & Pipework		
Divisions - Bulkheads & Decks		
<sup>1</sup> In high heat flux areas, HK-2 mesh is preferred mesh option (instead of HK-1 mesh), with the same coverage and overlap requirements as per jet fire areas. For high heat flux exposure up to 30 minutes in duration, HK-1 may be used, however DFT may be higher than for HK-2 mesh. <sup>2</sup> For UL 1709 [26] design listings, the listing states that mesh is not required in the web.		

Guide for bruk av fiberarmering [24]:

- Kutt armering til nødvendige lengder før start av Chartekapplikasjon.
- Påfør armering på vått Charteklag, omtrent i midten av totalbelegget.
- Rull armering grundig inn i det våte Charteklaget med korte rullar fukta med løysemiddel.
- Overlapp nærliggande armering med minimum 50 mm. Ved jetbrannapplikasjonar er kravet 150 mm overlapping.

- Etter installasjon av armering, hold fram med å bygge opp tjukkleiken av belegget, eller spray eit lett lag av Chartek over armeringa.
- Ved jetbrann må det vere overlapping på minimum 150 mm og armeringa skal dekke alt av overflater. Det kan ikkje vere nokon hòl.
- Armeringa kan vere synleg i sluttbelegget. Dette er godkjent, så lenge det er fullt innkapsla.
- Avslutningsvis må armeringa innkapslast i Chartek for å hindre fuktigheit.



Figur 2: Bjelke påført fiberarmering [27]

### **3.3.3 Metallarmering**

Metallarmering er eit alternativ som kan nyttast i staden for HK-1 og HK-2. For at slik armering skal nyttast, må den godkjennast av klienten, og bruken må i tillegg autoriserast av nokon på høgare nivå. Den generelle regelen i samsvar med NORSOK M-501 er at armeringa skal støttast med pinnar som blir sveisa på underlaget. Etter produksjon må armeringa galvaniserast. I jetbrannapplikasjonar blir det vanlegvis nytta armering av rustfritt stål [24].

Generelle reglar for bruk av metallarmering [24]:

- Nærliggjande delar må ikkje ha meir enn 25 mm avstand mellom kvarandre. Armeringa skal vere 100 % overlappende.
- Armeringa skal ligge så nær Charteklaget som mogleg.
- Chartekproduktet skal påleggast snarast etter armeringsinstallasjon for å unngå overflateforureining.
- Chartekproduktet skal fordelast jamt for å forsikre at armeringa er innkapsla og ingen hòlrom blir danna.

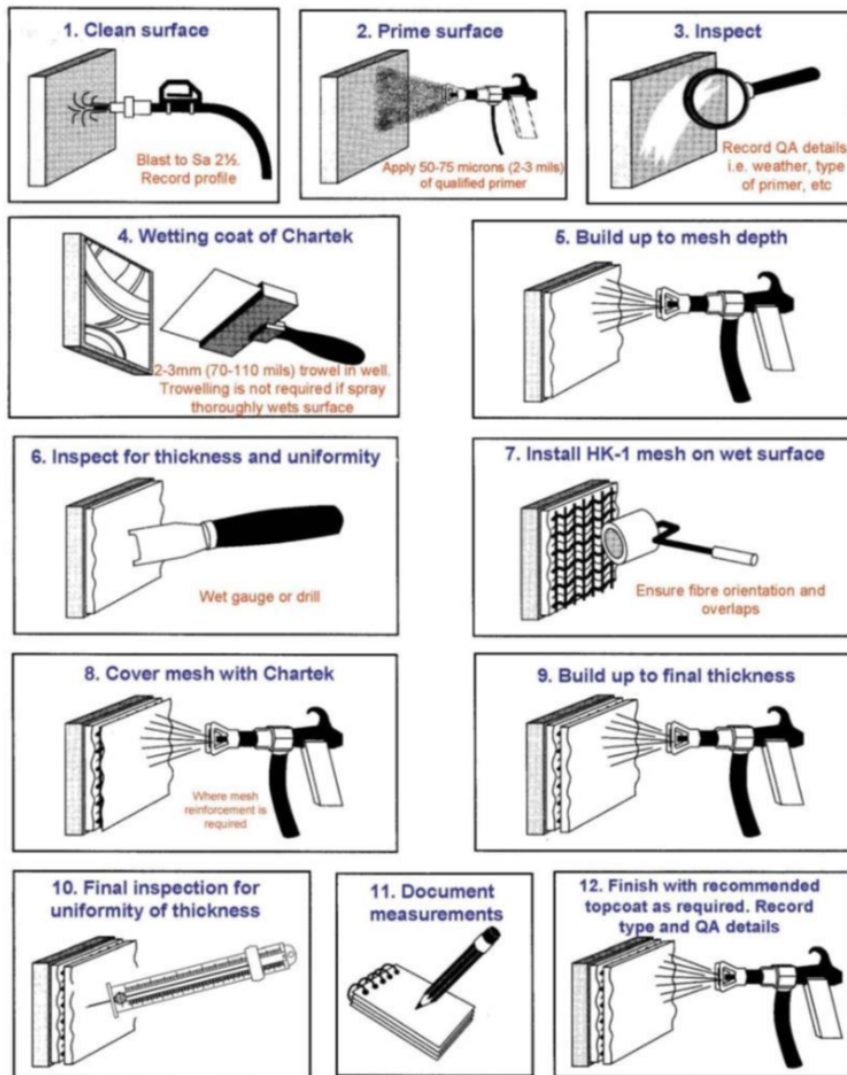
Armeringa kan vere synleg etter det siste belegget er påført. Dette er godkjent dersom armeringsnettlet er fullt innkapsla og opprettheld integriteten. [24].

### **3.3.4 Applikasjonsprosess**

Det er viktig at belegg og armering blir påført ut frå krav og manualar. Følgane vilkår må vere innfridd ved påføring [24]:

- Lufttemperatur: min 10 °C, maks 50 °C.
- Relativ luftfuktighet: maks 85 %.
- Overflatetemperatur: min 3 °C over doggpunkttemperaturen, mindre enn 50 °C for oppvarma fleirkomponentapplikasjonar og mindre enn 60 °C for handpåførsel.
- Tørketid: 12 timar ved 15 °C.

Figur 3 syner ei oversikt over applikasjonsprosessen til Chartek 7. Her ser ein korleis produktet stegvis blir påført og kontrollert etter krav. Punkt nr.4 er berre nødvendig dersom produktet er påspraya ved ein lågare temperatur enn anbefalt [24]. Figur 4 og 5 syner nokre av stega i applikasjonsprosessen.



Figur 3: Applikasjonsprosess for Chartek 7 [24]



Figur 4: Illustrasjon av påførsel med spray [27]



Figur 5: Epoksybelegg blir påført både før og etter armering [27]



### **3.3.5 Chartek 7E**

Chartek 7E er eit produkt som er basert på Chartek 7. Den vesentlege forskjellen er at 7E ikkje treng forsterkning i form av armering. Det består av eit to-komponent epokssystem som skal verne mot pool- og jetbrann [28]. Ved reoperasjon av Chartek 7, kan Chartek 7E nyttast som erstatning [29].

Både Chartek 7E og Chartek 7 toler ein driftstemperatur opp mot 80 °C. 7E er derimot lettare enn sin forgjengar, då den veg omtrent 86 % av totalvekta til Chartek 7. I tillegg tek applikasjonsprosessen mindre tid, sidan det ikkje treng armering [28]. Det har ein tørketid på 16 timar i 15 °C [30].

Chartek 7E er testa og godkjent for følgjande [28]:

- ISO 20340 [13]: Haldbarheit og korrosjon.
- ISO 22899 [31]: Jetbrann.
- BS 476 [32]: Poolbrann kompatibelt.
- NORSOK M-501 Rev. 6 System 5A [6]: Beleggsystem.

