



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Testing av brannhemmende maling på kabelgjennomføringer



Hovedprosjekt utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. Haugesund - ingeniørfag

Studieretning: Brannsikkerhet

Av: Henrik Bjelland
Jostein Breivik

Kandidatnr. 16
Kandidatnr. 40

Haugesund

2004



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling Haugesund - ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Testing av brannhemmende maling på kabelgjennomføringer		Rapportnummer
Utført av Henrik Bjelland Jostein Breivik		
Linje Sikkerhet	Studieretning Brann	
Gradering Åpen	Innlevert Dato 28.05.2004	Veileder ved HSH Jan Torgil Josefsen Leiv Anfin Drange
Oppdragsgiver Haugaland Brannsikring AS		Kontaktperson hos oppdragsgiver Geir Sandal Jan Hantho

Ekstrakt

Hensikten med denne oppgaven var å teste om brannhemmende kabelmaling kunne være med på å forbedre brannmotstandsevnen til kabelgjennomføringer. Sekundært skulle det testes om en silikonbasert tettemasse hadde tilfredsstillende virkning.

Det ble målt temperaturer på gjennomføringen under forsøkene, samt gjort beregninger på varmegjennomgang. Resultatene fra de ulike målingene ble diskutert og sammenlignet.

Resultatene fra testene viser at brannhemmende kabelmaling har gode egenskaper i forhold til å senke varmegjennomgangen i kablene. I tillegg var den med på å begrense røykspredningen gjennom gjennomføringen. Den silikonbaserte tettemassen gav også gode resultater. Det er verdt å presisere at brannhemmende maling og silikonbasert tettemasse er et tilleggsmiddel i forbindelse med gjennomføringstettinger.

FORORD

Denne hovedoppgaven er siste ledd i en 3-årig ingeniørutdanning innen brannsikkerhet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Ideen til oppgaven er utviklet i samarbeid med Haugaland Brannsikring AS. De har fått i oppdrag å utbedre kabelgjennomføringer på Smedvig Offshore AS sin plattform, West Venture.

Valget av hovedoppgave falt på denne fordi den spenner over et vidt spekter av arbeidsoppgaver. Ideen til et passende forbedringsalternativ ble presentert av Jan Hantho i Haugaland Brannsikring AS. Ideen gikk ut på at brannhemmende kabelmaling kunne være med på å øke brannmotstanden til de eksisterende gjennomføringene, og at de dermed kunne fungere tilfredsstillende. Vårt arbeid gikk ut på å finne ut om denne antagelsen var sann.

Arbeidet har tatt oss noen steg videre innenfor fagfeltet brannodynamikk, både med tanke på beregninger og forståelse av et brannforløp. Tiden vi brukte på ResQ gav oss et pusterom fra skolebenken, og vi fikk se hvordan branner kan oppføre seg i praksis. Arbeidet med design av test, selve utførelsen og ikke minst innsamlingen av materialer, har vært meget utfordrende, og vi tar med oss mange nyttige erfaringer til senere prosjekter.

Samarbeidet med Haugaland Brannsikring AS startet i november 2003. Forsøkene ble utført på ResQ i Haugesund(Bleivik) i april og mai 2004.

Hadde vi ikke hatt kyndig veiledning og dyktige samarbeidspartnere under prosjektet, ville vi ikke hatt mulighet til å presentere denne rapporten. I den forbindelse vil vi på det varmeste takke alle ved Haugaland Brannsikring AS og spesielt Jan Hantho og Geir Sandal. Våre veiledere ved HSH, Jan Torgil Josefsen og Leiv Anfin Drange, samt Arjen Kraaijeveld for all hjelp på ResQ. Anders Bjelland har bidratt med filming og redigering, og ellers rettes en takk til personellet på ResQ.

Haugesund 02.05.04

Med hilsen

Henrik Bjelland

Jostein Breivik

SAMMENDRAG

Tetting av gjennomføringer i brannskillende konstruksjoner er et kjent og omfattende problem. Smedvig Offshore AS har, etter inspeksjon av Det Norske Veritas, fått pålegg om å utbedre en del kabelgjennomføringer på deres plattform West Venture. Hovedhensikten med dette prosjektet var derfor å finne ut om brannhemmende kabelmaling kunne være med på å forbedre disse kabelgjennomføringene. Sekundært var det ønskelig å finne ut hvilken effekt en silikonbasert tettemasse hadde i tillegg til originaltettingen og kabelmalingen. Kravet var at gjennomføringene skulle opprettholde en A60 klassifisering.

Forsøkene ble utført i et modifisert ISO-rom beskrevet i ISO 9705 – Room Corner Test. En skottvegg ble montert i midten av rommet og en døråpning på 0,8 m x 2,0 m ble laget i enden.

Et stålkarr på 0,6 m² fylt med diesel skulle stå for energiproduksjonen og ble plassert helt inntil den indre veggen. For å kunne fylle Diesel mens forsøkene pågikk ble karet inne i ISO-rommet forbundet med et kar i samme høyde på utsiden. På denne måten ble likevektsprinsippet brukt for å justere brenselnivået. Branntiden var 60 minutter, og gjennomføringene ble utsatt for temperaturer godt over ISO-834 standard tid/temperatur kurven.

Det ble utført tre hovedtester hvorav den første var uten maling, den andre var påført Hensel Hensomastik 5KS og den tredje ble påført Pyro-Safe Flammoplast KS1. Alle gjennomføringene ble tettet med et japansk tettemiddel, Plaseal NF-93. Et 10 mm lag med silikonbasert tettemasse, som foreløpig er brukt som utbedringsalternativ på plattformen, ble lagt utenpå Plaseal massen.

For å undersøke varmegjennomgangen ble det plassert ut termoelementer i henhold til IMO Resolution A.754 (18) Appendix IV, samt et termoelement inni massen for å sammenligne med teoretiske beregninger.

Resultatene viser at gjennomføringene som ble malt med brannhemmende kabelmaling, har bedre egenskaper til å begrense varmegjennomgangen enn den uten. Ved bruk på kabelbunter viste malingen seg å ha en dobbel effekt. Samtidig som den reduserte varmegjennomgangen, hindret den også en del gjennomgang av branngasser. Resultatene viste at det generelt sett er liten forskjell på egenskaper når de to malingstypene sammenlignes, men at Hensomastik 5KS var noe bedre på kabelbuntene. Den silikonbaserte massen viste også veldig gode egenskaper i forhold til å tette sprekker rundt kablene som oppstod da de brant av. Massen hadde i tillegg meget gode vedheft egenskaper på selve Plaseal overflaten og ble liggende gjennom hele brannforløpet.

De teoretiske beregningene ble preget av mye usikre inndata, men viste potensial til å kunne utvikles mot et verktøy for undersøkelse av tettesystemer. Det er viktig å presisere at bruken av kabelmalingen er begrenset til et tilleggsmiddel i et tettesystem og påføringsanvisningen må følges nøye for å få et bra resultat.



INNHOLDSFORTEGNELSE

1	INNLEDNING	1
1.1	GENERELT	1
1.2	BAKGRUNN	1
1.3	KABELGJENNOMFØRINGER, REGLER OG BESKRIVELSER	2
1.3.1	<i>Generelt</i>	2
1.3.2	<i>Regler og bestemmelser</i>	2
1.3.3	<i>Godkjennende myndigheter</i>	2
1.3.4	<i>Kabelgjennomføringer</i>	3
2	TEORI	4
2.1	VARMETRANSPORT	4
2.1.1	<i>Generelt</i>	4
2.1.2	<i>Varmeledning</i>	4
2.1.3	<i>Konveksjon</i>	5
2.1.4	<i>Varmestråling</i>	5
2.2	TEORI OM STASJONÆR VARMETRANSPORT	7
2.3	TEORI OM TRANSIENT VARMETRANSPORT	8
3	METODE	11
3.1	REGELVERK	11
3.2	TESTROM	11
3.3	TESTVEGG	12
3.4	KABELGJENNOMFØRINGER	12
3.5	ENERGIKILDE	15
3.6	TEMPERATURMÅLINGER	16
4	RESULTATER	17
4.1	GENERELT	17
4.2	STASJONÆR VARMEGJENNOMGANG	17
4.3	TRANSIENTE BEREGNINGER PÅ VARMEGJENNOMGANG	20
4.4	TESTRESULTATER	24
4.4.1	<i>Test 1: Gjennomføring uten kabelmaling</i>	24
4.4.2	<i>Test 2: Gjennomføring med Hensel Hensomastik 5KS</i>	27
4.4.3	<i>Test 3: Gjennomføring med Pyro-Safe Flammoplast KSI</i>	30
4.4.4	<i>Sammenligning av testene</i>	33
4.4.5	<i>Brannenergi</i>	33
4.5	SENSITIVITETSANALYSE FOR BEREGNINGENE	34
5	DISKUSJON	36
5.1	KVALITETEN PÅ BEREGNINGENE	36
5.2	TESTOPPSETTET	38
5.3	TESTRESULTATENE	39
5.3.1	<i>Malingens påvirkning på temperaturen</i>	39
5.3.2	<i>Feilkilder i resultatene</i>	40
5.3.3	<i>Realistisk brannenergi</i>	42
5.3.4	<i>Presentasjon av resultater</i>	43
5.3.5	<i>Går det an å skille den ene malingen fra den andre?</i>	43
5.4	ISOLASJON PÅ BEGGE SIDER AV SKOTTET	44
5.5	TEMPERATUR I BRANNROMMET	44
6	KONKLUSJON	45
7	LITTERATURLISTE	46
8	VEDLEGG	47

Figur-, tabell- og bildeliste

Figur 2.1 – Profil over laginn delt vegg	7
Figur 2.2 – Profil med lokal temperatur i ulike lag	8
Figur 3.1 – Skisse av testrommet	11
Figur 3.2 – Skisse av veggen	12
Figur 3.3 – Skisse av gjennomføringen med kabler og Plaseal tettemasse	12
Figur 3.4 – Skisse av gjennomføring, uten innhold	14
Figur 3.5 – Tid/temperatur kurve	15
Figur 3.6 – Skisse av brenselssystem og karform	16
Figur 3.7 – Skisse med plassering av termoelementer på uekspontert side av gjennomføringene	16
Figur 4.1 – Skisse over gjennomføringen med kun tettemasse Plaseal NF-93	18
Figur 4.2 – Skisse over gjennomføringen med FIWA masse i tillegg til Plaseal NF93	19
Figur 4.3 – Resultat/beregning	21
Figur 4.4 – Temperaturfordeling uten FIWA	22
Figur 4.5 – Temperaturfordeling med FIWA	22
Figur 4.6 – Temperaturspredning innover i gjennomføringen etter 1 time	23
Figur 4.7 – Test 1, eksponert side	24
Figur 4.8 – Test 1, uekspontert side	25
Figur 4.9 – Test 2, eksponert side	27
Figur 4.10 – Test 2, uekspontert side	28
Figur 4.11 – Test 3, eksponert side	30
Figur 4.12 – Test 3, uekspontert side	31
Figur 4.13 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for k	34
Figur 4.14 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for variabler, med FIWA	35
Figur 4.15 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for variabler, uten FIWA	35
Figur 5.1 – Sammenligning rosa kabel	39
Figur 5.2 – Sammenligning grå kabel oppe	39
Figur 5.3 – Sammenligning kabelbunt nede	40
Figur 5.4 – Sammenligning kabelbunt oppe	40
Figur 5.5 – Sammenligning termoelement 6	40
Figur 5.6 – Sammenligning termoelement 8	40
Figur 5.7 – Temperaturer på brannekspontert side, sammenlignet med standardkurver	41
Figur 5.8 – Temperaturmålinger fra test 1, sammenlignet med standardbrannene	42
Tabell 2.1 – Fargen til varme legemer	5
Tabell 3.1 – Beskrivelse av kabler som ble brukt i gjennomføringen	13
Tabell 4.1 – Oversikt over ulike verdier som er brukt i de transiente beregningene	20
Tabell 4.2 – Beregnede temperaturer med og uten FIWA	23
Tabell 4.3 – Visuelle observasjoner under test 1	26
Tabell 4.4 – Visuelle observasjoner under test 2	29
Tabell 4.5 – Visuelle observasjoner under test 3	32
Tabell 4.6 – Forbedringsfaktorer	33
Tabell 4.7 – Minimale og maksimale verdier for variablene i beregningene	34
Tabell 4.8 – Beregnede resultater med varierende k	34
Tabell 5.1 – Spesifikk brannenergi per gulvareal for noen bygningstyper	42
Bilde 1.1 – Kabelgjennomføring med brannhemmende kabelmaling	1
Bilde 3.1 – De ulike kabeltypene som ble brukt	13
Bilde 3.2 – Forskalingen i gjennomføringene	14
Bilde 4.1 – Brannen i test 1, etter overtenning	24
Bilde 4.2 – Brann på uekspontert side etter 60 minutt	25
Bilde 4.3 – Etter brannen på uekspontert side	25
Bilde 4.4 – Kablene faller og er i full fyr	26
Bilde 4.5 – Brann på gulvet	26
Bilde 4.6 – Flammefarge, test 2	27
Bilde 4.7 – Kjøling av ISO-rom	27
Bilde 4.8 – Ekspandert kabelmaling, uekspontert side	28
Bilde 4.9 – Etter brannen på eksponert side	28
Bilde 4.10 – Før brannen, test 2	29
Bilde 4.11 – Etter brann, test 2	29
Bilde 4.12 – Flammefarge test 3	30
Bilde 4.13 – Kabler med brannmaling test 3	30
Bilde 4.14 – Termoelementer uekspontert side, test 3	31
Bilde 4.15 – Kabler som henger rett nedover	31
Bilde 4.16 – Kablene er dekket av flammer	32
Bilde 4.17 – Kjøling av ISO-rommet etter testens slutt	32

1 INNLEDNING

1.1 Generelt

Denne rapporten inneholder kapitler med ulike tema som krever videre forklaring. For å få en mest mulig ryddig rapport er slike forklaringer flyttet til ulike vedlegg. Det anbefales at forklaring av symboler og begrep (vedlegg 1) og plassering av termoelement (vedlegg 2) leses parallelt med resten av rapporten.

1.2 Bakgrunn

Etter et omfattende arbeid med gjennomgang og utbedring av skottgjennomføringer på Smedvig Offshore AS, West Venture, står 17 problemgjennomføringer tilbake (vedlegg 3).

Felles for mange av disse gjennomføringene er sprekke-dannelser i eksisterende tetting og meget trange omgivelser. Normale brannsikringstiltak er av den grunn vanskelige å gjennomføre. De eksisterende tettingene kan vise seg umulige å fjerne uten å skade kabler, som er ugunstig plassert, og sleeve tilfredsstillende ikke kravene til dybde.

I denne sammenheng letes det etter nye metoder for å sikre skottenes brannmotstand, hvorpå ekspanderende brannhemmende maling sees på som et egnet alternativ. Maling vil kunne ha den egenskapen at den kan trenge inn mellom kablene og tette alle åpninger. I tillegg vil malingen kunne påføres for eksempel 1000 mm ut på hver side på selve kablene for å redusere den potensielle brannenergien i rommet. For å tette sprekker i selve tettemassen brukes et silikonbasert produkt, FIWA (vedlegg 4), som er en del av RISE sitt tettesystem for gjennomføringer. Denne silikonbaserte tettemassen påføres i sprekker rundt kabler og sleeve, samt som et 10 mm lag på hele overflaten. Smedvig har selv utbedret en rekke av gjennomføringene sine kun med denne massen.

Med dette i tankene kan det beskrives en problemstilling for hele prosjektet:

Kan brannhemmende kabelmaling, sammen med silikonbasert tettemiddel, være med på å opprettholde brannmotstanden til de eksisterende kabelgjennomføringene ved West Venture?



Bilde 1.1 – Kabelgjennomføring med brannhemmende kabelmaling

1.3 Kabelgjennomføringer, regler og beskrivelser

Kilde: SINTEF Rapport av Ulf Danielsen: "Gjennomføringer i brannskiller. Kabler, rør, kanaler, spjeld, dører og vinduer." Norges branntekniske laboratorium, april 1986.