### **3.3.6 Chartek 8E**

Chartek 8E er ein forbetra versjon av Chartek 8. Det er ein to-komponents epoksybasert PFP som er konstruert for å verne mot pool- og jetbrann. Chartek 8E blir installert utan armering opp til ein beleggtjukkuleik på 7,2 mm. Alt over denne tjukkuleiken må inkludere HK-1 armering. Chartek 8E er poolbrannresistent opp mot 60 minutt utan armering og opp til 4 timar med armering. Dersom det er fare for jetbrann skal Chartek 8E installerast med HK-2 armering, som skal vere resistent opp til 60 minutt [28].

Chartek 8E tolerer ein driftstemperatur på 120 °C, noko som er høgare enn mange andre brannvernande produkt. Dette produktet er difor eit ideelt val som PFP på prosessutstyr og område som er utsett for varmestraling. Chartek 8E veg omtrent 70 % av totalvekta til Chartek 7 [28]. Ifølgje Vidar Nordskog [33], vil ein i tillegg spare 20-25 % av tida under applikasjonsprosessen. Tørketida for belegget er 12 timar ved 15 °C [34].

Chartek 8E er eit meir miljø- og personvenleg produkt sidan det ikkje inneheld borsyre,  $B(OH)_3$ . Borsyre er tidlegare nytta som eit antiseptisk middel i passive brannvern. Borsyre har vist seg å vere kreftframkallande [35].

Chartek 8E er testa og godkjent for følgjande:

- ISO 22899-1 [31]: Jetfire.
- ISO 20340 [13]: Haldbarheit og korrosjon.
- BS 476 [32]: Poolbrann kompatibelt.
- NORSOK M-501 Rev. 6 System 5A [6]: Beleggsystem.

### **3.4 Jotachar JF750**

Jotun er eit verdsleiande industrikonsern innanfor ulike typar malingsprodukt. Dei har over 9000 tilsette på verdsbasis og er representert i over 100 land [36]. Jotun leverer fleire typar maling til ulike formål. Dei har ei eiga avdeling, "Jotun Protective Coating", som jobbar med vern av komponentar i industriar som behandlar hydrokarbon [37].

Jotachar JF750, heretter kalla Jotachar, er produsert av Jotun. Det er eit armeringsfritt brannvernande produkt som består av eit epoksybelegg med 100 % tørrstoff. Jotachar er spesielt eigna som passivt brannvern i miljø som er utsett for hydrokarbon og jetbrann. Når det blir utsett for brann, vil Jotachar fungere som eit isolerande lag som er robust og temperaturstabil [38].

### **3.4.1 Forbehandling**

Før Jotachar kan påførast er det viktig at materialet er forbehandla godt, og at alle overflater er reine og tørre [39].

Det er hensiktsmessig å begynne med overflatebehandling etter at fjerning av kantar, avfetting og sveising er unnagjort. Det er i tillegg viktig at varmebehandlinga er ferdig før ein startar påføring av belegg. Etter dette må ein primer påførast, og den må vere godkjent etter Jotun sine krav [38].

### **3.4.2 Applikasjonsprosess**

Jotun anbefaler at Jotachar blir påført ved hjelp av ei to-komponentpumpe med førehandsvarmar eller modifisert høgtrykksprøyte. Tørketid ved 15 °C er på 12-15 timar.

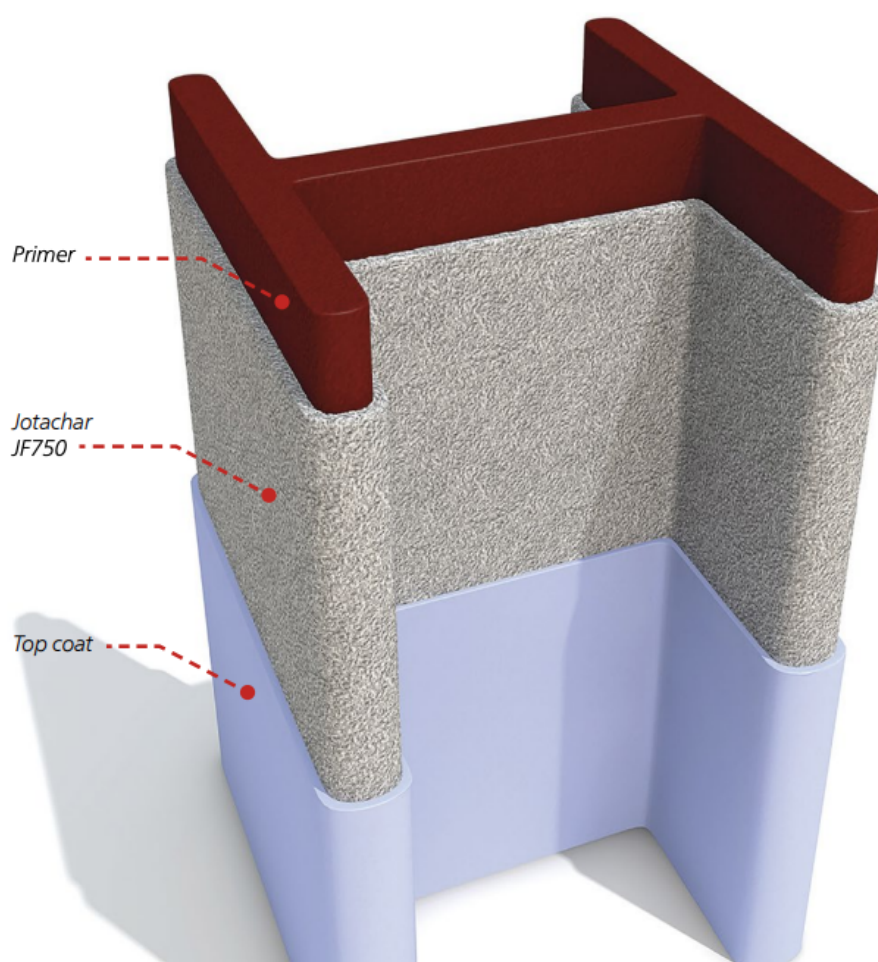
Følgjande vilkår må vere oppfylt ved påføring [38]:

- Lufttemperatur: min 5 °C, maks 50 °C.
- Relativ luftfuktigheit: 10-85 %.
- Overflatetemperatur: min 5 °C, maks 60 °C.

Tabell 6 gir ei oversikt over applikasjonsprosessen for Jotachar. For å illustrere forskjellen mellom produkt med og utan armering, syner tabell 7 den tradisjonelle måten å påføre produkt med armering. I tillegg til tabellane, illustrerer figur 6 og 7 dei konkrete skilnadane.

Tabell 6: Applikasjon av Jotachar [40]