1.3.1 Generelt

Både på land og offshore stilles det krav til brannteknisk utførelse og sikkerhet. Det stilles krav til atskillelse av risikoområder, branncelleinndeling, beskyttelse av bærende konstruksjoner, materialvalg osv. Slike krav gis av de retningslinjer som de respektive installasjoner (det være seg skip, flytende eller faste installasjoner eller andre bygg) godkjennende myndighet har å holde seg til. Hensikten med disse retningslinjene og krav er selvsagt å høyne sikkerheten og redusere brannspredningsfaren om uhellet skulle være ute.

Det er i dag ingen problem ved riktig valg av brannisolasjonsmaterialer å utforme skillende og bærende konstruksjoner i de aktuelle brannklasser. (Optimalisering og riktig materialvalg kan likevel by på problemer). Om brann oppstår, skal en branncellebegrensende konstruksjon forhindre at brann spres til en annen avgrensende branncelle. En branncelle kan imidlertid ikke forsegles fullstendig. Ferdsel, gjennomsyn og transportmuligheter må ofte tilfredsstilles, og dette krever tilstedeværelse av luker, dører og vinduer. I tillegg er det på en plattform utstrakt transport av elektrisk kraft og signaler, samt fluider (væsker/gasser) mellom de ulike atskilte modulene. Slik transport føres via kabler, rør og kanaler, og ved overføring mellom ulike klassifikasjonsområder må disse føres gjennom brannklassifiserte konstruksjoner. Det blir naturlig å skille mellom kabel-, rør- og kanalgjennomføringer på den ene siden, og dører og vinduer på den andre siden. Begrepet gjennomføring blir ofte assosiert med kabler, rør og kanaler, mens dører og vinduer gjerne betraktes som konstruksjonselementer.

1.3.2 Regler og bestemmelser

Det overordnede kravet til en gjennomføring er at den verken skal svekke skillet eller forringe skilletts brannmotstandsevne. Dette er et enkelt og greit krav, som går igjen i de fleste sammenhenger. Skal kabler føres gjennom et A60 skille, må også gjennomføringen tilfredsstillende kravene til et A60 skille. Kriteriene for en skillende konstruksjon er at kravene til integritet og stabilitet skal overholdes innenfor hele prøvingstiden, som er 60 minutter for en A60-konstruksjon. Maksimal tillatt temperaturøkning på ueksponert side av et A-klassifisert brannskille er 180 °C.

1.3.3 Godkjennende myndigheter

Grovt sett kan det skilles mellom to ulike myndighetsområder offshore:

Skip og flytende oljeinstallasjoner på den ene siden og faste installasjoner (som står på havbunnen) på den andre siden.

Sjøfartsdirektoratet har godkjennende myndighet i forbindelse med norske skip og flyttbare oljeinstallasjoner. Sjøfartsdirektoratet typegodkjenner utstyr og konstruksjoner som tillates brukt om bord på disse. Oljedirektoratet har samme myndighet i forbindelse med faste installasjoner. Imidlertid så typegodkjenner ikke Oljedirektoratet utstyr o.l., men gir sin tilslutning på bakgrunn av en helhetsvurdering av en løsning.

I tillegg til Sjøfartsdirektoratet og Oljedirektoratet, som er det offentlige kontrollorgan, spiller også Det norske Veritas (DnV) og Lloyds en rolle i godkjenningsprosedyren i kraft av sine kontrollfunksjoner. Det norske Veritas utsteder for eksempel typegodkjenninger på gjennomføringer. Dette har den betydning at en gjennomføring må ha en typegodkjenning for at skipet, riggen eller oljeinstallasjonen skal bli klassifisert av DnV. En slik typegodkjenning fra DnV blir ofte betraktet som en offisiell norsk godkjenning når det gjelder produktvalg. Sjøfartsdirektoratet baserer sine bestemmelser på regler gitt av IMO og SOLAS (Safety of Life at Sea).

1.3.4 Kabelgjennomføringer

Funksjonskrav

En kabelgjennomføring skal tilfredsstillende en rekke kvalitative krav. Det primære med en brannskillende kabelgjennomføring er selvsagt at den har den påkrevde brannmotstandsevne, men i tillegg er det en rekke andre forhold som er viktige. Ideelt sett bør følgende parametere ligge til grunn med tanke på utførelse av kabelgjennomføringer:

- Hvilke kabler tillates benyttet i gjennomføringen? Her er strømstyrke, kappemateriale og kjernediameter viktige parametere.
- Kan kabelbroen føres i gjennomføringen?
- Avgir gjennomføringstettingen giftige gasser ved brann?
- Monteringsvennlighet.
- Trekking av nye kabler ved en senere anledning.
- Minimumsavstand mellom nærliggende gjennomføringer.
- Reparasjon og inspeksjonsmuligheter.
- Bestandighet i det aktuelle miljøet.
- Trykkmotstand (Eksplisjon).
- Elastisitet.

Materialer for bruk i kabelgjennomføringer

Det finnes en rekke ulike tekniske løsninger av kabelgjennomføringer på markedet, og utviklingen av nye materialer og materialkombinasjoner fører ofte til salgbare produkter. En del av de materialene som benyttes er kjent fra annen brannisolering, men det er også utviklet materialer spesielt for bruk i gjennomføringer.

I neste kapittel blir det tatt opp teori rundt temaet varmetransport for å skape en grunnleggende forståelse. To ulike beregningsmodeller for varmetransport blir presentert for senere bruk. Videre følger det et metodekapittel som beskriver hvordan testen ble satt opp og gjennomført. Her er det lagt vekt på å beskrive hvordan de ulike delene ble laget og hvilke krav som er gjeldene.

2 TEORI

2.1 Varmetransport

2.1.1 Generelt

For å få en bedre forståelse for hvordan varme sprer seg i en profil, er det valgt å ta med et kapittel om varmetransport teori. Beregningene tar for seg det bidraget FIWA massen har på varmegjennomgangen i gjennomføringen. Det vil bli presentert to modeller for beregning av varmegjennomgang, stasjonær og transient. Den første legger til grunn at det oppstår stasjonære forhold (konstant temperatur) under brannforløpet, mens den andre opererer med temperatur som en funksjon av tid.

Det finnes tre former for varmetransport, og det er sannsynlig at alle tre formene bidrar i alle branner. Samtidig er det funnet at den ene er mer dominant enn de andre på et gitt sted eller til en gitt tid. I følgende kapitler gis en kort beskrivelse av de tre formene for varmetransport. Symboler og begrep blir forklart i vedlegg 1.

2.1.2 Varmeledning

Varmeledning beskriver varmetransport gjennom et fast materiale, og har stor betydning for antennelse og flammespredning over faste, brennbare materialer og brannmotstand.

Dersom det finnes en temperaturforskjell i et fast materiale vil varmen transporteres mot den kaldere siden, helt til temperaturen er lik i hele materialet. Varmeledning i et fast materiale avhenger mye av materialets varmekonduktivitet (varmeledningsevne, k [W/mK]).

Varmeledningsevnen beskriver, i watt, den varmestrømmen som går gjennom et tverrsnitt på 1 m² av et homogent materialsjikt med 1 m tykkelse, når det er en temperaturforskjell på 1 K mellom den varme og den kalde overflaten av materialet. Metaller har høyere varmeledningsevne enn gasser og væsker fordi molekyltettheten er høyere. Dette utnyttes i isolasjonsmaterialer, som består av et stort antall luft- og gassfylte porer, og lite fast materiale. Materialers varmeledningsevne er ofte en funksjon av temperatur.

Varmeledning i et fast materiale kan beskrives med likning [2.1]:

$$\dot{q}'' = \frac{k}{l} \Delta T \quad [\text{W/m}^2] \quad [2.1]$$

2.1.3 Konveksjon

Konveksjon beskriver varmetransporten fra et fluid til et fast materiale og er gitt ved likning [2.2]. Konveksjon oppstår gjerne i et hulrom mellom en varm og en kald overflate. Gassen blir varmet opp av den varme overflaten og stiger. Den kalde overflaten bidrar til at gassen blir nedkjølt, samtidig som gassen avgir varme til overflaten, og gassen synker igjen. Dette skaper en roterende strøm med oppvarming av fast materiale og nedkjøling av fluid, helt til det ikke er noen temperaturforskjell mellom fluidet og det faste materialet.

Konveksjon avhenger av varmeoverføringskoeffisienten, h [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]. I motsetning til k , er ikke h en materialkonstant, men bestemmes ut fra det systemet som betraktes, geometrien til materialet og egenskapene til fluidet. Vurderingen av h i forskjellige situasjoner har alltid vært en stor utfordring i varmetransport og strømningslære. Typiske verdier for h ligger mellom $5\text{-}25 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ for naturlig konveksjon, og $10\text{-}500 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ for tvunget konveksjon {1}.

$$\dot{q}'' = h \Delta T \quad [\text{W}/\text{m}^2] \quad [2.2]$$

2.1.4 Varmestråling

Alle legemer avgir varmemestråling. Dersom et legeme blir varmet opp og temperaturen stiger, vil det avgi varme i form av både konveksjon og stråling. Avhengig av emissiviteten, ε , og verdien til h , vil konveksjon dominere ved lave temperaturer ($< 150\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$), men ved temperaturer over $400 \text{ }^\circ\text{C}$ vil stråling bli mer og mer dominerende {1}.

Siden varmemestråling er elektromagnetiske bølger, vil strålingen bli synlig som røde glør når temperaturen overstiger omkring $550 \text{ }^\circ\text{C}$. Dette skjer fordi bølgelengden til strålingen synker med temperaturstigningen, og kommer inn i det spekteret av elektromagnetiske bølger som er synlig for det menneskelige øyet ($0,75\text{-}0,45 \mu\text{m}$). Ettersom temperaturen øker, vil fargen på det varme legemet forandre seg og gi en indikasjon på temperaturen i legemet. Tabellen nedenfor er hentet fra {1}, og gir en oversikt over temperatur og farge på et varmt legeme.

Tabell 2.1 – Fargen til varme legemer

Temperature [$^\circ\text{C}$]	Appearance
550	First visible red glow
700	Dull red
900	Cherry red
1100	Orange
1400	White

Table 2.5 Drysdale – Visual colour of hot objects

På grunn av at varmen transporteres gjennom elektromagnetiske bølger, trenger ikke varmestråling et sammenbindende medium mellom varmekilde og mottaker. I branner med diameter $>0,3$ meter, er varmestråling den mest dominante typen varmetransport {1}. Varmestråling kan betraktes som strålingen ut fra et legeme, og strålingen **fra** et legeme **på** et annet legeme. Likning [2.3] beskriver den totale emissive strålingen **ut** fra et legeme:

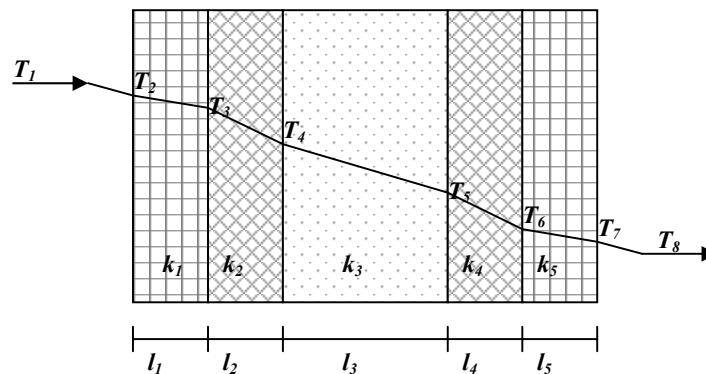
$$E = \varepsilon \sigma T^4 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad [2.3]$$

Likning [2.4] beskriver den totale strålingen som påvirker en mottaker eksternt fra avgiveren. Konfigurasjonsfaktoren, ϕ , inneholder den geometriske sammenhengen mellom avgiver og mottaker av varmestråling.

$$\dot{q}'' = \phi \varepsilon \sigma T^4 \text{ [W/m}^2\text{]} \quad [2.4]$$

2.2 Teori om stasjonær varmetransport

Stasjonær varmetransport bygger på at et materiale, blir utsatt for en konstant temperaturpåvirkning og at maksimal varmegjennomgang med denne temperaturen derved kan beregnes. Ved beregning av stasjonær varmegjennomgang brukes likningene for konveksjon og varmeledning, som vist ovenfor i likning [2.1] og [2.2]. Branngasstemperaturen, T_1 , samt temperaturen i tilstøtende rom, T_8 , antas å være kjent. Ved å sette opp likningene for temperaturforskjellene i de ulike lag, og summere disse, kan også de ukjente temperaturene finnes. På figur 2.1 vises en profil av de ulike lagene i en vegg, markert med $k_{\#}$, $T_{\#}$ og $l_{\#}$.



Figur 2.1 – Profil over laginndelt vegg

For å beregne varmegjennomgangen i denne profilen kan likning [2.1] og [2.2] brukes:

$$T_1 - T_2 = \dot{q}'' h_1, \quad T_2 - T_3 = \dot{q}'' \frac{k_1}{l_1}, \quad T_3 - T_4 = \dot{q}'' \frac{k_2}{l_2}, \quad \dots, \quad T_7 - T_8 = \dot{q}'' h_2$$

$$\Rightarrow T_1 - T_8 = \dot{q}'' \left(h_1 + \frac{k_1}{l_1} + \frac{k_2}{l_2} + \dots + h_2 \right)$$

Siden temperaturene T_1 og T_8 er kjent, kan varmefluksen, \dot{q}'' , finnes med uttrykket:

$$\dot{q}'' = \frac{T_1 - T_8}{h_1 + 2 \frac{k_1}{l_1} + 2 \frac{k_2}{l_2} + \frac{k_3}{l_3} + h_2}$$

Når varmefluksen, \dot{q}'' , er kjent, er temperaturen ved veggens på ueksponert side, T_7 , gitt ved:

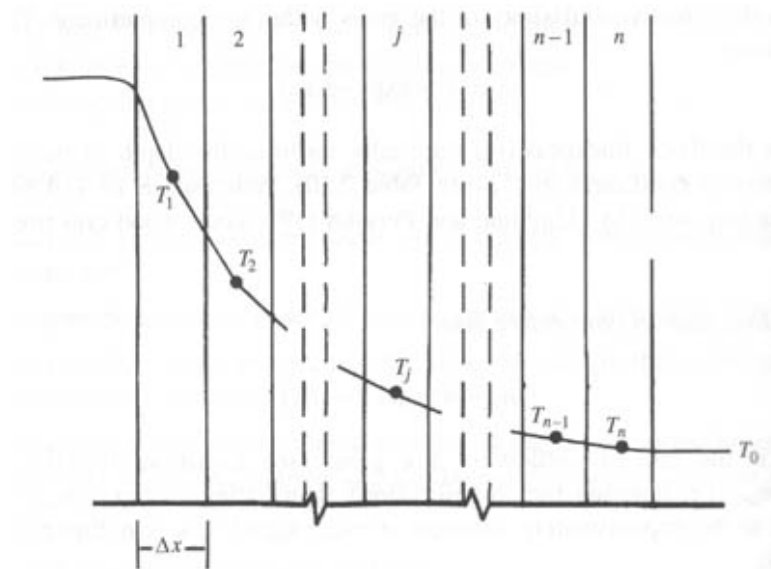
$$T_7 = T_1 - \dot{q}'' \left(h_1 + 2 \frac{k_1}{l_1} + 2 \frac{k_2}{l_2} + \frac{k_3}{l_3} \right)$$

2.3 Teori om transient varmetransport

I forrige kapittel ble det vist hvordan varmegjennomgang kunne beregnes stasjonært. Ved å utføre beregningene på denne måten, må det gjøres en forenkling om at materialet/profilen blir utsatt for en konstant temperatur og den tar ikke hensyn til tidsaspektet. Ved bruk av stasjonære beregninger blir derfor varmegjennomgangen større enn den i realiteten er.