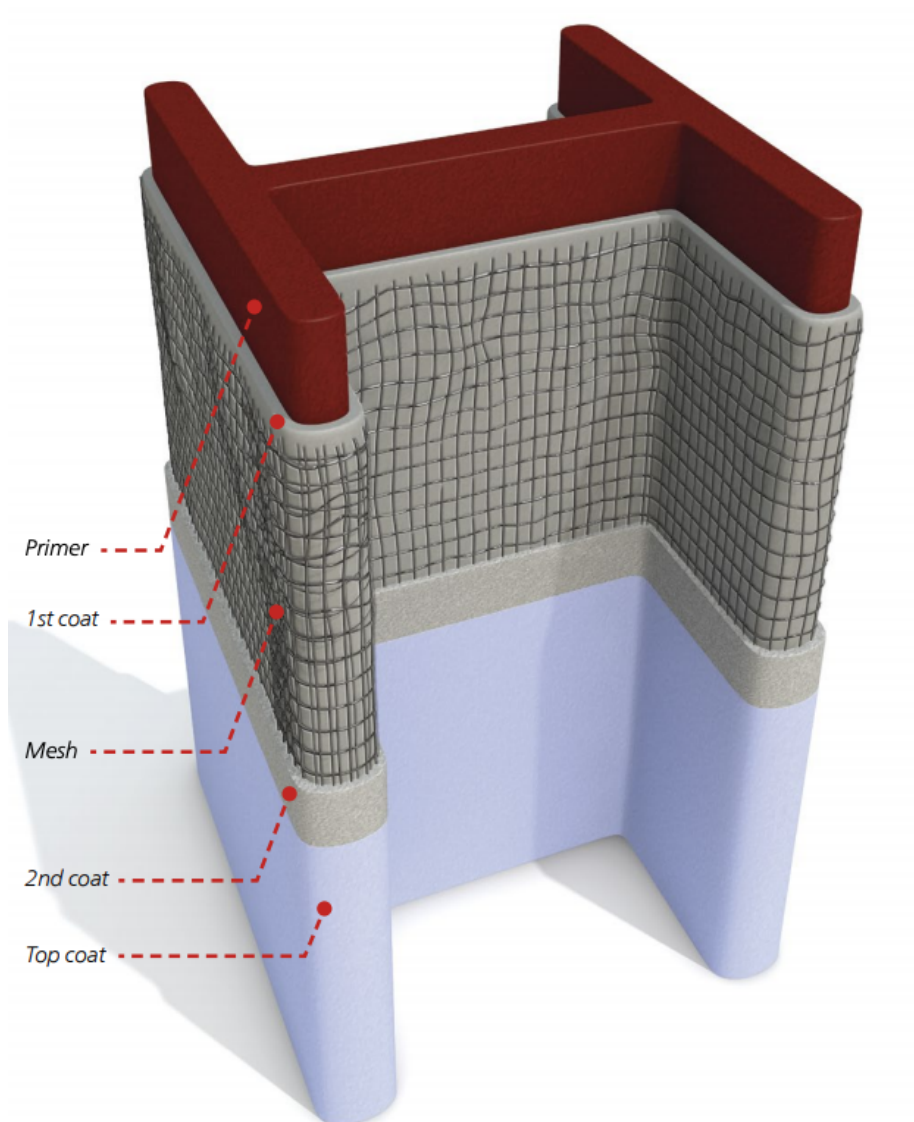
<b>Process</b>	<b>Benefit using Jotachar JF750</b>
Check certification rules for PFP application	Establish PFP thickness only
Assemble sufficient manpower to apply Jotachar JF750 mesh free	Reduced manpower requirement
Continuous application of Jotachar JF750	No stopping for mesh installation
Final inspection of Jotachar JF750	



Figur 6: Jotachar - armeringsfri [40]

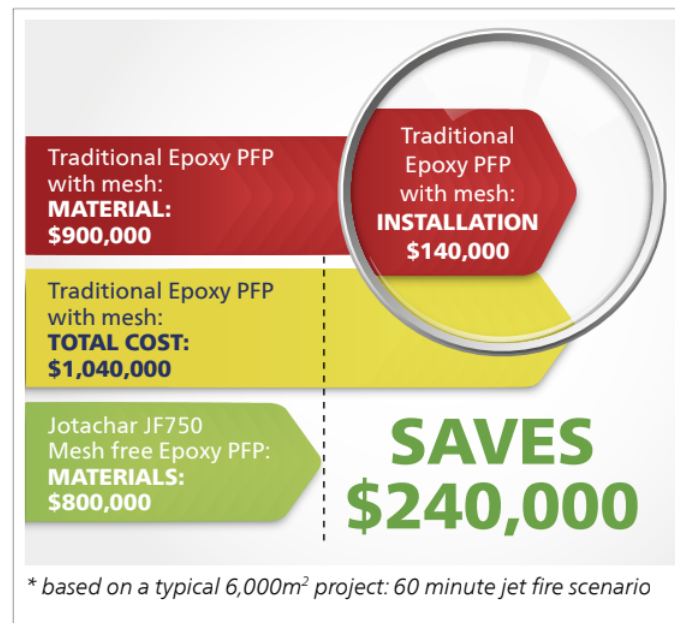
Tabell 7: Applikasjon av tradisjonelt armeringsprodukt [40]

Process	Challenge
Check product certification rules for installation of the mesh-containing PFP	Complex and time consuming
Assemble sufficient manpower to apply both PFP coating and mesh	Availability and cost of manpower
Measure and cut mesh as required for the project fire scenario	Time consuming Risk of error leading to non-compliance
Determine the thickness required for the 1st coat of PFP to comply with mesh depth rules required for certification	Risk of error leading to non-compliance
Apply the 1st coat of epoxy PFP accurately to the correct thickness	Risk of error leading to non-compliance
Apply mesh ensuring it is embedded correctly into the 1st coat of PFP correctly rolling and troweling as necessary. Ensure mesh overlap rules are followed	Risk of error leading to non-compliance and failure
Inspection hold for correct mesh installation	Crew downtime and project delay
Re-work of any non-conforming mesh installation	Cost and project delay
Wait for product to cure, up to 12 hours	Crew downtime and project delay
Apply second coat of PFP often next day at the earliest	Crew downtime and project delay
Final inspection of PFP	



Figur 7: Tradisjonell PFP med armering [40]

I Jotun sin brosjyre om Jotachar er det lagt fram ein overordna kostnadsdifferanse mellom eit tradisjonelt produkt og Jotachar. Denne er vist i figur 8 [40].



Figur 8: Total kostnadsdifferanse [40]

### 3.4.3 Testar og standardar

Før Jotachar blir tatt i bruk har produktet gjennomgått omfattande og uavhengige testar knytt opp mot viktige industristandardar, med *Lloyd's Register*<sup>3</sup> som vitne.

<sup>3</sup>Lloyd's Register - selskap for sikkerheitsklassifisering [41]



Jotachar er godkjente for følgjande testar og standardar [42]:

- ISO 874/BS 476 part 21 [32]: Test av hydrokarbon brannmotstand.
- ISO 20340 [13]: Haldbarheit og korrosjon.
- ISO 22899 [31]: Jetfire.
- UL 1709 [26]: Motstand ved hurtig temperaturauking.
- NORSOK M-501 Rev.6 System 5A [6]: Beleggsystem.

### **3.5 Livssyklus**

Passivt brannvern skal operere over ein lang tidsperiode, og det er fleire faktorar som kan påverke brannvernet. For at det skal fungere optimalt, må prosedyrar og testing gjennomførast på ein profesjonell og sikker måte. Det er utvikla gode prosedyrar for kontroll av PFP. For skadeomfang har selskapa utvikla eigne krav, der dei som utførar arbeid med PFP er serifiserte til jobben. Gode materiale som blir feilaktig påført, har dårlege føresetnader for å fungere optimalt [1].

Først og fremst er det viktig at belegga blir påført i riktig rekkefølge, utan at det dannar seg luftlag mellom laga. Dersom applikasjonsfasen er dårleg, kan det oppstå sprekkdanningar som er med på å bryte ned belegga. Det kan også føre til at det samlar seg væske under vernet. Dette står det meir om i kap. 3.6. Epoksybelegg tolerer i større grad mekaniske påkjenningar enn eldre sementbaserte belegg, men dersom sprekkdanningar oppstår vil brannvernet bli vesentleg svekka [1].

På herda epoksy kan ein av og til observere eit voks-liknande lag. Dette fenomenet blir ofte omtalt somaminsvetting, og er ein kjemisk reaksjon mellom vatn frå omgjevnadene og karbondioksid. Aminsvettinga må fjernast før vidare behandling av materiale, ettersom svettinga fører til at materialet blir glatt [38].

Ei oljeplattform er utsett for vêr og klima som kan skade installasjonar. Det er difor viktig at brannvernet er robust nok til å tole slike påkjenningar over tid. Epoksybelegg har gjennom testar vist gode eigenskapar mot vêr og klima. Ei utfordring med epoksybelegg er direkte eksponering av UV-strålar, som potensielt kan skade belegget. Difor må epoksybelegg dekkast med eit topplag som er resistent mot ultraviolet stråling [1].