Det finnes en annen form for beregninger som tar hensyn til tidsaspektet, transiente beregninger, der temperatur er en funksjon av tid. På denne måten kan det antas at transiente beregninger er mer reelle enn stasjonære beregninger. I dette kapitlet vil det bli presentert en transient modell for å beregne varmegjennomgang i en kittbasert tettemasse. Det er ikke tatt hensyn til at det er kabler i tettemassen, da dette vil kreve mer avanserte beregningsmodeller og dataprogram.

Den transiente varmeledningen gjennom gjennomføringen ble beregnet numerisk i Excel. Alle formler som danner grunnlaget for beregningene, som finnes i dette kapitlet, er hentet fra {2}. Ved transiente beregninger deles veggene opp i "n" lag og likningene løses for hvert tidsintervall og hvert lag.



Figur 2.2 – Profil med lokal temperatur i ulike lag

Varmegjennomgangen i gjennomføringen er avhengig av gasstemperaturen på den eksponerte siden (T_g) og overflatetemperaturen i de respektive lag (T_i). Når varmegjennomgangen beregnes transient kan det settes opp tre likninger som skal brukes for de ulike lag {2}.

Temperaturen i det først laget, nærmest brannen, kan beregnes med likning 2.5:

$$T_1(t + \Delta t) = T_1(t) + \frac{\Delta t}{\Delta x C_p \rho} \left(\frac{T_g - T_1(t)}{\frac{1}{\gamma_i} + \frac{\Delta x}{2k_1}} - \frac{T_1(t) - T_2(t)}{\frac{\Delta x}{2k_1} + \frac{\Delta x}{2k_2}} \right) \quad [2.5]$$

Temperaturen i de indre lagene ”j” kan beregnes med likning 2.6:

$$T_j(t + \Delta t) = T_j(t) + \frac{\Delta t}{\Delta x C_p \rho} \left(\frac{T_{j-1}(t) - T_j(t)}{\frac{\Delta x}{2k_{j-1}} + \frac{\Delta x}{2k_j}} - \frac{T_j(t) - T_{j+1}(t)}{\frac{\Delta x}{2k_j} + \frac{\Delta x}{2k_{j+1}}} \right) \quad [2.6]$$

Temperaturen i det ytre laget, mot ueksponert side, kan beregnes med likning 2.7:

$$T_n(t + \Delta t) = T_n(t) + \frac{\Delta t}{\Delta x C_p \rho} \left(\frac{T_{n-1}(t) + T_n(t)}{\frac{\Delta x}{2k_{n-1}} + \frac{\Delta x}{2k_n}} - \frac{T_n(t) - T_0}{\frac{\Delta x}{2k_n} + \frac{1}{\gamma_u}} \right) \quad [2.7]$$

Materialer forandrer egenskaper, i mer eller mindre grad, som en funksjon av temperatur. Dette medfører at både C_p og k må beregnes parallelt med temperaturen i de ulike lagene.

Varmeoverføringskoeffisientene γ_u og γ_i ble estimert ut i fra følgende likninger {2}:

$$\gamma_u = 3,3 \cdot 10^{-5} T_u - 3,09 \cdot 10^{-4} \quad [\text{kW/m}^2\text{K}] \quad [2.8]$$

$$\gamma_i = \frac{\varepsilon_r \sigma}{T_g - T_i} (T_g^4 - T_i^4) + 0,023 \quad [\text{kW/m}^2\text{K}] \quad [2.9]$$

hvor ε_r er den resulterende emissiviteten {2}, gitt ved likning 2.10:

$$\varepsilon_r = \left(\frac{1}{\varepsilon_F} + \frac{1}{\varepsilon_i} - 1 \right)^{-1} \quad [2.10]$$

der ε_F er flammens emissivitet {2} og ε_i er emissiviteten til lag nummer 1.

$$\varepsilon_F = 1 - e^{(-K \cdot X_F)} \quad [2.11]$$

For å ikke bryte termodynamikkens 2.lov i de transiente beregningene, må tidsintervallet (Δt) mellom målingene ikke bli for stort. I {1} er det oppgitt et kriterium som bestemmer maksimalt tidsintervall ved varmegjennomgang i én dimensjon.

$$Fo = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2} < 0,5 \quad [2.12 \text{ a}]$$

der Fo er Fourier tallet.

Løser likningen med hensyn på Δt :

$$\Delta t < \frac{(\Delta x)^2}{2\alpha} \quad [2.12 \text{ b}]$$

3 METODE

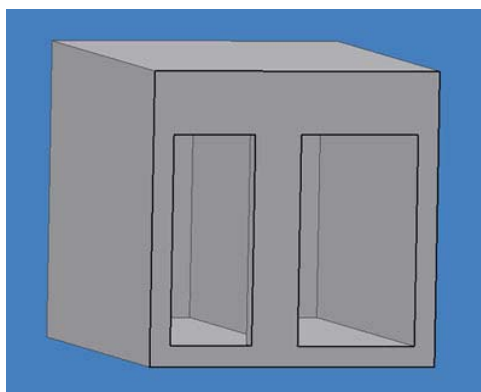
3.1 Regelverk

Forsøket ble planlagt og utført i henhold til regelverket angitt i {3}. Regelverket angir fremgangsmåten for å teste gjennomføringer i en klassifiseringssituasjon, og gir klare retningslinjer i forhold til hvordan en gjennomføring skal bygges. Dette prosjektet ble gjennomført fordi de eksisterende gjennomføringene ikke tilfredstilte krav i {3}. Som følge av dette måtte gjennomføringer og skott bygges som de er på plattformen, mens plassering av termoelementer, krav til temperaturøkning og isolering rundt gjennomføringen på ueksponert side ble utført i henhold til {3}.

I oppgaven ble det fokusert på måling av isolasjonskravet til gjennomføringen, mens integritetskravet ble begrenset til å måles ved visuelle observasjoner. Maksimal temperaturøkning over starttemperaturen er 180 °C i ett punkt og 140 °C gjennomsnittlig i gjennomføringen etter 60 minutters testing for A60 konstruksjoner {3}.

3.2 Testrom

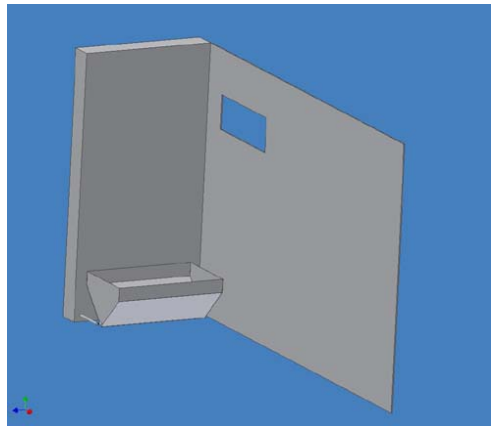
Forsøkene ble utført i et modifisert ISO-rom {4} ved ResQ Haugesund. Rommet hadde målene $B \times H \times L = 2,4 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 3,6 \text{ m}$. Siden testen krevde at en hel skottvegg måtte installeres i rommet, måtte det utføres justeringer i forhold til hvor døråpningen skulle være. Det ble valgt å bruke et rom som var helt åpent på den ene kortsiden og plassere skottveggen midt i rommet. Gjennom simuleringer i Argos (vedlegg 5) og testforsøk (vedlegg 6), ble en åpning på $B \times H = 0,8 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ bestemt. Rommet er for øvrig bygget i Scanpor høytrykksherdet lettbetong og har A120 klassifisering.



Figur 3.1 – Skisse av testrommet

3.3 Testvegg

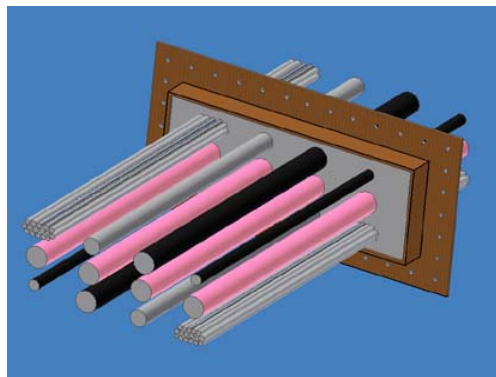
For å få en mest mulig virkelighetsnær test ble det etterstrebet å bygge veggen mest mulig lik en vanlig skottvegg ved West Venture. Veggen ble bygget av Olufsen Skipsservice, og er en stålvegg med tykkelse på 8 mm (vedlegg 7). Ueksponert side av veggen ble isolert med 50 mm Paroc steinull (vedlegg 8), og veggen skulle ha en A60 klassifisering. Rundt selve gjennomføringen på ueksponert side ble det isolert med et lag på 75 mm, for å dekke sleeveen. Etter testforsøk ble det valgt å installere én gjennomføring i veggen. Under testforsøkene ble temperaturen målt i sentrum av der gjennomføringen kom til å stå, og temperaturmålingene var godt over ISO 834 standard brannen (vedlegg 6).



Figur 3.2 – Skisse av veggen

3.4 Kabelgjennomføringer

Gjennomføringen som ble valgt skulle representere verste tilfelle av gjennomføringene på plattformen. Den har et areal på $b \times h = 810 \text{ mm} \times 290 \text{ mm}$, kabelbunter med små kabler som er umulige å tette mellom med vanlig masse og den inneholder kabler med stor diameter ($50 \text{ mm} \leq d \leq 70 \text{ mm}$) (vedlegg 9). Figur 3.3 viser hvordan kablene ble plassert i gjennomføringen. Av praktiske årsaker i forbindelse med montering, ble kablene fordelt symmetrisk i gjennomføringen, og ikke nødvendigvis likt West Venture.



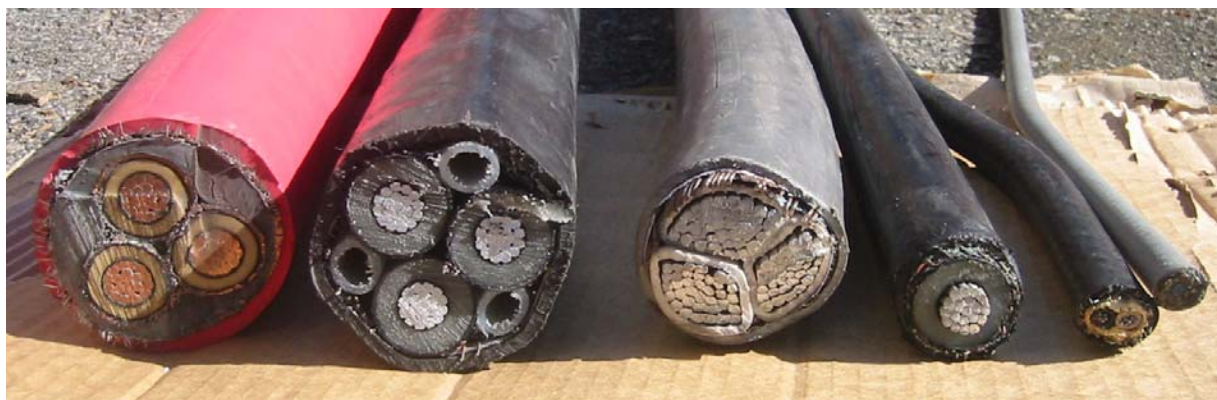
Figur 3.3 – Skisse av gjennomføringen med kabler og Plaseal tettemasse

Tabell 3.1 gir en beskrivelse av kablene som ble brukt til testene. Legg merke til den grå kabelen som skiller seg ut i forhold til mengde metall med 3 x 240 mm² metalledere. Til sammenligning har den rosa kabelen 3 x 95 mm² metalledere.

Tabell 3.1 – Beskrivelse av kabler som ble brukt i gjennomføringen

Vår beskrivelse	Spesifikasjon på kabel
Rosa kabel	ABBNK RFOU 6/10 (12) Kv 3x95/50 qmm HCF 1100/60 FLEX-FLAME IEC 60332-3/A
Sort kabel	TXSP 24 kV 3x95 mm ² A
Grå kabel	PFSP 1 kV 3x240 A/72 MM ²
Sort kabel, liten	PIRELLI TSLE 24 Kv 1x95A/25mm ² 2002
Kabelbunt	DRAKA NORSK KABEL RFOU 0,6/1 Kv P1/P8 2x6/6 mm ² IEC 60332-3/A DRAKA NORSK KABEL BFOU 250V S3/S7 1 PAIR 0,75 mm ² FLEX-FLAME IEC 60331 IEC 60332-3/A

Bilde 3.1 viser tverrsnittet til kablene som ble brukt i testene. Fra venstre mot høyre blir kablene omtalt som ”rosa kabel”, ”sort kabel”, ”grå kabel”, ”sort kabel, liten” og ”kabelbunt”.

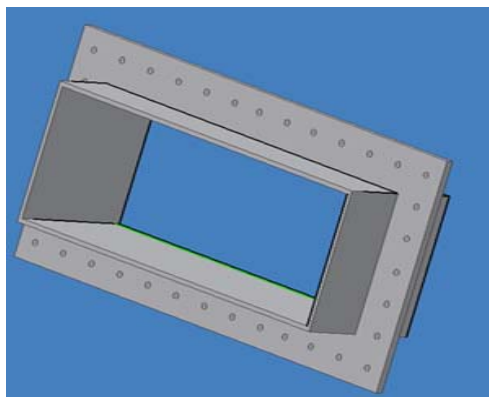


Bilde 3.1 – De ulike kabeltypene som ble brukt

Regelverket anbefaler at kablene stikker minst 500 mm ut på hver side av gjennomføringen ved tester. I dette prosjektet stakk kablene 1000 mm ut på eksponert side, og 400 mm ut på ueksponert side.

Som nevnt tidligere har gjennomføringen et areal på $b \times h = 810 \text{ mm} \times 290 \text{ mm}$. Dette var noe mindre enn det den i realiteten er. Det ble tatt bort 50 mm på både bredden og høyden for å få dem lettere inn i hullet. Dette medførte videre at dekningsgraden av kabel i tettingen økte fra 13 til 17 % (vedlegg 10). Det stilles også krav til dekningsgrad både i IMO og DnV. I dette tilfellet er det DnV som har den laveste verdien, på 35 % (vedlegg 11). Dette er totalt sett ikke noe problem med denne gjennomføringen, men området rundt kabelbuntene kan vurderes separat. I slike områder utgjør kablene en mye større del av arealet enn tettemassen.

Sleevene til kabelgjennomføringene ble bygget i 10 mm stål. Det ble laget en ramme rundt, med boltehull som passet boltehull i skottet. På denne måten ble det mulig å lage tettingene på forhånd og sette dem inn i skottet etter behov. Figur 3.4 viser hvordan gjennomføringene så ut uten tettemasse og kabler:



Figur 3.4 – Skisse av gjennomføring, uten innhold

Regelverket stiller krav til at gjennomføringen plasseres over midten av veggen og at det er minimum 200 mm til andre vegger, tak eller andre gjennomføringer i veggen. Gjennomføringene skal enten sveises eller boltes til veggen {3}.

Alle gjennomføringene ble tettet med et Japansk tettemiddel som er brukt på West Venture. Tettemiddelet heter Plaseal NF-93, en kittbasert masse, klassifisert til A30 i skott av DnV (vedlegg 11). Videre stilles det krav til at gjennomføringens areal med Plaseal NF-93 maksimalt skal være $b \times h = 250 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$. Denne gjennomføringen overgår altså dette kravet. (Tettemiddelet var tidligere klassifisert som A60 (vedlegg 12).)

Gjennomføringene med kabler ble bygget ved at en treplate med hull, som passet profilen til gjennomføringen, ble plassert under gjennomføringen som en forskaling. Kablene ble plassert stående i hulla og Plaseal NF-93 ble deretter lagt rundt kablene og pakket i hele gjennomføringen.



Bilde 3.2 – Forskalingen i gjennomføringene

I prosjektet ble gjennomføringene testet med tre forskjellige oppsett.

1. Plaseal NF-93 og FIWA.
2. Plaseal NF-93, FIWA og Hensel Hensomastik 5 KS (vedlegg 13).
3. Plaseal NF-93, FIWA og Pyro-Safe Flammoplast KS1 (vedlegg 14).

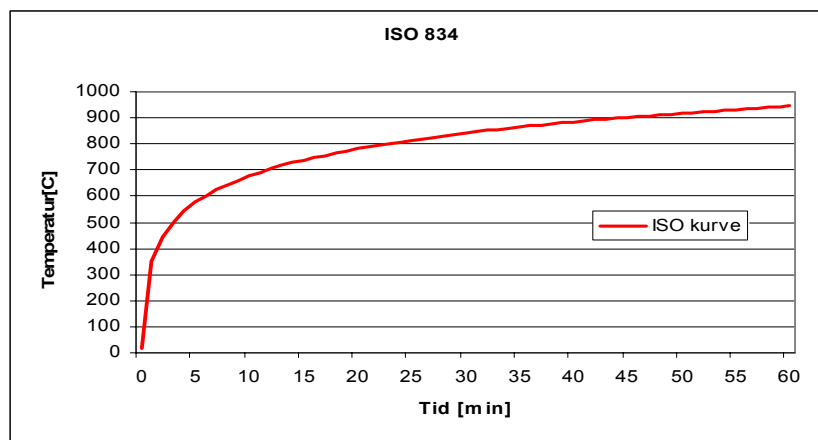
Årsaken til at FIWA ble tatt med, er at gjennomføringene på West Venture ble utbedret ved å meisle bort omkring 10 mm av tettemassen og fylt opp med FIWA. Dette ble gjort for å forsegle sprekkdannelsen i gjennomføringene. I dette prosjektet ble 10 mm FIWA brukt på begge sider av alle gjennomføringene.

Malingen ble påført i henhold til monteringsanvisning (vedlegg 13). Dette ble dokumentert i kvalitetssystemet (vedlegg 15.a). I etterkant av testene ble det imidlertid utviklet en påføringsanvisning som tar spesielt hensyn til kabelbunter (vedlegg 15.b).

3.5 Energikilde

For å oppnå et troverdig resultat i testene, var det nødvendig å ha en energikilde som fulgte temperaturene i ISO-834 kurven, eller som gikk over denne. Temperaturen er gitt ved {5}:

$$T = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad [3.1]$$

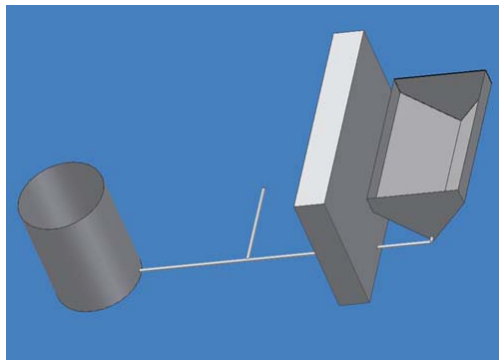


Figur 3.5 – Tid/temperatur kurve

En kurve som oversteg ISO-kurven ble også sett på som et brukende brannforløp. Ved beregninger og simuleringer ble det funnet en effekt som var ønskelig å oppnå. Kostnadmessig og av praktiske årsaker, ble det valgt å bruke diesel som brensel i et spesialdesignet kar. Simuleringer i Argos gav i første omgang en antydning av hvilket areal karet burde ha. Testforsøk viste at arealet, i forhold til simuleringene, kunne reduseres noe (vedlegg 6). Karet ble laget med en største overflate på $B \times L = 0,6 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$.

På grunn av at testene skulle vare i en time ville det gå med store mengder brensel, noe som medførte problematikk rundt hvordan brensel skulle etterfylles. I denne testen ble det brukt et kar på utsiden, koblet sammen med karet på innsiden, til å fylle på brensel og kontrollere væsknivået.

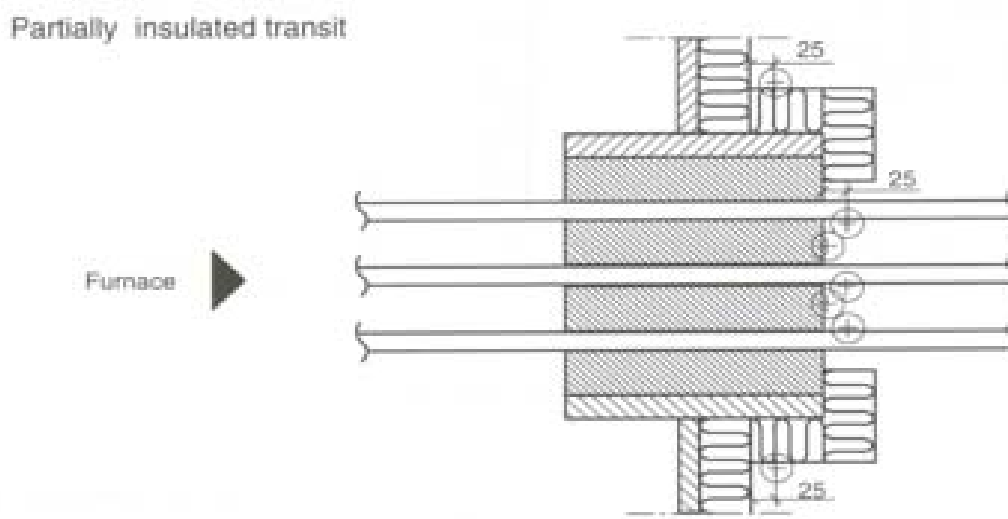
Det innvendige karet ble formet som vist på figur 3.6, slik at brenseloverflaten kunne justeres dersom det skulle bli nødvendig under forsøket. For å kunne slukke brannen ved testens slutt, ble det installert en tappekran på røret mellom de to karene.



Figur 3.6 – Skisse av brenselssystem og karform

3.6 Temperaturmålinger

Plasseringen av termoelementer som målte temperaturen i forsøket er beskrevet i {3}.



Figur 3.7 – Skisse med plassering av termoelementer på ueksponert side av gjennomføringene

På eksponert side ble termoelementer plassert ut i overkant av hver gjennomføring. For å kontrollere de utførte beregningene, ble det også plassert et termoelement inni gjennomføringene. Alle termoelementene ble koblet til en datalogger som kunne ta imot 22 temperaturmålinger i bestemte tidsintervall, og lagre disse. Dataloggeren ble koblet opp mot en datamaskin med en RS-232 kabel og konfigurert i Agilent Benchlink {6} som tok imot målingene fra loggeren og registrerte disse. De registrerte målingene ble deretter overført til Excel for videre behandling og grafisk fremstilling.

4 RESULTATER

4.1 Generelt

For å undersøke varmegjennomgangen i gjennomføringene, ble det utført både stasjonære og transiente beregninger. Beregningene ble knyttet opp mot virkningen til den silikonbaserte tettemassen FIWA og HC-kurven {7} ble brukt for å illustrere brannen på grunn av at denne samsvarte mer med den reelle brannen enn ISO-kurven.

I begge beregningsmodellene ble det gjort betydelige antagelser som kan ha påvirket resultatet. I diskusjonsskapittelet vil påliteligheten til de ulike resultatene bli drøftet.

4.2 Stasjonær varmegjennomgang

Likningene fra kapittel 2 ble benyttet for å beregne den stasjonære varmegjennomgangen i gjennomføringen (vedlegg 10). Varmeoverføringskoeffisientene, h , på eksponert og ueksponert side ble byttet med γ , og ble beregnet med likningene 2.8 og 2.9.

For å kunne bruke likning 2.9 måtte den resulterende emissiviteten, ε_r , beregnes med likning 2.10 og flammens emissivitet, ε_F , med likning 2.11. Emissiviteten til Plaseal, ε_i , ble antatt til å være 0,6 på grunn av farge og overflate.

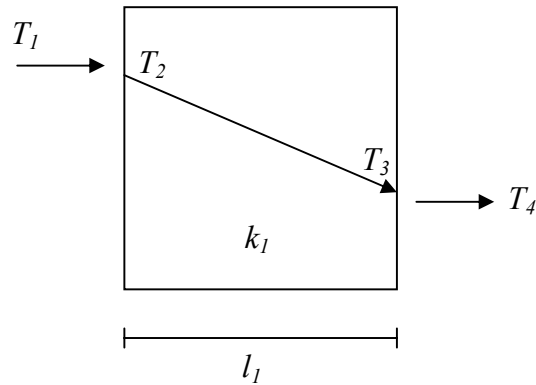
$$\gamma_u = 3,3 \cdot 10^{-5} T_u - 3,09 \cdot 10^{-4} = 3,3 \cdot 10^{-5} \cdot 283 - 3,09 \cdot 10^{-4} \approx 9$$

$$\varepsilon_F = 1 - e^{(-K \cdot X_F)} = 1 - e^{(-1,1)} \approx 0,67$$

$$\varepsilon_r = \left(\frac{1}{\varepsilon_F} + \frac{1}{\varepsilon_i} - 1 \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,67} + \frac{1}{0,6} - 1 \right)^{-1} \approx 0,46$$

$$\gamma_i = \frac{\varepsilon_r \sigma}{T_g - T_i} (T_g^4 - T_i^4) + 0,023 = \frac{0,46 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{1373 - 1073} (1373^4 - 1073^4) + 0,023 \approx 217 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Figur 4.1 viser en skisse over tettemassen i gjennomføringen med en hypotetisk beskrivelse av hvordan temperaturen synker som følge av tettemassens varmeledningsegenskaper og tykkelse.

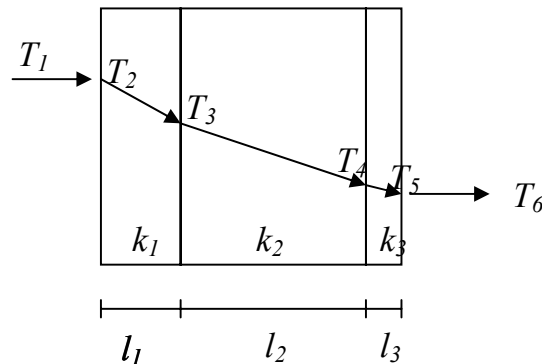


Figur 4.1 – Skisse over gjennomføringen med kun tettemasse Plaseal NF-93

$$\dot{q}'' = \frac{T_1 - T_4}{\frac{1}{\gamma_i} + \frac{l_1}{k_1} + \frac{1}{\gamma_u}} = \frac{1373 - 283}{\frac{1}{264} + \frac{0,18}{0,5} + \frac{1}{9}} = 2293 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$T_5 = T_1 - \dot{q}'' \left(\frac{1}{\gamma_i} + \frac{l_1}{k_1} \right) = 1373 - 2297 \left(\frac{1}{264} + \frac{0,18}{0,5} \right) = 537 \text{ [K]}$$

Med FIWA masse på tettemassen kan gjennomføringen beskrives som på figur 4.2:



Figur 4.2 – Skisse over gjennomføringen med FIWA masse i tillegg til Plaseal NF93

Ved beregningene med FIWA masse, måtte det gjøres nye antagelser angående emissivitet. Imidlertid ble γ_u i begge tilfeller like, ettersom likningen bare er avhengig av temperaturen på baksiden. FIWA massen er svart med en matt overflate. Det ble antatt at emissiviteten til FIWA er noe høyere enn for Plaseal, og ble satt til 0,8. Det er imidlertid viktig å påpeke at denne faktoren hadde veldig liten innvirkning på resultatet, i likhet med faktorene som inngår i emissiviteten.

$$\varepsilon_r = \left(\frac{1}{\varepsilon_F} + \frac{1}{\varepsilon_i} - 1 \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,67} + \frac{1}{0,8} - 1 \right)^{-1} \approx 0,57$$

$$\gamma_i = \frac{\varepsilon_r \sigma}{T_g - T_i} (T_g^4 - T_i^4) + 0,023 = \frac{0,57 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{1373 - 1073} (1373^4 - 1073^4) + 0,023 \approx 264 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

FIWA massen er oppgitt til å ekspandere omkring 10 ganger ved 200 °C. I de stasjonære beregningene ble det antatt at massen var ekspandert under hele brannforløpet på branneksonert side, og ikke ekspandert på ueksponert side. Den termiske konduktiviteten, k , for FIWA massen ble antatt å være omtrent 0,5 W/mK i uekspandert tilstand, og 0,27 W/mK i ekspandert tilstand.

$$\dot{q}'' = \frac{T_1 - T_6}{\frac{1}{h_i} + \frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_{2t}} + \frac{l_3}{k_3} + \frac{1}{h_u}} = \frac{1373 - 283}{\frac{1}{264} + \frac{0,1}{0,27} + \frac{0,16}{0,5} + \frac{0,01}{0,5} + \frac{1}{9}} = 1321 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$T_5 = T_1 - \dot{q}'' \left(\frac{1}{h_i} + \frac{l_1}{k_1} + \frac{l_2}{k_2} + \frac{l_3}{k_3} \right) = 1373 - 444 \left(\frac{1}{264} + \frac{0,1}{0,27} + \frac{0,16}{0,5} + \frac{0,01}{0,5} \right) \approx 429 \text{ [K]}$$

Et 10 mm lag med FIWA på begge sider medfører i disse beregningene at temperaturen ble 108 °C kaldere på ueksponert side.

4.3 Transiente beregninger på varmegjennomgang

To beregninger ble utført, én uten og én med fugemasse. Ligningene fra kapittel 2.3 ble brukt for å utføre transiente beregninger i Excel (vedlegg 10). Varmeoverføringskoeffisientene, γ , på eksponert og ueksponert side ble beregnet med likningene 2.8 og 2.9. Denne er en funksjon av temperatur, og ender på eksponert side (beregning med FIWA) på omtrent:

$$\gamma_i = \frac{\varepsilon_r \sigma}{T_g - T_i} (T_g^4 - T_i^4) + 0,023 = \frac{0,57 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8}}{1373 - 1195} (1373^4 - 1195^4) + 0,023 \approx 275 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

C_p og ρ varierer egentlig med temperaturen, men disse ble satt som konstanter på grunn av manglende informasjon om materialene. Det samme gjaldt varmeledningsevnen. Verdiene ble antatt ut fra liknende stoffer og angis i tabell 4.1:

Tabell 4.1 – Oversikt over ulike verdier som er brukt i de transiente beregningene

Materiallegenskap	Verdi	Kilde/begrunnelse
ρ_{plaseal}	1100 kg/m ³	Oppgitt i (vedlegg 11)
ρ_{FIWA}	900 kg/m ³	Antatt verdi etter ekspansjon (1260 kg/m ³ ved 20 °C)
k_{plaseal}	0,5 W/mK	Sammenlignet med Rockwool {8}
k_{FIWA}	0,27 W/mK	Justert i forhold til testresultater
$C_{p \text{ Plaseal}}$	840 J/kgK	Sammenlignet med murstein, tabell fra Drysdale
$C_{p \text{ FIWA}}$	840 J/kgK	Antatt

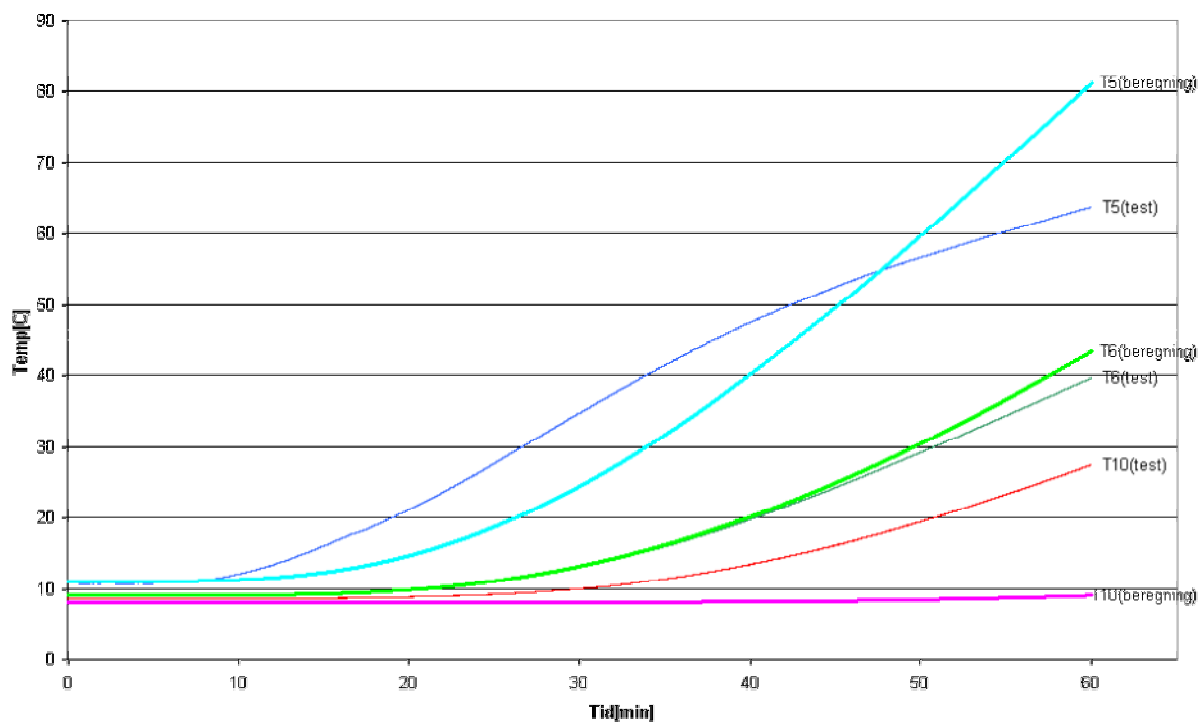
Emissiviteten er den samme som i forrige kapittel:

$$\varepsilon_r = \left(\frac{1}{\varepsilon_F} + \frac{1}{\varepsilon_i} - 1 \right)^{-1} = \left(\frac{1}{0,67} + \frac{1}{0,8} - 1 \right)^{-1} \approx 0,57$$

Som for stasjonære beregninger ble det regnet med at FIWA massen var ekspandert under hele brannforløpet. Massen har den egenskapen at det ekspanderer omkring 10 ganger ved en temperatur på 200 °C. I brannen ble denne temperaturen oppnådd før det var gått et halvt minutt, mens beregningene viste at 200 °C ble oppnådd i det første laget etter omkring 3 minutt.