Når eit passivt brannvern er installert offshore, må ein stole på at produktet fungerer. Difor er det viktig med god kunnskap om tilstand, verkemåte, påkjenningar og aldring når ein skal vurdere tilstanden til belegget eller utføre vedlikehald [1].

### **3.6 Korrosjon**

Ein offshorekonstruksjon er kontinuerleg utsett for eit kraftig korrosivt miljø. Uavgrensa tilgang på klorid og oksygen dannar eit svært gunstig klima for initiering av korrosjon. Det blir brukt enorme summer på korrosjonsarbeid offshore gjennom planlegging, inspeksjon, vedlikehald og reparasjonar av feil [43]. Korrosjon er ein kjemisk prosess mellom omgjevnaden og metallet, der metallet blir oksidert [44].

Hovudfaren for korrosjon ved PFP er vatn som penetrerer belegget. Dersom det dannar seg vatn mellom vernet og metallet, vil det oppstå lokal korrosjon. Dette er ein type korrosjon som er vanskeleg å oppdage uten å fjerne belegget. Det stagnerte vatnet vil fungere som ein elektrolytt. For å unngå dette, skal PFP-belegget operere som ein barriere mot det aggressive miljøet. Ved å hindre vassdanning på metalloverflata, vil korrosjonsreaksjonane bli effektivt stoppa. I område der det trengst katodisk vern i tillegg til motstand mot vassinntrenging, vil ein primer med stort sinkinnhald vere eit godt val [45].

Dårleg applikasjon av PFP-belegg vil auke sjansen for korrosjon betraktelig, og difor er påføringsprosessen svært avgjerande. For å bli godkjent som eit korrosjonsresisterande PFP-belegg i NORSOK M-501, må det testast og godkjennast etter ISO 20340 [6].

Passivt brannvern skal vere korrosjonsresistent ved riktig påføring, men ytre mekaniske påkjenningar kan danne grunnlag for korrosjon. Ifølgje Tom Atle Hovland [46], kan påkjenningane føre til sprekkdanningar som er uheldige for vernet, sidan vatn, klorid eller oksygen kan trenge seg inn i sprekkane. Regelmessige inspeksjonar bør oppdage eventuelle sprekkdanningar før materialet når ein kritisk fase.

### **3.7 Brann**

For å forstå prinsippet bak passivt brannvern, er det viktig å vite kvifor det blir nytta og korleis det kan hindre at varmpåkjenningane ekspanderer. Den komplekse geometrien til offhoreplattformer, i tillegg til svært avgrensa evakueringmoglegheitar, fører til at konsekvensane av ein brann er betydelig større offshore enn på landbaserte anlegg [47].

I NORSOK M-501 er pool- og jetbrann sentrale faktorar som må takast omsyn til i vurderinga av brannvernet. For å sikre fullnøyeleg brannvern, skal branntesting av PFP-produkt bli gjort etter ein utført aldringstest [6].

### **3.7.1 Pool- og jetbrann**

Poolbrann er ein turbulent diffusjonsbrann som brenn over eit horisontalt "basseng" av fordampa hydrokarbonbrensel, der brenselet har tilnærma lik null startmoment. Poolbrannar er eit sentralt element i risikoen knytt til ulykker offshore, spesielt for installasjonar i Nordsjøen som kan innehalde store og flytande hydrokarbonbeholdarar [48].

Jetbrann utgjør ein stor brannrisiko offshore, grunna arbeid med trykksatte hydrokarbon. Det er ein turbulent diffusjonsflamme som skuldast forbrenning av eit brensel som kontinuerleg blir frigjort med eit moment i bestemte retningar. Det kan oppstå ved både gass- og væskelekkasje av hydrokarbon [49]. Geometri, trykk, mengde og brensel er alle element som er med på å bestemme gasstraumen sin fart, flammestorleik og varmefluks [50].

### **3.7.2 NORSOK S-001**

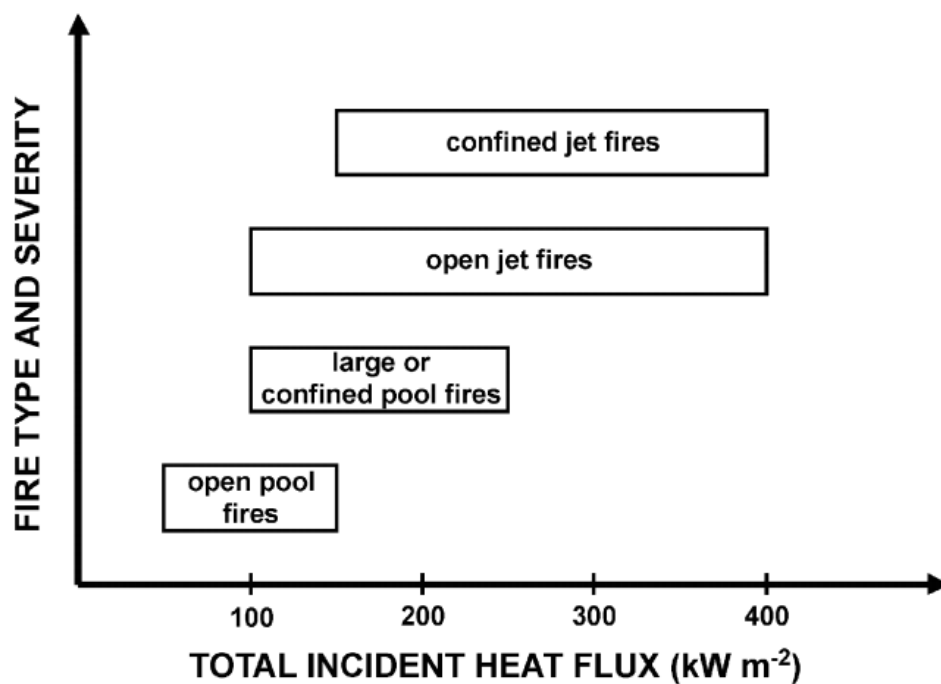
NORSOK S-001 sitt delkapittel "Accidental loads and resistance" beskriv prinsipp og krav for sikkerheit når petrolemplattformar skal installerast [2]. Tabell 8 er henta frå denne standarden og gjev ei skildring av pool- og jetbrann ved å nytte lekasjerate [ $kg/s$ ] og varmefluks [ $kW/m^2$ ].

Tabell 8: Føreslått hendingsvarmeffluks for drivstoffkontrollerte brannar som eksponerer trykkbehandla prosesssystem [2]

	Jet/Liquid spray fire <sup>a)</sup>		Pool fire <sup>a)</sup>	
	For leak rates <b>m &gt;2 kg/s</b>	For leak rates <b>m &gt;0,1 kg/s</b>	Burning rate <b>m &gt;2 kg/s</b>	Burning rate <b>m &gt;0,1 kg/s</b>
Local peak heat load	350 kW/m <sup>2</sup>	250 kW/m <sup>2</sup>	250 kW/m <sup>2</sup>	150 kW/m <sup>2</sup>
Global average heat load	100 kW/m <sup>2</sup> <sup>b)</sup>			
Notes				
<p><sup>a)</sup> The heat flux will vary during the fire duration, and the values in this table are used as the average incident heat flux</p> <p><sup>b)</sup> The global average load of 100 kW/m<sup>2</sup> is to be used for fire exposed are only as long as the leakage rate and burning rate is above 2 kW/m<sup>2</sup> (for jet fires, same duration as 350 kW/m<sup>2</sup> peak load). To use this load for the whole segment is generally considered conservative. Smaller areas receiving this load may be used provided it can be properly documented. This can be done by comparing realistic flame sizes with the extension of the segment under consideration, or for instance by using realistic fire simulations.</p>				

### 3.7.3 Varmefluks

Eit stort spektrum av brannar kan oppstå med ulike varmekraftar. Varmefluks, også kalla termisk fluks, er mengde varmeenergi overført gjennom ei overflate [51]. Typiske varmekraftar frå pool- og jetbrannar av hydrokarbon er illustrert i figur 9. Her er varmekraftane basert på ein oppstått brann.



Figur 9: Varmefluks for pool- og jetbrann [52]

I ein brann går varme gjennom epoksy-materialet og reaksjonsprosessar blir framkalla. Då vil ekspandering, *sublimasjon*<sup>4</sup> og *forkulling*<sup>5</sup> oppstå. Ekspandering og sublimasjon oppstår ved lågare temperaturar enn forkulling, difor kan lag av forkulling, ekspandering og ferskt materiale vere tilstades samtidig.

<sup>4</sup>Sublimasjon - prosessen å gå direkte frå fast stoff til gass utan å vere flytande i mellomtida [53]

<sup>5</sup>Forkulling - spalting av organiske stoff ved oppvarming, særleg utan lufttilførsel [54]

Den ekspanderande reaksjonen aukar størrelsen på materialet, og sidan temperaturen fell med den radiale avstanden, vil ekspansjon av materialet skje raskare nærare flammesenteret [55].

Det er mogleg å rekne ut varmeffluksen gjennom ein passiv brannverna konstruksjon, men det er utifrå fleire antakingar og er difor ikkje eit bestemt reknestykke. Ifølgje Reidar Stølen [56], er det vanskeleg å konkret skilje mellom pool- og jetbrann, men viser til tabell. 8 som eit godt utgangspunkt.

## 4 Diskusjon

Dei fleste selskap som opererer på norsk sokkel idag, brukar NORSOK standardar som hjelpemiddel for sine operasjonar. Ein slik felles industristandard skal sikre at kvalitet og sikkerheit blir ivaretatt [5]. Dersom slike dokument skal fungere i praksis, er det viktig at standardane følgjer den teknologiske utviklinga som konstant går føre seg i petroleumsbransjen.

Standarden NORSOK M-501 er ikkje juridisk bindande på norsk sokkel, men det anbefalast at den nyttast som ein referanse [6]. Eit viktig dokument som dette bør ofte reviderast og haldast oppdatert, ettersom bransjen forandrar og forbettrar seg kontinuerleg. Sidan utfordrande miljø og forhold skal undersøkast, er industrien avhengig av at teknologiske forbetringar, forskrifter og HMS-krav blir tilpassa.

NORSOK M-501 blei sist revidert i februar 2012. Dette er over sju år sidan. Neste versjon kjem i løpet av 2020. Gjennom dei siste sju åra har det kome nye PFP-produkt på marknaden. Fleire av desse produkta er armeringfrie, som gjer dei gunstige når det gjeld påføringstid og kostnad. I tillegg er borsyre fjerna frå produkta, ettersom det er påvist å vere kreftframkallande ved eksponering. Tradisjonelt har armering i form av netting eller duk vore integrert i PFP-belegget som har blitt brukt offshore. I NORSOK M-501 (rev. 6) er det eit krav om at det skal brukast armering som forsterkning. Dermed er det per i dag inga opning for dei nye produkta utan armering.



## 4.1 Produktsamanlikning

Dersom det skal vere aktuelt å endre NORSOK M-501 slik at nyare PFP-produkt utan armering kan nyttast, må desse produkta kunne dokumentere minst like god yting og sikkerheit som eksisterande PFP med armering. Ei samanlikning av tradisjonelle og nye produkt basert på krava i NORSOK M-501, samt ein diskusjon om fordelar og ulempar, vil belyse dette temaet. Produktsamanlikninga er vist i tabell 9.

Tabell 9: Produktsamanlikning

	Chartek 7	Chartek 8E	Jotachar JF750
<b>Armering</b>	HK-1 (poolbrann) HK-2 (jetbrann)	Inga armering $\leq 7.2mm$ HK-1 (poobrann) $\geq 7.2mm$ HK-2 (jetbrann)	Inga armering
<b>Godkjent for følgjande testar og standardar</b>	- ISO 22899 [31] - ISO 20340 [13] - UL 1709 [26] - NORSOK M-501 (rev. 5) System 5A [6]	- ISO 22899 [31] - ISO 20340 [13] - BS 476 [32] - NORSOK M-501 (rev. 6) System 5A [6]	- ISO 22899 [31] - ISO 20340 [13] - BS 476 [32] - UL 1709 [26] - NORSOK M-501 (rev. 6) System 5A [6]
<b>Jetbrann</b>	$\leq 3$ timar	1 time	1 time
<b>Poolbrann</b>	$\leq 3$ timar	$\leq 4$ timar	$\leq 4$ timar
<b>Herdetid (15 °C)</b>	12 timar	16 timar	12-15 timar
<b>Miljø</b>	- Epoksy - Borsyre	Epoksy	Epoksy
<b>Driftstemperatur</b>	80 °C	120 °C	80 °C

Ut i frå tabell 9 er det armering som er den store skilnaden mellom dei ulike produkta. Det er dette som er mest vesentleg, ettersom produkta er godkjente for dei same testane og standardane.

Tabellen viser berre dei viktigaste testane og standardane produkta er testa opp mot, men gir ein indikasjon på at produkta toler like påkjenningar.

Chartek 7 er det mest nytta passive brannvernet offshore, og krev armering [23]. Gjennom ei årrekke har det vist seg å fungere godt som PFP ettersom det er påliteleg, slitesterkt og oppfyller alle krav for sikkerheit [23]. Gjennom ulike søk er det ikkje funne uheldige hendingar der armert PFP ikkje har fungert. Det tyder på at det sjeldan oppstår slike hendelsar med tradisjonelle produkt. Difor er PFP med armering, som Chartek 7, eit trygt val basert på erfaring.

På ei anna side, er det både ulemper og potensielle risikoar ved bruk av armert brannvern knytt opp mot applikasjonsprosessen. Det er eit krevjande arbeid der installasjon av armeringa er noko av det som er mest tidkrevjande. Stega i prosessen er nærmare beskrive i kap. 3.3.2 og 3.3.3. Tom Atle Hovland [46], seier at arbeidet med påføringa av armering er avgjerande for kvaliteten til PFP-produktet. Dersom det blir lagt feil, vil det gå ut over sikkerheita. I tillegg seier han at det nokon gongar kan vere utfordrande å legge armeringa riktig, grunna trange og vanskelege arbeidsforhold. Jotun beskriv nokre av dei same problema under applikasjonsprosessen med armert PFP, vist i tabell 7.

Jotachar, Chartek 7E og 8E er eksempel på modernisering i petroleumsbransjen. Dette er PFP-produkt som er delvis eller heilt armeringsfrie. Ifølgje armeringskravet i NORSOK M-501, kan ikkje desse produkta nyttast på norsk sokkel dersom standarden skal følgjast. Det er fleire gunstige fordelar med å nytte slike produkt. Ein vil spare tid og kostnad under applikasjonsprosessen, sidan det ikkje skal påførast netting eller duk.

Tabell 6 og 7 viser hovudforskjellane i applikasjonsprosessane, med og utan armering. Ifølgje Vidar Nordskog [33], sparer ein ca 10 % av installasjonstida på Chartek 8E i forhold til Chartek 7. Ved påføring av Jotachar meiner Jotun at ein kan spare opp mot 50 % av applikasjonstida [39]. Dette viser at det potensielt er mykje tid å spare. Ved å korte ned applikasjonstida vil naturlegvis også arbeidsmengde og ressursar reduserast.

Ved armeringsfrie produkt vil det vere mindre materialkostnadar, sidan dei ikkje inneheld noko netting eller duk. Jotun reknar å spare mellom 20-50 % på Jotachar på reine materialkostnadar, i forhold til tradisjonelle armeringsprodukt [40]. Dei har også gjort eit spesifikt reknestykke på forskjellane i kostnad med Jotachar i forhold til tradisjonelle produkt med armering. I kap. 3.4.2 er dette reknestykket attgjeve. Det er basert på eit 6000  $m^2$  prosjekt der installasjon- og materialkostnadar er inkludert. Ifølgje det reknestykket vil dei med Jotachar spare 240 000 \$, eller rundt 23 % av totalsummen. Dette viser at ein kan spare store summar med armeringsfrie produkt. Det er også etterspurt kostnadsinformasjonen frå AkzoNobel sine produkt, utan å få tilgang.