Varmeoverføringskoeffisienten på ueksponert side ble satt konstant, da denne siden ikke ble utsatt for særlig varme. Varmeledningsevnen til FIWA massen ble justert i forhold til forsøksmålingene, ettersom informasjon om denne verdien var vanskelig å oppdrive. Den ble satt slik at de målte punktene (termoelement nr.11), henholdsvis 8, 16 og 18 cm inn i tettemassen fra eksponert side, stemte mest mulig overens med de beregningene i samme tidsintervall og samme dybdelag. Etter korrigeringer av varmeledningsevnen ble resultatene tilfredsstillende.

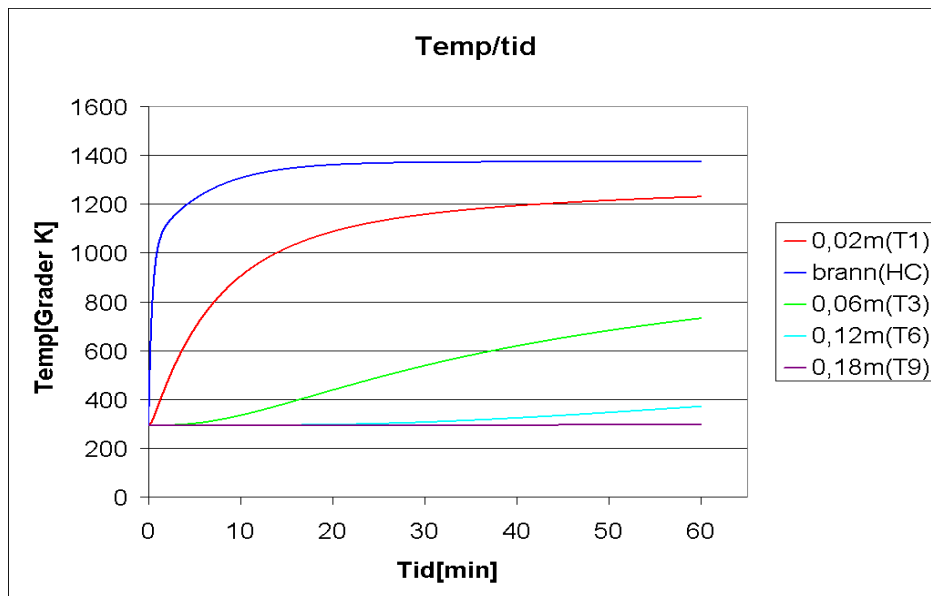
De temperaturene som ble målt i tettemassen ble målt med termoelement i lag 5,6 og 10, som tilsvarer tallene i forklaringsboksen i figur 4.3. Det vil si at T10 = 8 cm inn i tettemassen fra uekspontert side, T6 = 16 cm inn i tettemassen fra uekspontert side og T5 = 18 cm inn i tettemassen fra uekspontert side.



Figur 4.3 – Resultat/beregning

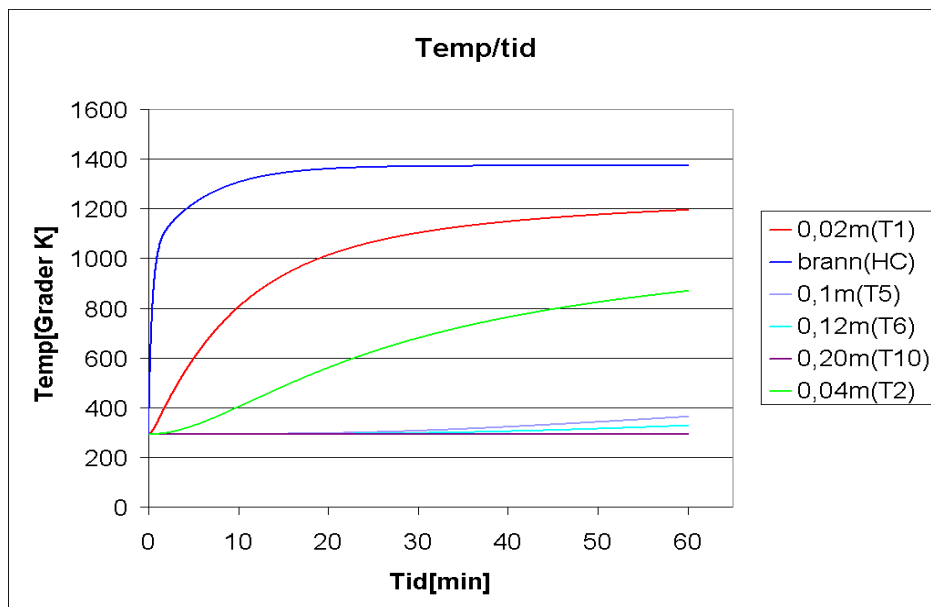
De transiente beregningene viste at temperaturøkningen stanset omtrent midt inne i laget med Plaseal (T10). Derfra og innover, mot uekspontert side, var det ingen temperaturøkning.

Figurene nedenfor sier litt om temperaturfordelingen i de ulike lagene. Det er viktig å presisere at avstandene i forklaringsteksten til de to figurene 4.4 og 4.5, ikke er direkte sammenlignbare. Dette kom av at FIWA massen ekspanderte, og avstandene er fra eksponert side.



Figur 4.4 – Temperaturfordeling uten FIWA

T6 i figur 4.5 er plassert omtrent på samme sted i gjennomføringen som T1 i figur 4.4.



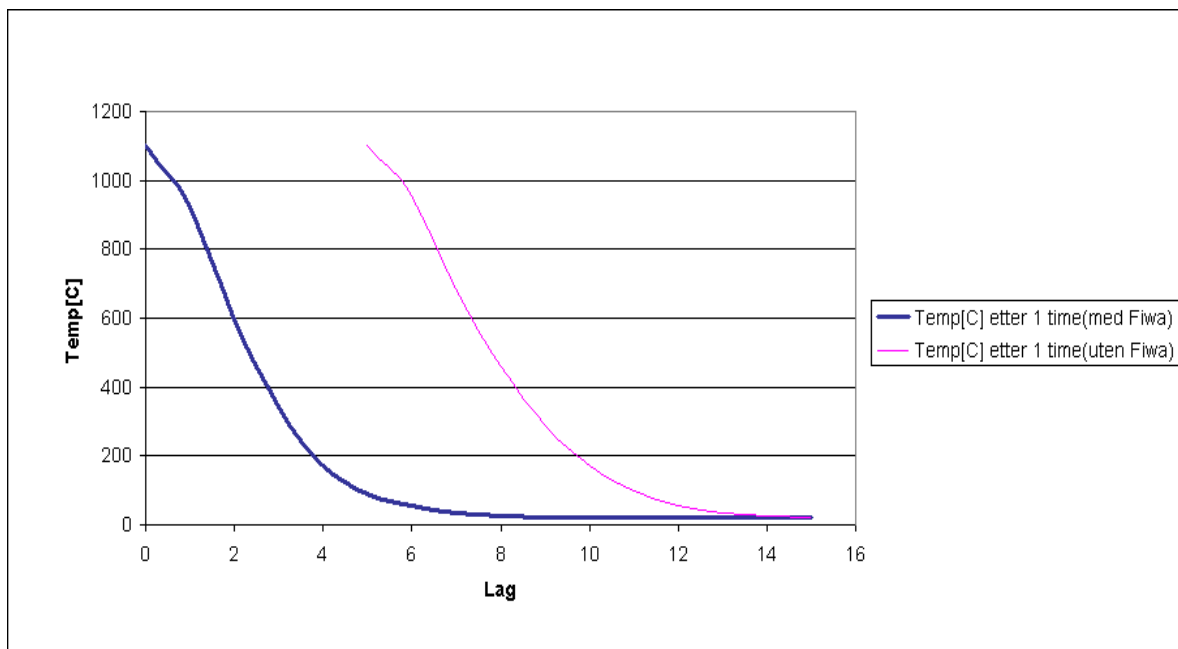
Figur 4.5 – Temperaturfordeling med FIWA

Tabell 4.2 viser en sammenligning av temperaturene i de ulike lag etter en time, med og uten FIWA. Målepunktene i kolonne 3, rad 3 til og med 10, er funnet ved iterasjon. Temperaturen på eksponert side var 1100 °C.

Tabell 4.2 – Beregnede temperaturer med og uten FIWA

Lag	Avstand fra ueksponert side	Temp med FIWA[°C]	Temp uten FIWA[°C]
15	0	20	20
14	0,01	20	22
13	0,02	22	24
12	0,04	23	36
11	0,06	27	57
10	0,08	35	98
9	0,10	52	170
8	0,12	83	287
7	0,14	134	459
6	0,16	211	687
5	0,18	257	957
4	0,19	397	1100
3	0,20	589	1100
2	0,21	789	1100
1	0,22	996	1100
0	0,23	1100	1100

Figur 4.6 viser hvordan temperaturen sprer seg innover i gjennomføringen ifølge de transiente beregningene. Lag 0 (med FIWA) og lag 5 (uten FIWA) forestiller brannrommet, mens lag 15 er i rommet på baksiden.



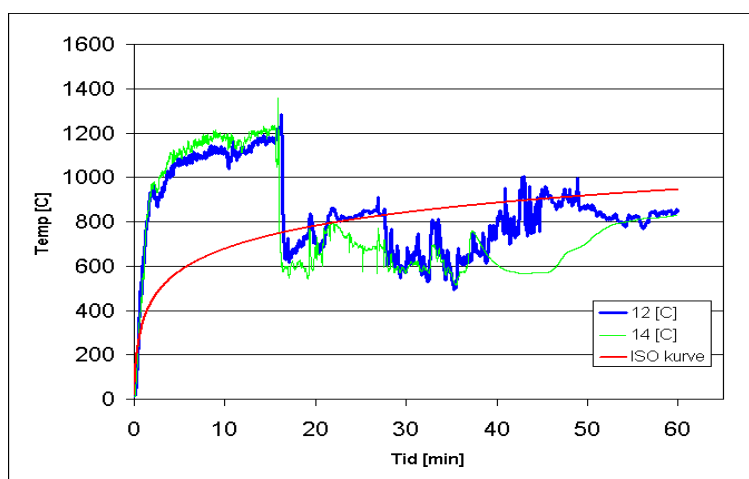
Figur 4.6 – Temperaturspredning innover i gjennomføringen etter 1 time

4.4 Testresultater

Et kort videosammendrag av alle testene finnes på DVD i vedlegg 16.

4.4.1 Test 1: Gjennomføring uten kabelmaling

I test 1, som var en referanse for de andre testene, ble gjennomføringene testet med Plaseal NF-93 tettemasse og den silikonbaserte FIWA massen. Temperaturmålingene fra branneksonert side av rommet kommer frem av figur 4.7:



Figur 4.7 – Test 1, eksponert side

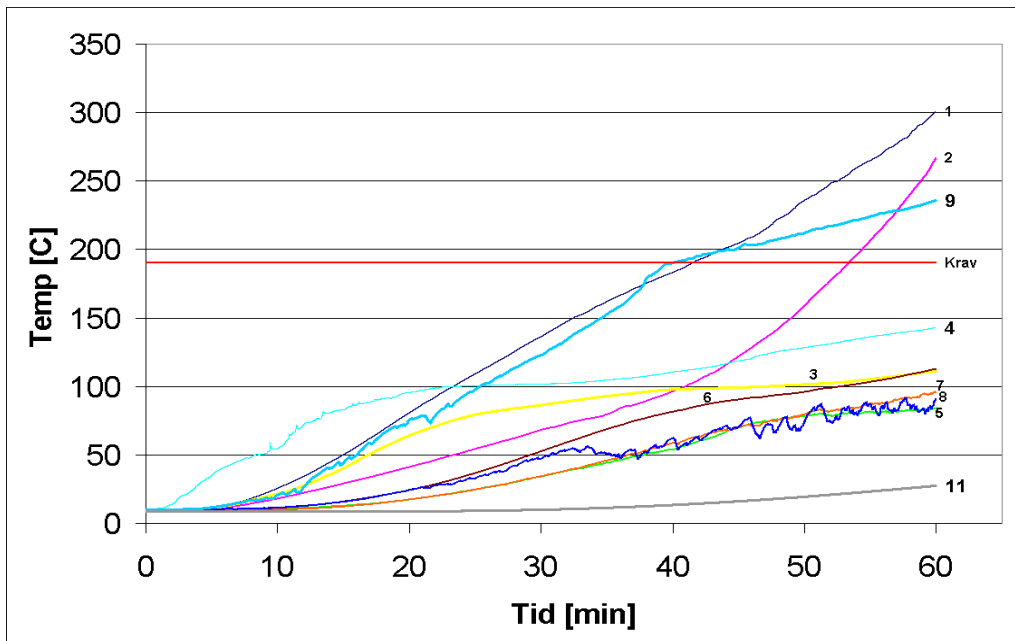
Etter omkring 16 minutter falt kablene ned, og tok med seg termoelementene. Temperaturmålingene etter dette tidspunktet ble derfor fra gulvnivå. Bilde 4.1 viser hvordan brannen så ut i test 1 etter at overtenning hadde inntruffet.



Bilde 4.1 – Brannen i test 1, etter overtenning

Fargen på flammen er rød/oransje, noe som ifølge tabell 2.1 vitner om temperaturer på omkring 900 – 1100 °C.

Figur 4.8 viser temperaturmålingene på ueksponert side. Figuren viser at termoelement nr. 1,2 og 9, som er henholdsvis sleeve oppe, sleeve nede og grå kabel, oversteg temperaturkravet. I test 1 ble ikke sleeve isolert, noe som førte til de høye temperaturene i element 1 og 2. Ellers var det kabelbuntene (element 3 og 4) som lå høyest i temperatur. Element 11 ble stukket 8 cm inn i tettemassen fra ueksponert side.



Figur 4.8 – Test 1, ueksponert side

Bilde 4.2 og 4.3 viser ueksponert side etter henholdsvis 60 minutter og etter at brannen var slukket. På bilde 4.2 brenner det rundt sleeve, noe som førte til at FIWA massen ekspanderte og derved buler ut, som vist på bilde 4.3.



Bilde 4.2 – Brann på ueksponert side etter 60 minutt



Bilde 4.3 – Etter brannen på ueksponert side

Visuelle observasjoner under test 1 gjengis i tabell 4.3:

Tabell 4.3 – Visuelle observasjoner under test 1

Tid [min]	Observasjon
0	Det ble satt fyr på brenselet
10,5	Kabler falt ned
15	Termoelement 13 sluttet å fungere
15,5	Taket ble kjølt ned med vann
16	Termoelement 12 og 14 falt ned på gulvet
27,5	Det ble kjølt med vann i overkant av døråpningen
60	301 °C på øvre sleeve

Bilde 4.4 viser kablene idet patentbåndet de er festet med ryker og de faller. Det går klart frem av bildet at kablene er i full fyr. Bilde 4.5 viser at det brenner på gulvet. Årsaken til dette var sannsynligvis at kablene smeltet og rant utover gulvet sammen med rester av isolasjon og diesel som sprutet ut av karet.



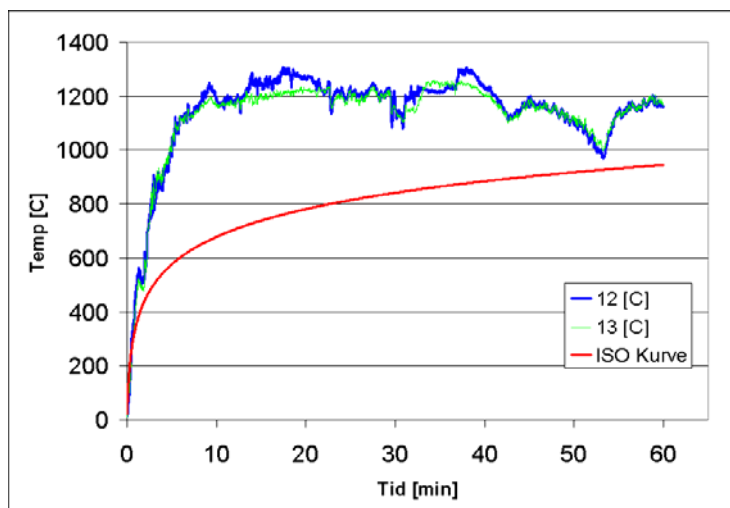
Bilde 4.4 – Kablene faller og er i full fyr



Bilde 4.5 – Brann på gulvet

4.4.2 Test 2: Gjennomføring med Hensel Hensomastik 5KS

I test nummer 2 ble det brukt Hensomastik 5KS brannhemmende kabelmaling på gjennomføringene, i tillegg til det som ble brukt i test 1. Figur 4.9 viser hvordan temperaturen i brannrommet utviklet seg den timen brannen foregikk. Årsaken til fallene i temperaturkurven skyldes at brenselmengden sank, og den stiger igjen etter at diesel ble fylt på. Bortsett fra tidsintervallet mellom omkring 45 og 55 minutter ligger temperaturene i gjennomsnitt godt opp mot 1200 °C.



Figur 4.9 – Test 2, eksponert side

I likhet med test 1, viser bilde 4.6 at flammen hadde en rød/oransje farge, noe som samsvarer med temperaturmålingene fra figur 4.9. Bilde 4.7 viser et av problemene med å gjennomføre tester i et rom som har overbygg med trekonstruksjon. Kjøling under store deler av forsøket var nødvendig for å hindre at overbygget brant opp. Både bilde 4.6 og 4.7 viser karet med diesel og størrelsen på brannen.

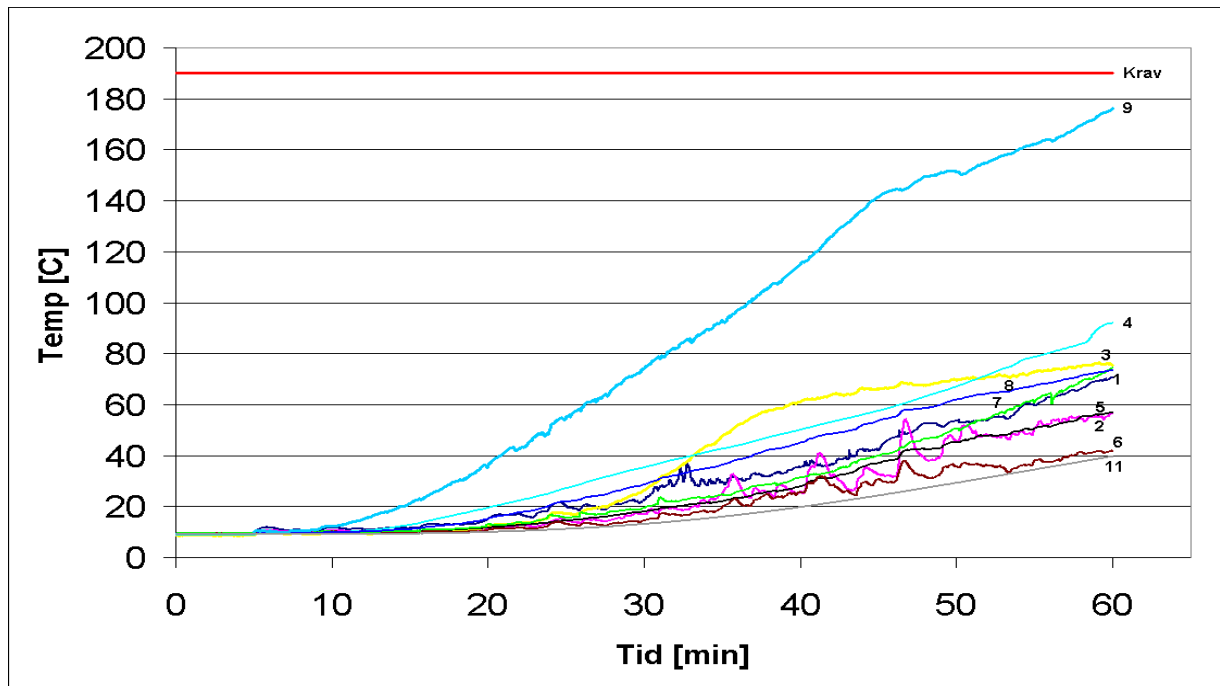


Bilde 4.6 – Flammefarge, test 2



Bilde 4.7 – Kjøling av ISO-rom

Med brannhemmende kabelmaling ble det avdekket tydelige forbedringer på ueksponert side. I test 2 ble sleeve isolert med 50 mm Paroc og temperaturene holder seg under 80 °C. Høyeste temperatur i test 2 hadde den grå kabelen (termoelement 9), som endte på 176 °C etter 60 minutter. Ellers er det kabelbuntene (termoelement 3 og 4) som var høyest, med omkring 90 °C på den øvre bunten.



Figur 4.10 – Test 2, ueksponert side

I testen med brannhemmende kabelmaling og isolasjon rundt sleeve, tok det aldri fyr på ueksponert side. Bilde 4.8 viser at den brannhemmende malingen har blæret seg litt på noen av kablene. Bilde 4.9 viser restene av kabler på eksponert side. I test 1 var alle kablene brent av. Legg også merke til FIWA massen som har ekspandert til omkring 100 mm og ligger som et pulver rundt kablene.



Bilde 4.8 – Ekspandert kabelmaling, ueksponert side



Bilde 4.9 – Etter brannen på eksponert side

Under testen ble det gjort visuelle observasjoner, som er gjengitt i tabell 4.4:

Tabell 4.4 – Visuelle observasjoner under test 2

Tid [min]	Observasjon
0	Det ble satt fyr på brenselet i karet
2	Noe røyk sev gjennom kabelbuntene
3	Overtenning
10	Isolasjonen i taket begynte å falle ned
22	Startet kjøling av overbygg
30	Kablene falt ned. Noen brant av, andre ble hengende rett nedover.

Bildene 4.10 og 4.11 viser gjennomføringen fra eksponert side, før og etter testbrannen. Isolasjonen rundt gjennomføringen brant fullstendig bort og pinnene som holdt isolasjonen oppe er delvis smeltet. Legg merke til at FIWA massen forandret seg fra et slett lag, til et grått/hvitt pulver som dekker stumpene av kablene.



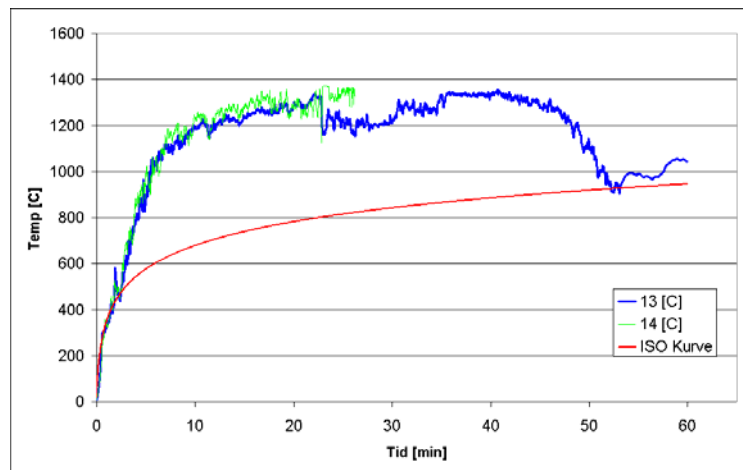
Bilde 4.10 – Før brannen, test 2



Bilde 4.11 – Etter brann, test 2

4.4.3 Test 3: Gjennomføring med Pyro-Safe Flammoplast KS1

I den siste testen ble det brukt en maling som het Flammoplast KS1, produsert av Pyro-Safe. Temperaturene i brannrommet forløp som på figur 4.11. Etter omkring 26 minutter slutter termoelement nr. 14 å fungere, sannsynligvis på grunn av for høy belastning og det er kun ett termoelement som måler temperaturer i branneksonert rom. Temperaturfallet som startet etter omkring 42 minutter skyldes at brenselmengden avtar. På grunn av mye arbeid med kjøling av overbygg ble det ikke fylt på mer brensel før etter omkring 50 minutter.



Figur 4.11 – Test 3, eksponert side

Bilde 4.12 viser brannen etter overtenning under test 3. I likhet med de foregående testene kan temperaturen anslås til omkring 900 – 1100 °C i røyklaget på grunn av fargen. Bilde 4.13 viser hvordan den brannhemmende kabelmalingen dekker kabelbunten. Med unntak av noen få sprekker, kapsler malingen kablene inne.

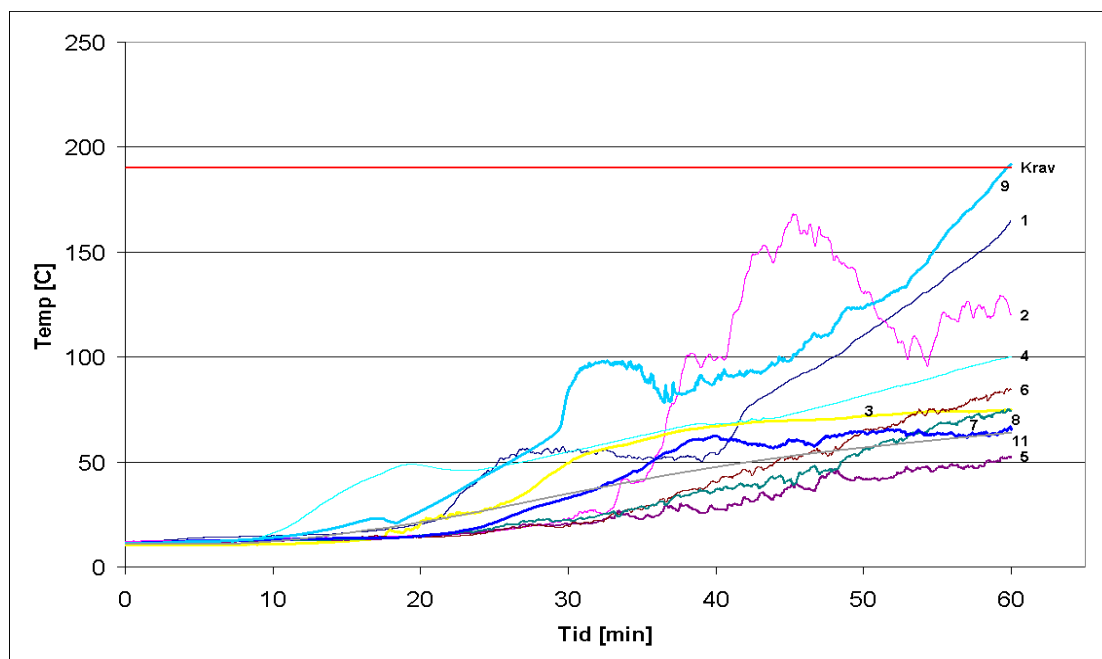


Bilde 4.12 – Flammefarge test 3



Bilde 4.13 – Kabler med brannmaling test 3

På ueksponert side forløp temperaturene seg som på figur 4.12. Figuren viser at den grå kabelen (termoelement 9) også her var høyest, med 191 °C etter 60 minutter. Det som skilte seg mest ut med denne testen var temperaturene på sleeve. Isolasjonen på sleeve løsnet delvis da kablene på eksponert side falt ned på grunn av at tettemassen gav noe etter. Også i denne testen var det kabelbunten oppe (termoelement 4) som var nest høyest av kabelmålingene.



Figur 4.12 – Test 3, ueksponert side

Bilde 4.14 viser hvordan termoelementene ble festet til gjennomføringene under testene. Brannhemmende kabelmaling er påført kabler og i skillet mellom kabler og tettemasse. På bilde 4.15 henger en del av kablene ned over flammene etter at de falt ned ved omkring 29 minutters brann.



Bilde 4.14 – Termoelementer ueksponert side, test 3



Bilde 4.15 – Kabler som henger rett nedover

Visuelle observasjoner gjort under forsøk nummer 3, er gjengitt i tabell 4.5:

Tabell 4.5 – Visuelle observasjoner under test 3

Tid [min]	Observasjon
0	Det ble satt fyr på brenselet
2	Noe røyk sev gjennom kabelbunten nede
14,5	Startet kjøling av overbygget
29	Kablene falt, og ble hengende skrått nedover
60	191 °C i den øvre grå kabelen

På bilde 4.16 er kablene fullstendig dekket av flammer. Legg merke til de fire fallende partiklene i høyre billedkant, som antagelig er brennende isolasjon fra veggene.

Bilde 4.17 viser kjøling av ISO-rommet etter testens slutt. Rommet ble påført store skader, både på innsiden og på overbygget. Spesielt ille var det over dør åpningen og bak på veggen, noe aluminiumsplatene bærer tydelig preg av.



Bilde 4.16 – Kablene er dekket av flammer



Bilde 4.17 – Kjøling av ISO-rommet etter testens slutt

4.4.4 Sammenligning av testene

For å få en oversikt over testresultatene, og forbedringene, ble det sett på en forbedringsfaktor. Høyeste temperatur i test 1 ble sammenlignet med høyeste temperatur i test 2, for samme termoelement. Likeledes for test 1 og 3. I beregningene ble starttemperaturen trukket fra, for å få et korrekt forholdstall. Verdiene fra testene deles så på hverandre (vedlegg 10).

Et eksempel (sammenligning av test 1 og 2, element 4):

$$\frac{(T_{\max 4, \text{test}1} - T_{0, \text{test}1})}{(T_{\max 4, \text{test}2} - T_{0, \text{test}2})} = \frac{(142,9^{\circ}\text{C} - 9,7^{\circ}\text{C})}{(92,0^{\circ}\text{C} - 9,2^{\circ}\text{C})} = 1,61$$

Termoelement 4, får da en forbedring med en faktor 1,61 med Hensel Hensomastik 5 KS i forhold til uten maling. Videre forbedringer er beskrevet i tabell 4.6:

Tabell 4.6 – Forbedringsfaktorer

Termoelement	Test 1/2	Test 1/3	Differanse i favør 1/2
3	1,53	1,58	-0,04
4	1,61	1,48	0,13
5	1,56	1,78	-0,22
6	3,17	1,39	1,77
7	1,32	1,35	-0,03
8	1,27	1,48	-0,21
9	1,35	1,25	0,11
Sum	11,80	10,30	1,50
Gjennomsnitt	1,69	1,47	0,21

Termoelement 1 og 2 er ikke sammenlignbare på grunn av at sleeve ikke ble isolert i test 1. Resultater fra disse elementene er derfor ikke tatt med i tabell 4.6.