Ein anna fordel med armeringsfrie produkt er redusert vektbelastning på konstruksjonen. Totalvekta for desse produkta vil vere mindre enn PFP-produkt med armering. Aker Solutions [46] har erfaring med at spesielt eldre plattformer har utfordringar med vekta av PFP. Når desse gamle belegga skal skiftast ut, vil det vere gunstig å skifte til eit produkt utan armering, slik at vektbelastninga blir mindre.

## 4.2 Kompatibilitet

Det å bytte ut eit eksisterande PFP-belegg er ein krevjande prosess som tek mykje tid. Dersom det har oppstått ein skade i eit belegg, skal skaden refyllast og integriteten vere så god som ny etter at vedlikehaldet er gjort.

Eit bruksområde som er relevant for nye PFP-produkt utan armering, vil vere i kva grad dei er compatible med tradisjonelle produkt. Sidan desse produkta sparar både tid og kostnad, vil det vere ein fordel å kunne nytte nyare produkt til vedlikehald eller utskifting der det trengs. Chartek 7E er fullt kompatibelt med Chartek 7 [29]. Ifølgje Kai-Thore Bogen [57], har kombinasjonen av desse produkta vist like god yting og sikkerheit som produkta kvar for seg. Dette er eit argument for bruk av PFP utan armering. Det har ikkje lukkast å få informasjon om kompatibilitet frå andre produkt.

Sidan armering kan vere utfordrande å installere i nokre område, og det er knytt ein viss risiko ved påføring [46], vil det i framtida kunne vere ein fordel å nytte både moderne og tradisjonelle produkt i det same prosjektet. Der det er vanskeleg å påføre armeringa kan moderne produkt bli nytta, og tradisjonelle produkt på det restarande. Slik vil risikoen for feil ved applikasjonen potensielt bli redusert.

## 4.3 Påføring og inspeksjon

For å sikre at påføringa av PFP blir gjort på ein sikker måte, krevst det opplæring og sertifisering. Dette blir ofte gjort ved eit kurs eller liknande. For at påføringa skal bli god nok, kan det vurderast om denne opplæringa bør vere endå grundigare.

I tillegg til å sikre at opplæringa er optimal, er det viktig at utførselen blir kontrollert. Sjølv med god opplæring kan uføreseielege hendingar oppstå, og påføringsarbeid bli gjort slurvete.

For at eit PFP-produkt skal vere påliteleg og fungere godt over lang tid, er det viktig med regelmessige inspeksjonar. Dette gjeld både under applikasjonsprosessen, sjå meir i tabell 4, og seinare i livssløpet til belegget. For kvart produkt er det manualar for korleis inspeksjon skal utførast, der desse er basert på erfaring. Dermed er inspeksjonsmanualar for tradisjonelle produkt meir pålitelege, fordi dei er bygd på meir erfaring og kompetanse. I motsetjing til nyare produkt utan armering, som i liten grad er tatt i bruk offshore, vil manualane vere basert på eit tynnare grunnlag. Difor vil det vere ein potensiell større risiko for at inspeksjonar av nyare produkt blir gjort feil. Det er etterspurt om eventuelle kostnadsforskjellar ved inspeksjon mellom tradisjonelle og moderne produkt, utan hell.

#### **4.4 Påkjenningar**

For å sikre robuste kvalitetsprodukt er det elementert at det passive brannvernet toler klimaet det er utsett for. Sjølv om produktet er kapabelt for å motstå brann, er det viktig at det er slitesterkt og har gode korrosjonsresistente eigenskapar. Dersom applikasjonsprosessen blir gjort ordentleg er det lite sannsyn for alvorleg korrosjon. Men om påføringsarbeidet ikkje er utført godt nok, kan vatn penetrere belegget og lokal korrosjon oppstå [45]. Her er risikoen størst for feil ved armert PFP. Ifølgje Kai-Thore Bogen [57], er det ikkje skilnader på korrosjonsresistensen mellom Chartekprodukt med og utan armering, sidan dei begge nyttar likt epoksymateriale.

## 4.5 Brannmotstand

Bærebjelken til passivt brannvern er å verne konstruksjonar mot ytre varmpåkjeningar under ein brann [1]. For å sikre dette, må alle produkt gjennom ulike testar før dei blir godkjent til bruk. Ifølgje NORSOK M-501 skal brannmotstanden til PFP-produkt testast etter ein utført aldringstest. Dersom eit armeringsfritt produkt toler påkjenninga til aldringstesten, og består dei ulike testane deretter, har dette produktet vist like gode eigenskapar i testar som tradisjonelle PFP-produkt.

Dei ulike PFP-produkta blir nytta med hensikt for å verne konstruksjonar mot pool- eller jetbrann. Tabell 9 viser at produkta har nokså lik kapasitet til å motstå poolbrann. Ved jetbrann er det derimot større forskjellar, sidan Chartek 7 kan motstå jetbrann opp til tre gongar så lenge. Alle produkta som er samanlikna, inkludert Chartek 7E, er testa og godkjent iht. ISO 22899. Det viser kor godt produkta motstår ein jetbrann over tid, og er ein viktig test for integriteten til produkta [13]. Dermed er alle produkta godkjent for bruk i områder der det er fare for jetbrann, men testen syner at det tradisjonelle produktet motstår varmpåkjenningane betre over lang tid.

## 4.6 HMS

Når selskap skal velje eit PFP-produkt til sine prosjekt, vil alltid sikkerheita stå øvst på prioriteringslista. Det er heilt avgjerande at produktet dei vel er testa for påkjenningane det kan bli utsett for.

Ein anna viktig del for å ivareta HMS, er korleis ein handterer maling under ein påføringsprosess. Her må ein følgje protokollar frå kvart enkelt produkt.

Dette er viktig for både miljø og personell, sidan malinga potensielt kan vere skadeleg ved feil bruk. Gjennom litteratursøk er det likevel ikkje funne store handteringsforskjellar mellom tradisjonelle og nyare produkt.

Jotachar, Chartek 7E og 8E er alle frie for borsyre. Dette er ei syre som er helseskadeleg for menneske, sidan det er påvist at det er kreftframkallande [35]. Det er dermed ein helsemessig fordel å velje desse produkta, kontra tradisjonelle PFP som inneheld borsyre. Når ein tar vekk eit element frå malinga, er det naturleg å undersøkje om dette kan påverke eigenskapane til PFP-produktet negativt. Paul Finn [58], seier derimot at korkje Chartek 7E eller 8E har vist teikn til svekking ved testar, sjølv om borsyre er fjerna frå produkta.

## **5 Konklusjon**

Passivt brannvern har gjennom ei årrekke blitt endra i samsvar med den teknologiske utviklinga, for å verne konstruksjonar mot varmpåkjenningar. Sidan den førre revisjonen av NORSOK M-501, har det kome nye produkt på markedet som utfordrar krava om armering i standarden.

Etter å ha evaluert livsløpet til passivt brannvern, spelar både tid, kostnad og vekt ei viktig rolle. Ved å nytte seg av produkt utan armering, vil ein spare tid og kostnad ved påføring, i tillegg til at den generelle vekt-påkjenninga vil bli redusert. Sikkerheita har likevel høgaste prioritet. Moderne produkt utan armering har dokumentert godkjenning frå testar og standardar, på lik linje med tradisjonelle PFP. Ved å nytte armeringsfrie produkt vil difor ikkje den generelle sikkerheita bli redusert, men testar syner at tradisjonelle produkt motstår jetbrann lengre enn moderne produkt.

For å sikre at armeringsfrie PFP-produkt skal prestere etter beste evne, er det viktig med grundig opplæring og at applikasjonsprosessar blir gjort basert på manualar og anbefalingar. Det er i tillegg viktig å ha gode inspeksjonsrutiner for å kunne oppdage eventuelle defektar i brannvernet. Kompatibilitet av PFP-produkt med og utan armering kan spare kostnader ved installasjon og vedlikehald. Produksjonen av fleire moderne armeringsfrie PFP tyder på at framtida for passive brannvern er utan armering, men ein bør ikkje sjå vekk frå moglegheita for å nytte tradisjonelle produkt i lett tilgjengelege områder.

I den neste revisjonen av NORSOK M-501 bør det bli opning for bruk av PFP utan armering, sidan det er fleire armeringsfrie produkt som innfrir krava som ligg til grunn for å kunne nyttast som passivt brannvern.



## Referansar

### Standardar

- [2] N. Standard, *S-001: Technical Safety*, 2008.
- [6] N. Standard, *M-501: Surface Preparation and Protective Coating*, 2012.
- [8] E. ISO, *12944-4: Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Part 4: Types of surface and surface preparation*, 2017.
- [9] —, *8501-3: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Visual assessment of surface cleanliness – Part 3: Preparation grades of welds, edges and other areas with surface imperfections*, 2006.
- [11] —, *8501-1: Preparation of Steel Substrates Before Application of Paints and Related Products—Visual Assessment of Surface Cleanliness—Part 1: Rust Grades and Preparation Grades of Un-coated Steel Substrates and of Steel Substrates After Overall Removal of Previous Coatings*, 1988.
- [12] —, *8503: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface roughness characteristics of blast-cleaned steel substrates – Part 5: Replica tape method for the determination of the surface profile*, 2017.
- [13] —, *20340: Paints and varnishes – Performance requirements for protective paint systems for offshore and related structures*, 2009.
- [14] —, *4628-6: Paints and varnishes. Evaluation of degradation of coatings – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of*

- uniform changes in appearance; Part 6: Assessment of degree of chalking by tape method*, 2016.
- [15] —, *4624: Paints and varnishes-Pull off test for adhesion (ISO 4624: 2002)*,” *European Committee for Standardization, Brussels*.
- [16] —, *8502-3: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Tests for the assessment of surface cleanliness – Part 3: Assessment of dust on steel surfaces prepared for painting (pressure-sensitive tape method)*, 2017.
- [17] —, *8502-6: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Tests for the assessment of surface cleanliness – Part 6: Extraction of soluble contaminants for analysis – The Bresle method*, 2006.
- [18] —, *8502-9: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Tests for the assessment of surface cleanliness – Part 9: Field method for the conductometric determination of water-soluble salts*, 1998.
- [19] ASTM, *D4752-10: Standard Practice for Measuring MEK Resistance of Ethyl Silicate (Inorganic) Zinc-Rich Primers by Solvent Rub*, 2015.
- [20] E. ISO, *19840: Paints and varnishes – Corrosion protection of steel structures by protective paint systems – Measurement of, and acceptance criteria for, the thickness of dry films on rough surfaces*, 2012.
- [25] —, *8504-3: Preparation of steel substrates before application of paints and related products – Surface preparation methods – Part 3: Hand- and power-tool cleaning*, 2018.
- [26] U. UL 1709, *1709: Rapid rise fire tests of protection materials for structural steel*, 2007.

- [31] E. ISO, *22899: Determination of the resistance to jet fires of passive fire protection materials – Part 1: General requirements*, 2007.
- [32] BSI, *476: Fire tests on building materials and structures. Full-scale room test for surface products*, 1993.

## Artiklar og rapportar

- [1] U. Danielsen, «SINTEF Rapport», *Langtids holdbarhet av offshore passiv brannbeskyttelse. En kartlegging av kunnskap og erfaring for tilstand og tilstandsvurdering*, 2006.
- [3] K. Øien, G. Guttormsen, S. Hauge, S. Sklet, T. Steiro, N. Hydro og L. Bodsberg, «Morgendagens HMS-analyser for vurdering av tekniske og organisatoriske endringer Prosjektrapport 2002»,
- [43] K. Leinum, B. Leinum, E. Heier, A. Serednicki, O. Gjørsv, T. Myre, B. Søgård, L. Moen, B. Sogstad og M. Saugerud, «Material Risk–Ageing offshore installations», 2006.
- [44] R. Hill, F. Ramirez, A. Perez, B. Monty mfl., «Material Selection and Corrosion Control for Topsides Process and Utility Piping and Equipment», 2012.
- [45] R. Stokke, K. Olafsen og O. Knudsen, «State of the art–Ikke metalliske materialer inkludert sammenføring», 2006.
- [47] R. Wighus, «Fires on offshore process installations», *Journal of loss prevention in the process industries*, årg. 7, nr. 4, s. 305–309, 1994.
- [52] T. Roberts, I. Buckland, L. Shirvill, B. J. Lowesmith og P. Salater, «Design and protection of pressure systems to withstand severe fires», *Process Safety and Environmental Protection*, årg. 82, nr. 2, s. 89–96, 2004.

- [55] A. Bhargava og G. Griffin, «A two dimensional model of heat transfer across a fire retardant epoxy coating subjected to an impinging flame», *Journal of fire sciences*, årg. 17, nr. 3, s. 188–208, 1999.

## Manualar og tekniske datablad

- [23] AkzoNobel, *Chartek 7 brochure*.
- [24] —, *Chartek 7 Application Manual*, 2018.
- [28] —, *High Performance Epoxy PFP for Maintaining Asset Integrity and Safe Operations*.
- [29] —, *Repair of Chartek 7 with Chartek 7E*.
- [30] —, *Chartek 7E Product Datasheet*, 2017.
- [34] —, *Chartek 8E Product Datasheet*, 2015.
- [38] Jotun, *Jotachar JF750 Application Manual*, 2018.
- [39] —, *Jotachar JF750 Technical Data Sheet*, 2019.
- [40] —, *Jotachar JF750 brochure*.

## Digitale lenkjer

- [4] SNL. (2018). Norsok, side: <https://snl.no/Norsok> (sjekka 06.05.2019).
- [5] S. Norway. (2019). NORSOK Standards, side: <https://www.standard.no/en/sectors/energi-og-klima/petroleum/norsok-standards> (sjekka 14.03.2019).
- [7] SNL. (2015). Sandblåsing, side: <https://snl.no/sandbl%C3%A5sing> (sjekka 05.05.2019).

- [10] Corrosionpedia. (). Epoxy Resin, side: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1746/epoxy-resin> (sjekka 05.05.2019).
- [21] SNL. (2018). Akzo Nobel, side: [https://snl.no/Akzo\\_Nobel](https://snl.no/Akzo_Nobel) (sjekka 06.05.2019).
- [22] AkzoNobel. (). About Us, side: <https://www.akzonobel.com/en/about-us/about-overview> (sjekka 26.02.2019).
- [35] B. Pedersen. (2017). Borsyre, side: <https://snl.no/borsyre> (sjekka 16.04.2019).
- [36] Jotun. (). History, side: <https://www.jotun.com/uk/en/corporate/about-jotun/history/index.aspx> (sjekka 12.03.2019).
- [37] —, (). Marine, Protective and Powder Coatings, side: <https://www.jotun.com/no/no/b2c/about-jotun/marine-protective-and-powder-coatings/> (sjekka 14.03.2019).
- [41] SNL. (2014). Lloyd's Register Group, side: <https://snl.no/.search?query=lloyd%5C%27s+register+group> (sjekka 05.05.2019).
- [42] Jotun. (). Test and Approvals, side: <https://www.jotun.com/ww/en/b2b/paintsandcoatings/products/Jotachar-JF750.aspx> (sjekka 12.03.2019).
- [48] H. Offshore. (). Pool Fires, side: <http://www.hse.gov.uk/offshore/strategy/pool.htm> (sjekka 18.03.2019).
- [49] —, (). Jet Fires, side: <http://www.hse.gov.uk/offshore/strategy/jet.htm> (sjekka 18.03.2019).
- [50] RISE. (). Jetbrann, *Test av brannmotstand ved antent lekkasje av trykk-satt brennbar væske eller gass*, side: <https://risefr.no/tjenester/branntesting/jetbrann> (sjekka 02.04.2019).
- [51] Corrosionpedia. (). Heat flux, side: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1706/%20heat-flux> (sjekka 25.03.2019).