4.4.5 Brannenergi

Brannenergien er en betegnelse på den totale energien [MJ] som vil kunne frigjøres ved fullstendig forbrenning i et rom eller område {9}.

Under testene ble det brukt i gjennomsnitt 250 liter diesel per forsøk. Netto brennverdi for diesel er oppgitt å være 41 MJ/kg og densiteten, ρ , er 827 kg/m³ {10}. Gulvarealet på brannekspontert side i testrommet er om lag 4.3 m². Ut fra dette kan den spesifikke brannenergien, per gulvareal, for testene som ble gjennomført beregnes til om lag 1962 MJ/m² (vedlegg 10).

4.5 Sensitivitetsanalyse for beregningene

For å undersøke hvor usikre de beregnede resultatene var, ble det utført en sensitivitetsanalyse. I analysen ble det foretatt beregninger med de variablene som kunne gi absolutt minimal temperatur, samt de variablene som kunne gi absolutt maksimal temperatur. I tabellen nedenfor er de ulike variablene listet opp.

Tabell 4.7 – Minimale og maksimale verdier for variablene i beregningene

Variabel	Minimal verdi		Maksimal verdi		Antatt verdi	
	Plaseal	FIWA	Plaseal	FIWA	Plaseal	FIWA
Varmekonduktivitet, k [W/mK]	0,17 (Eik ¹)	0,17 (Eik ¹)	1,4 (Sement ¹)	0,69 (Murstein ¹)	0,5	0,27
Spesifikk varmekapasitet, C_p [J/kgK]	500 (Stål ¹)	500 (Stål ¹)	1000 (Asbest ¹)	1000 (Asbest ¹)	840	840
Tetthet, ρ [kg/m ³]	1100 (Oppgitt ²)	20 (Skum ¹)	1100 (Oppgitt ²)	1260 (Oppgitt ³)	1100	900

¹) Verdiene er hentet fra tabell 2.1 {1}

²) Verdien er hentet fra vedlegg 11

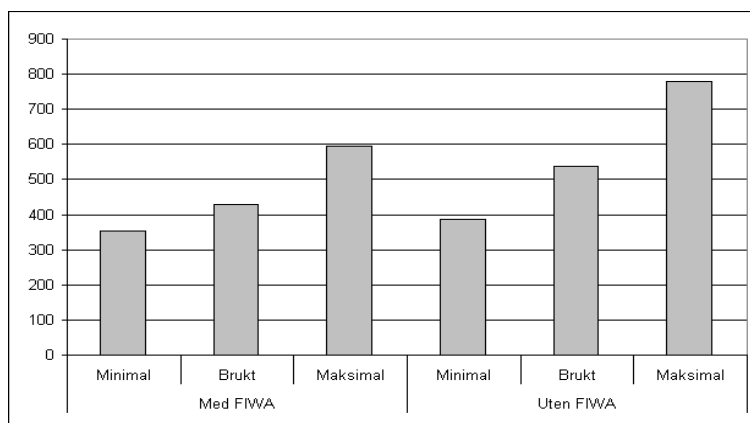
³) Verdien er oppgitt for en temperatur på 20 °C og er hentet fra vedlegg 4. Antar at tettheten synker med temperatur.

I de stasjonære beregningene er det varmekonduktiviteten, k , som varierer. Ved å sette inn den laveste k verdien vil profilens evne til å transportere varme reduseres, og motsatt med den høyeste verdien. Tabell 4.8 viser de beregnede temperatuere med de forskjellige variablene, med og uten FIWA.

Tabell 4.8 – Beregnede resultater med varierende k

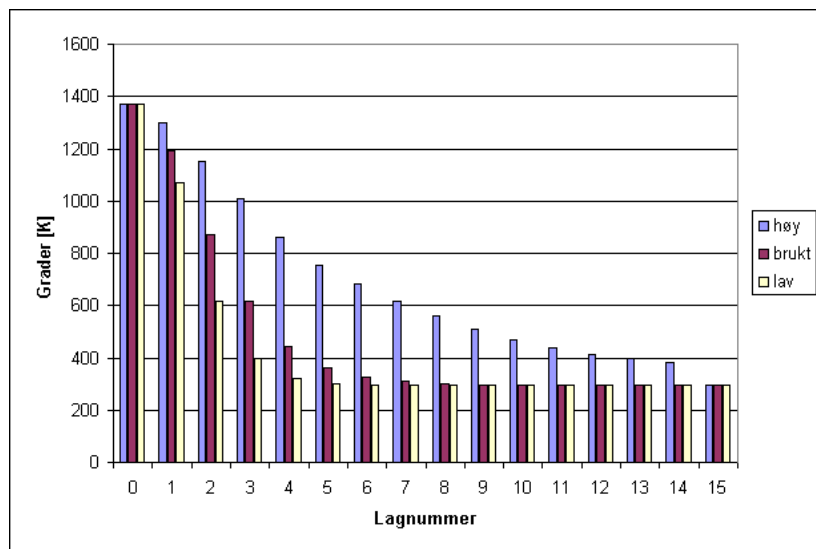
Med FIWA			Uten FIWA		
Minimal	Brukt	Maksimal	Minimal	Brukt	Maksimal
354 K	429 K	594 K	386 K	537 K	778 K

Figur 4.13 er en grafisk fremstilling av verdiene i tabell 4.8. (Søylene viser temperaturer, i kelvin, på baksiden av profilen.)

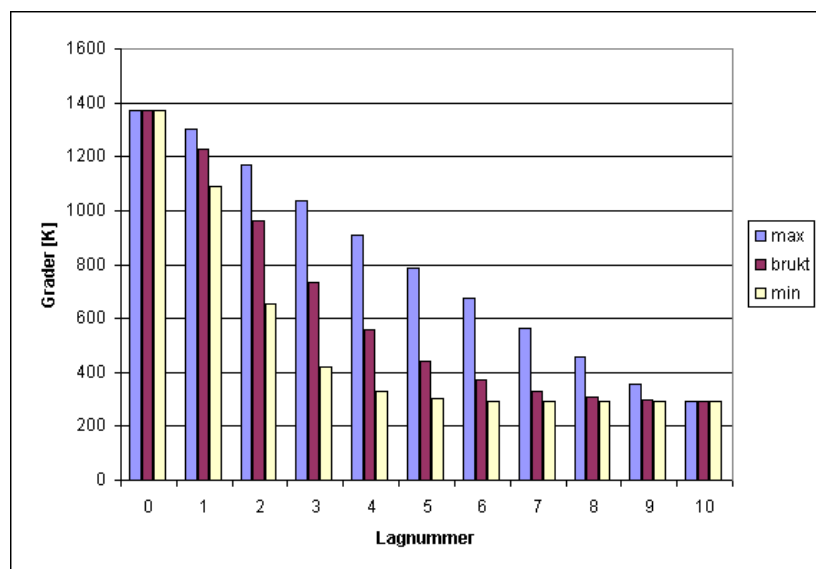


Figur 4.13 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for k

I de transiente beregningene ble alle de tre variablene i tabell 4.7 brukt. For å finne den minimale varmegjennomgangen ble den minimale k verdien brukt sammen med de maksimale verdiene for C_p og ρ . Figurene 4.14 og 4.15 viser henholdsvis varmegjennomgangen med og uten FIWA og de begrensende variablene. (Lag 0 og 15 på figur 4.14 og lag 0 og 10 på figur 4.15 er på utsiden av veggen.) Figurene fremstiller temperaturen i de ulike lag av gjennomføringen etter 60 minutters brann.



Figur 4.14 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for variabler, med FIWA



Figur 4.15 – Sammenligning med høyeste og laveste verdier for variabler, uten FIWA

I lag nummer 13, med FIWA, er det en temperaturforskjell mellom det beregnede resultatet og maksimalverdien på 103 °C. Det ble ingen forskjell mellom minimalverdi og beregnet verdi. I lag nummer 8, uten FIWA, er det en temperaturforskjell på 150 °C til maksimalverdi og 16 °C til minimalverdi.

5 DISKUSJON

5.1 Kvaliteten på beregningene

Det finnes etter hvert mange og gode beregningsmetoder for varmegjennomgang i en vegg eller lignende. For å undersøke om noen av disse metodene kunne gi en pekepinn på hvor godt FIWA kunne beskytte gjennomføringen, ble det besluttet å ta med et teorikapittel med beregninger. Noe av problemet med beregninger og analyser er at resultatet aldri blir bedre enn de data som danner grunnlaget. I dette prosjektet var det vanskelig å anskaffe data på viktige branntekniske egenskaper ved de forskjellige produktene som ble brukt. Mange antagelser og tilnærminger ble gjort for å komme frem til et resultat. Blant annet ble den termiske konduktiviteten, eller varmeledningsevnen, til produktene estimert. Dette er en faktor som varierer med temperatur og forandrer seg betraktelig dersom et stoff ekspanderer, som flere av stoffene i denne testen gjorde. Temperaturen for ekspansjon ble raskt oppnådd i de første lagene (omtrent 3 minutter). Det ble derfor gjort en forenkling ved at fugemassen ble sett på som ekspandert gjennom hele brannforløpet. Dette medførte at tykkelsen kunne settes konstant.

Ved transiente beregninger er det nødvendige å kjenne til temperaturene på begge sider av den profilen det regnes på. Temperaturen i brannrommet ble i beregningene satt lik HC-kurven, da de følger denne omtrentlig. Temperaturen på ueksponert side ble satt konstant, lik starttemperaturen. Dette begrunnes med at rommene som i virkeligheten vil være "ueksponert side", vil være såpass store at en temperaturøkning gjennom en slik tettemasse ikke vil bidra til å varme opp rommet. Dersom det skulle være mindre, lukkede rom med dårlig ventilasjon på "ueksponert side", må temperaturen her vurderes annerledes.

Den spesifikke varmekapasiteten var heller ikke oppgitt for de ulike materialene. Det ble besluttet å velge verdier fra materialer som har noen av de samme egenskapene. Verdien, som i likhet med varmeledningsevnen varierer med temperaturen, ble satt som en konstant av mangel på andre alternativer.

Med så mange usikre faktorer er det viktig å vurdere det resultatet som ble oppnådd. Det at datagrunnlaget for beregningene var usikre, medførte sannsynligvis at det endelige resultatet ble vanskelig å tyde. På den annen side, ble antagelsene brukt i alle beregningene, både med og uten FIWA. På bakgrunn av dette er det mulig å sammenligne de forskjellige resultatene og eventuelt finne en virkning av FIWA massen. Et annet viktig poeng er at beregningene kan benyttes i videre arbeider dersom de ulike materialeegenskapene skulle bli målt og offentliggjort.

Det er vanskelig å sette et tall på den usikkerheten som finnes i beregningene på grunn av at den må knyttes opp mot sannsynligheten til at de ulike variablene er korrekte. Det går imidlertid an å se på den beregnede temperaturen som en verdi som helt sikkert ligger mellom den minimale og maksimale temperaturen. Den beregnede temperaturen med FIWA masse vil altså kunne ligge mellom 354 og 594 K. Den beregnede temperaturen uten FIWA masse vil kunne ligge mellom 386 og 778 K. Samtidig er det beregnede resultatet sammenlignet med verdier som helt sikkert er lavere og høyere, noe som minsker sannsynligheten for at det korrekte svaret ligger i nærheten av disse ytterpunktene.

I de transiente beregningene er det enda mindre sannsynlighet for at den reelle verdien ligger langs ytterpunktene. Årsaken til dette er at flere faktorer må kombineres for at denne kurven skal inntreffe. Det er dermed ikke sagt at resultatene fra de transiente beregningene er mer korrekte enn resultatene fra de stasjonære beregningene. På samme måte som sannsynligheten for at kurven langs ytterpunktene skal treffes, minskes også sannsynligheten for at de beregnede punktene treffes på grunn av mange variabler som må inntreffe samtidig. Imidlertid er de beregnede resultatene basert på mer sannsynlige variabler enn ytterpunktene.

I beregningene ble det kun tatt hensyn til varmegjennomgang i tettemassen (mellom kablene). Kabler og sleeve ble utelatt. Det ble heller ikke tatt hensyn til lengde og bredde på gjennomføringen, slik at beregningene ble endimensjonale gjennom tettemassen. Mer avanserte beregninger med flere dimensjoner vil være mulige med andre beregningsmodeller og beregningsprogram.

5.2 Testoppsettet

Testen skulle være et ”verste tilfelle” med tanke på brannmotstand for skillekonstruksjoner på plattformen. Dette skulle gi grunnlag for å bruke testresultatene ved senere anledninger, ved mindre omfattende problemer. Det er i denne anledning viktig å se på hva som er grunnlaget for en slik vurdering. En gjennomføring i en hvilken som helst vegg, skal ifølge både maritime og landbaserte lover og forskrifter ikke svekke veggens bæreevne, integritet og isolasjonsevne. Med andre ord skal veggen ha samme brannklassifisering både før og etter at en gjennomføring er montert.

Gjennomføringen som ble valgt til denne testen var en av de største av de som skulle forbedres ved West Venture, og kravet som DnV setter til areal med den angitte tettemassen ble overskredet. Gjennomføringen hadde et stort innhold av små kabler i bunter ($16 \text{ mm} \leq d \leq 19 \text{ mm}$), samt kabler med stor diameter ($50 \text{ mm} \leq d \leq 70 \text{ mm}$). Disse små kablene ble samlet i kabelbunter der tetting mellom de enkelte var umulig. Dette skapte områder i gjennomføringen som var spesielt sårbare. Mengden kabel i forhold til andel tettemasse per kabel ble veldig høy i disse områdene.

Sleeven ble påmontert en ramme for montering i veggen på midten av gjennomføringen. På West Venture er gjennomføringen trukket lenger inn i veggen, noe som vil si at rammen er plassert lenger ute på sleeven. Dette medfører igjen at en større del av stålet i sleeven ble eksponert for varme under testene. For å prøve å rette opp dette, og med tanke på å holde ISO-rommet inntakt, ble også brannekspert side av rommet isolert med 50 mm Paroc (Dette blir diskutert videre i kapittel 5.4.). Av denne grunn er det vanskelig å vurdere hvordan dette påvirket situasjonen for testens del.

For at gjennomføringene skulle være mulige å få lett inn og ut av veggen, ble de produsert litt mindre enn det de er i realiteten. På grunn av dette ble andelen kabler i forhold til arealet i gjennomføringen litt større, noe som skulle forverre situasjonen. Reduksjonen i størrelse medførte at arealet ble omkring 20 % mindre enn den originale gjennomføringen. Dette medførte igjen at det totale arealet av kabel, i forhold til arealet i gjennomføringen, økte fra omkring 13 til 17 %. Dette forverret situasjonen, og forsterker gjennomføringens status som ”verste tilfelle”.

De rette kablene var vanskelige og dyre å skaffe. I stedet for å bruke den korrekte typen kabel, som brukes i den aktuelle gjennomføringen, ble det samlet inn kabelkapp av forskjellig kvalitet. Disse kablene ble plassert i gjennomføringen sammen med de som var av rett type. Det viste seg at kabelkappet var av betraktelig lavere kvalitet enn den opprinnelige kabeltypen. De hadde større andel metall innenfor isolasjonen og den ene hadde i tillegg luftlommer i hele lengden. I hvor stor grad dette virket inn på resultatet er også vanskelig å si, men det er klart at det ikke ville øke brannmotstanden til gjennomføringen.