- [53] SNL. (2018). Sublimasjon, side: <https://snl.no/sublimasjon> (sjekka 06.05.2019).
- [54] —, (2014). Forkulling, side: <https://snl.no/forkulling> (sjekka 06.05.2019).

## Bilete tilsendt frå Aker Solutions

- [27] *Figur 2 - Bjelke påført fibermesh — Figur 4 - Illustrasjon av påførsel med spray — Figur 5 - Epoksybelegg blir påført både før og etter armering, tilsendt 15.04.2019.*

## Personreferansar

- [33] Kaefer, «Vidar Nordskog: E-post korrespondanse, 21.03.2019».
- [46] A. Solutions, «Tom Atle Hovland: Skype Business møte, 21.03.2019».
- [56] R. F. Research, «Reidar Stølen: Intervju, 04.04.2019».
- [57] AkzoNobel, «Kai-Thore Bogen: E-post korrespondanse, 26.04.2019».
- [58] —, «Paul Finn: Skype Business møte, 20.03.2019».

## **Vedlegg 1 - Vitskapeleg artikkel**

## **Vedlegg 2 - Risikoanalyse**

---

# Er passivt brannvern utan armering løysinga for framtida?

Magnus Aske Mjåtveit  
Jørgen Nedrebø  
NTNU, Trondheim

---

Mai 2019

**P**assivt brannvern er i kontinuerleg utvikling, og nye krav og forbetringar må takast omsyn til. Over ein lang periode har produkt med armering vore brukt for å verne konstruksjonar mot høge varmpåkjeningar. I løpet av dei siste åra har derimot fleire selskap utvikla nye produkt utan armering. Desse har fleire potensielle fordelar, som redusert installasjonstid og kostnader. Problemet er at ifølgje NOR-SOK M-501 kan ikkje desse produkta nyttast, sidan standarden krev at armering er inkludert i det passive brannvernet.

## Sikkerheitsbarriere

Passivt brannvern er ein viktig sikkerheitsbarriere på olje- og gassplattformer. Det har som hovudoppgåve å verne konstruksjonar mot varmpåkjeningar under ein brann, slik at eventuell kollaps blir hindra eller utsett. Dette kan potensielt redde menneskeliv og store miljøskadar ved ei ulykke.

NORSOK er ei samling av ulike standardar som skal fungere som eit hjelpemiddel for petroleumsselskap på norsk sokkel. I NOR-SOK M-501 er det beskrevet krav til passivt brannvern, for å regulere overflatebehandling og vernande belegg. Eit av krava er at belegget må innehalde armering i form av netting eller duk, noko som skal forsterke produktet.



Figur 1: Gode barrierar kan hindre farlege situasjonar

## Moderne produkt

Dersom det skal vere aktuelt å endre NOR-SOK M-501 slik at moderne passive brannvernprodukt utan armering kan nyttast, må desse produkta kunne dokumentere minst like god yting og sikkerheit som tradisjonelle produkt med armering. Chartek 7 er eit armeringsprodukt som gjennom ei årekke har vist god funksjonalitet og robustheit.

Både AkzoNobel og Jotun er aktive selskap i utviklinga av moderne produkt utan armering, med høvesvis produkta Chartek 7E og 8E, og Jotachar JF750. Desse har alle bestått ulike testar frå NOR-SOK M-501, blandt anna



## Er passivt brannvern utan armering løysinga for framtida?

aldringstest og brannmotstand.

Det er kritisk for passivt brannvern at påførselen blir gjort riktig. Fordelen ved å nytte armeringsfrie produkt er at det er mindre sannsynlegheit for feil under applikasjon. I tillegg vil ein kunne spare opp mot 50% av tida i applikasjonsfasen. Denne fasen krev mindre personell enn tradisjonell armering, og er dermed både tids- og kostnadssparande. Materialkostnaden vil også vere mindre, sidan armeringa er fjerna.

Ein anna faktor som vil reduserast ved armeringsfrie produkt, er vekta på belegget. Dermed vil påkjenningane på konstruksjon bli mindre, noko som er positivt for spesielt eldre plattformer.



**Figur 2:** Påførsel med armering er eit krevjande arbeid

## Kompatibilitet

På mange plattformer eksisterer det tradisjonelt passivt brannvern med armering. Dersom det er behov for å erstatte desse, vil det vere fordelaktig både tids- og kostnadmessig å nytte seg av armeringsfrie produkt. AkzoNobel har, gjennom ulike manualar, vist at dei kan bruke moderne produkt utan armering til å erstatte tradisjonelle produkt offshore.

Sjølv om produkt med armering er gode, kan det i utfordrande områder vere komplisert å verne med armering. Dette er fordi belegget med armering må overlapp seg sjølv,

noko som kan vere vanskeleg å gjennomføre i trange seksjonar. Eit argument for å ta i bruk armeringsfrie produkt er difor at det i slike situasjonar vil vere lettare å påføre belegget. Dette opnar opp moglegheitane for bruk av passive brannvern både med og utan armering saman.

## Framtida

Heilt sidan armeringsfritt brannvern vart introdusert, har desse produkta blitt sett på som ei god modernisering i petroleumsbransjen. Hovudargumenta mot produkta har vore knytt mot sikkerheitsmessige aspekt, men gjennom fleire testar har desse vist gode eigenskapar som passivt brannvern.

I framtida burde det i NORSOK M-501 bli ei opning for bruk av passiv brannvern utan armering, sidan det er fleire armeringsfrie produkt som innfrir krava som ligg til grunn for å kunne nyttast som passivt brannvern på norsk sokkel.

## Referansar

- [1] U. Danielsen, «SINTEF Rapport», *Langtids holdbarhet av offshore passiv brannbeskyttelse. En kartlegging av kunnskap og erfaring for tilstand og tilstandsvurdering*, 2006.
- [2] M. Norsok, «501., 2012», *Surface preparation and protective coating. Norwegia: Norwegian Continental Shelf Copyright Office*, 2012.
- [3] Latimer. (). Brannbarriere, side: <http://www.latimerfireprotection.co.uk> (sjekka 09.05.2019).
- [4] Jotun, *Jotachar JF750 Technical Data Sheet*, 2019.
- [5] Privat foto Aker Solutions, tilsendt 15.04.2019.
- [6] AkzoNobel, *Repair of Chartek 7 with Chartek 7E*.

Intro	Organisering	Eksisterende tiltak	Risikoanalyse	Tiltak	Evaluering etter tiltak	Sluttresultat	
-------	--------------	---------------------	---------------	--------	-------------------------	---------------	--

**Endelig resultat** Hjelp

I tabellen under er hver uønsket hendelse merket med det endelige resultatet av risikovurderingen.

	Konsekvensområde	Resultat	Resultat etter tiltak
--	------------------	----------	-----------------------

**Endelige vurderinger (må fylles ut før lukking) \***

Fyll ut begrunnelser og kommentarer til restrisiko, samt om usikkerhet ved vurderingen (f.eks. om den er av generell art, om vurderingen er basert på få personer etc.).

Dette er ei rein litteraturoppgåve, og det er inga risiko involvert.

**Postadresse**7491 Trondheim  
Norway**Org.nr. 974 767 880**postmottak@nv.ntnu.no  
www.ntnu.no/materialteknologi**Besøksadresse**Alfred Getz vei 2  
Bergbygget E-133**Telefon**

+47 73551200

**Saksbehandler**

Adresser korrespondanse til saksbehandlerne. Husk å oppgi referanse.