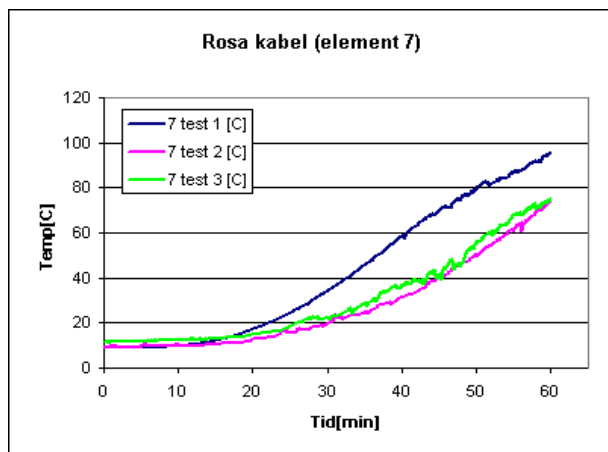
5.3 Testresultatene

5.3.1 Malingens påvirkning på temperaturen

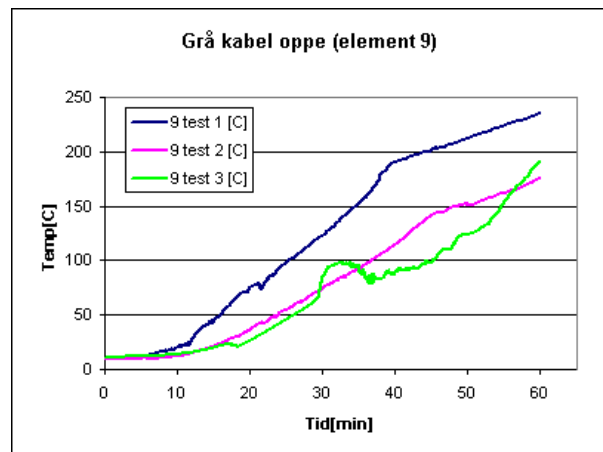
Brannhemmende kabelmaling er et produkt som skal forlenge tiden før selve kableten antennes, og som følge av dette har sin største effekt i startfasen av en brann. Det er gjennomgående i resultatene at kablene som var malt brukte lengre tid for å komme opp i temperatur. Kurvene er i de fleste tilfeller lik starttemperaturen i omkring 15 minutter, før de begynner å stige relativt lineært.

På de store kablene kan det virke som om kabelmalingen har en forsinkende effekt, noe som gjør at temperaturøkningen blir mindre per tidsintervall, enn dersom de ikke var malt. Figurene 5.1 og 5.2 viser temperaturstigningen i to av de store kablene. Den rosa kabelen hadde en diameter på om lag 70 mm, mens den grå hadde en diameter på om lag 55 mm. Den grå kabelen inneholdt vesentlig mer metall, noe som kan forklare hvorfor denne når en mye høyere sluttemperatur.

Ut fra grafene kommer det frem at de kablene som ikke ble malt stiger forttere i begynnelsen, men etter en tid stiger de likt. Dette kommer best frem på figur 5.2, der den grå kabelen i test 2 begynner å stige likt test 1 ved om lag 46 minutter.



Figur 5.1 – Sammenligning rosa kabel



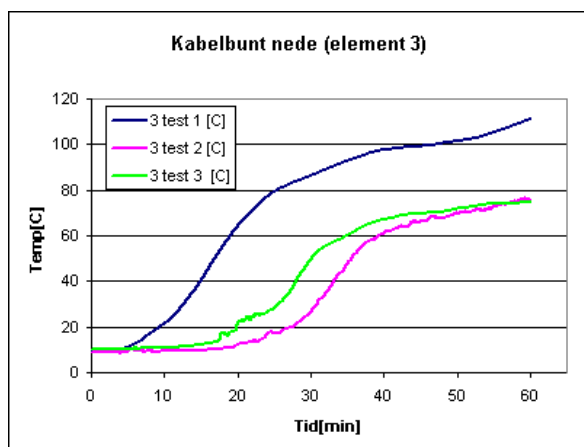
Figur 5.2 – Sammenligning grå kabel oppe

På figur 5.2 har grafen i test 3 en plutselig stigning etter 29 minutter, for så å synke igjen. Dette kan skyldes at kablene falt ned ved dette tidspunktet og strakk kablene. Denne hendelsen kan ha laget en liten sprekke over kabelen som medførte økt varmegjennomgang.

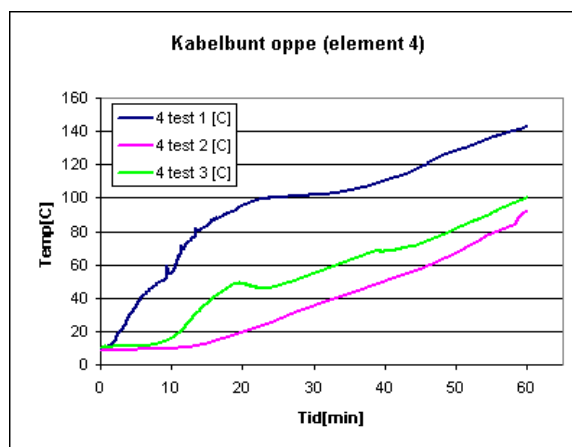
I løpet av omkring 1 minutt begynner temperaturen å synke igjen, noe som kan forklares ved at FIWA masse på eksponert side, evt. også ueksponert side, ekspanderte og tettet sprekken i gjennomføringen.

På kabelbuntene kan det spores et litt annet bilde. Kabelbuntene som ikke ble malt stiger kraftig frem til omkring 25 minutter, før de flater ut. De malte kabelbuntene holder starttemperaturen lenger før de tilnærmer seg målingene i test 1. Årsaken til dette kan være delt mellom effekten kabelmalingen har og den effekten FIWA massen får når kabelbuntene brenner av på branneksonert side. Både gjennom målingene som ble gjort, og ved visuell observasjon var det tydelig at de malte kabelbuntene slapp gjennom mindre røyk enn de som ikke var malt. Mens de

malte kablene slapp ut røyk kun i enden, slapp de umalte kabelbuntene ut røyk også mellom kablene. Denne forbedringen kan skyldes at kabelmalingen danner en hinne rundt hele kabelbuntene og omgjør den til én enhet. Det at de malte kabelbuntene slapp ut noe røyk på endene kan skyldes at malingen ikke ble påført godt nok mellom de ulike kablene i buntene. Figur 5.3 og 5.4 viser temperaturene til de to kabelbuntene i de tre ulike testene.



Figur 5.3 – Sammenligning kabelbunt nede

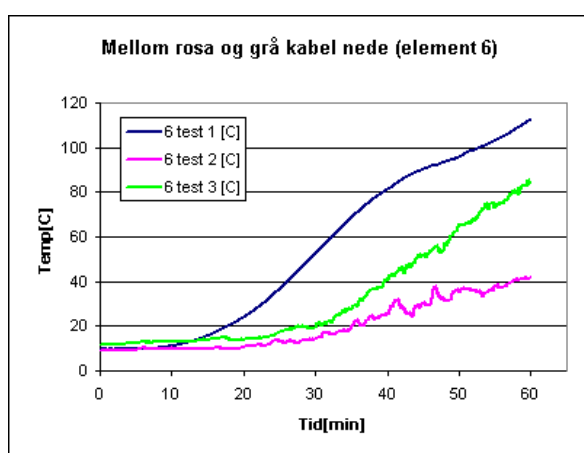


Figur 5.4 – Sammenligning kabelbunt oppe

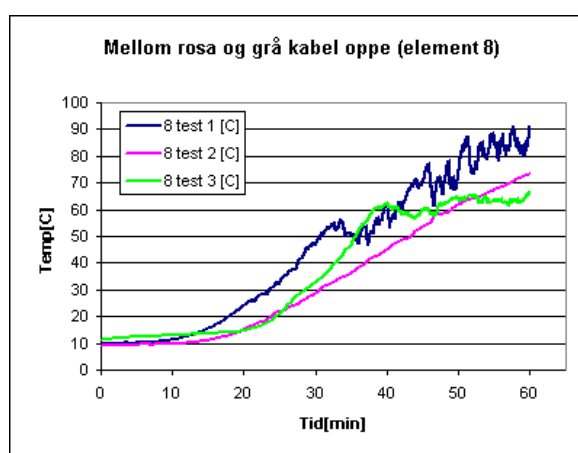
5.3.2 Feilkilder i resultatene

Det kan finnes flere feilkilder i et prosjekt som dette. Selve monteringen av gjennomføringene var vanskelig på grunn av gjennomføringens tyngde og hadde ulik innvirkning på de ulike gjennomføringene. Det oppstod sprekker mellom sleeve og tettemasse, samt mellom kabler og tettemasse under monteringen. (Den forhåndspåførte malingen holdt imidlertid bra under monteringen.) Etter at selve gjennomføringen var montert ble det brukt FIWA masse for å tette sprekken. Da testene ble utført, var alle gjennomføringene visuelt sett i lik stand, med et 10 mm lag med FIWA som dekket hele Plaseal overflaten. Hvorvidt denne ettermonteringen av FIWA hadde innvirkning på resultatet vil kun bli spekulasjoner.

Det som på en annen side er sikkert, er at tettemassen i test 3 ble noe deformert da opphenget til kablene på brannekspontert side falt ned. Dette kan forklare den raske stigningen i test 3 på figur 5.5 og 5.6 etter omkring 29 minutter.



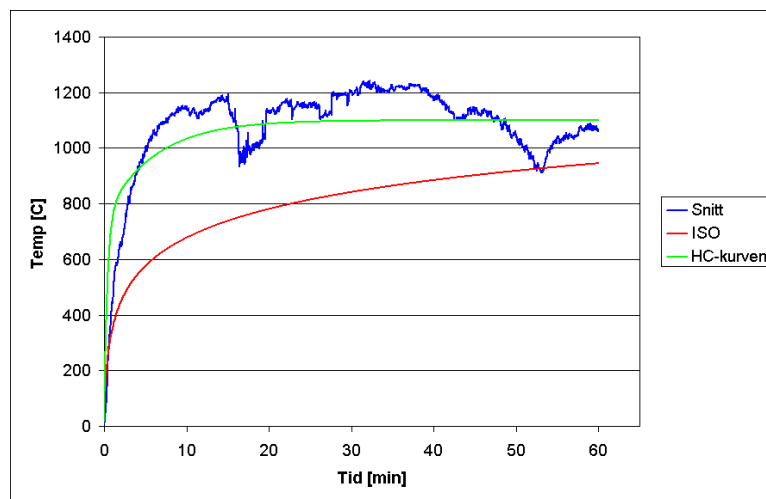
Figur 5.5 – Sammenligning termoelement 6



Figur 5.6 – Sammenligning termoelement 8

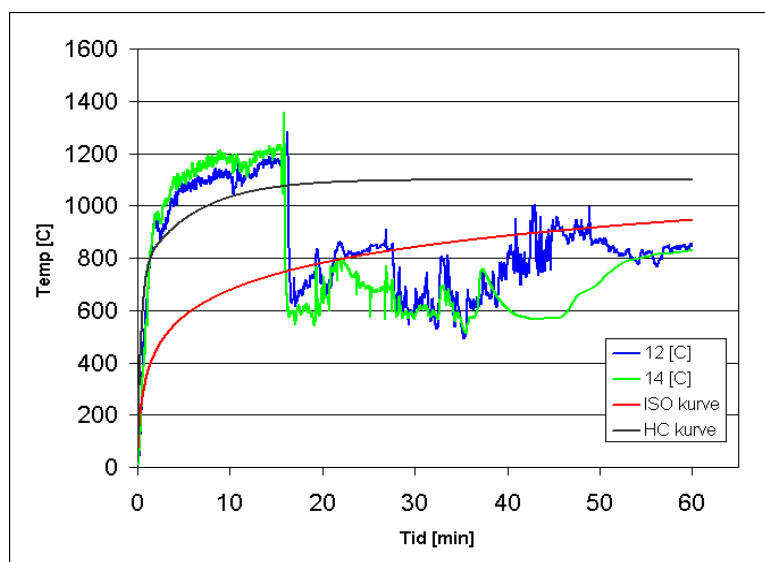
Resultatene fra tabell 4.6 gir et litt feil bilde i og med at massen ble noe deformert i test 3. Termoelement 6 i test 3, viser trolig litt for høy temperatur etter omtrent en halv time. Dette kan skyldes at ”grå kabel nede” forskjøv seg og mellomrommet termoelement 6 befant seg i ble mindre. Derfor ble sannsynligvis temperaturbidraget fra den grå kabelen nede litt større. Dette medfører at verdien i test 1/3 for element 6 trolig skulle ligge nærmere verdien i test 1/2. Settes denne til omtrent 3, blir den gjennomsnittlige differansen i favør test 1/2, omtrent 0,0. Noe som vil si at de to ulike malingene gir en like stor forbedring.

Temperaturene på branneksonert side var avhengig av brenselsarealet i karet. Hvorvidt enkelte fall i temperaturen mot slutten av forsøkene hadde noen innvirkning på resultatene er vanskelig å si. Kravet som ble satt for denne testen var å tangere, eller helst å overgå, ISO-834 tid/temperatur standardkurven. I store deler av testene lå resultatene langt over denne kurven, og også over hydrokarbon brannkurven (HC-kurven). Figur 5.7 viser en sammenligning av gjennomsnittstemperaturen på branneksonert side, med ISO-834 og HC standardkurvene.



Figur 5.7 – Temperaturer på branneksonert side, sammenlignet med standardkurver

I første hovedbrann (test 1) falt termoelementene ned etter om lag 16 minutter. Årsaken til dette var at de ble plassert for nære gjennomføringen slik at FIWA massen ekspanderte over dem. Da kablene falt ned (på samme tidspunkt) ble derfor termoelementene hengende fast i denne massen, og dratt ned sammen med kablene. Alle målinger etter dette tidspunktet er derfor ved gulvnivå. Hvorvidt temperaturen ved gjennomføringen er høy nok etter dette tidspunktet må antas ut fra visuelle observasjoner, senere tester og de høye temperaturene ved gulvnivå. Figur 5.8 viser temperaturmålingene på branneksonert side i test 1 sammenlignet med standardbrannene.



Figur 5.8 – Temperaturmålinger fra test 1, sammenlignet med standardbrannene

5.3.3 Realistisk brannenergi

I etterkant av testene er det interessant å vurdere brannenergier gjennomføringene i praksis vil kunne utsettes for.

I praksis vil brenselmengden ofte være begrenset, mens det i disse forsøkene var ubegrenset tilførsel av diesel. Eksempelvis kan brannenergien i dette tilfellet sammenlignes med ulike bygningstyper som er kjent på land. Tabell 5.1 er et utdrag fra {10}, Tabell C.2, og gir et inntrykk av brannenergien som vil kunne frigis per gulvareal i ulike bygningstyper.

Tabell 5.1 – Spesifikk brannenergi per gulvareal for noen bygningstyper

Bygningstype	Innhold	Spesifikk brannenergi
Hotellrom	Seng, stoler, gardiner, sofa, bord, TV etc.	310 MJ/m ²
Kontor	Skrivebord, PC, stol, papirkurv etc.	420 MJ/m ²
Bolig	Brennbare vegger, tak og gulv, innredning etc.	780 MJ/m ²
Bibliotek	Bøker, Pc-er, gulvbelegg, lagring i høyden etc.	1500 MJ/m ²

Den spesifikke brannenergien, per gulvareal, for testene ble i kapittel 4.4.5 beregnet til om lag 1962 MJ/m². Hvorvidt denne verdien vil kunne oppnås i praksis ved plattformen, eller andre bygg, må vurderes i hvert tilfelle.

5.3.4 Presentasjon av resultater

Resultater kan presenteres på mange forskjellige måter og fremstå som totalt forskjellige. Dersom virkningen av brannhemmende maling på kabelgjennomføringer skal beskrives med tallverdier, kan det velges enten prosentvis eller med et forholdstall. Hva som forteller mest om det egentlige forholdet er sannsynligvis opp til hver enkelt.

Under arbeidet med resultatene ble det vurdert å beregne en forbedring på alle tidspunkt i hele brannforløpet. Ved en slik tilnæringsmåte vil startverdiene skille seg ekstremt ut, siden kablene som ble malt med brannhemmende maling beholder startverdien lengre enn de som ikke ble malt. I slike tilfeller kan det forekomme at forbedringen overstiger 2000 ganger bedre, noe som totalt sett ikke blir realistisk. For å unngå problemer med dette, og for at det er temperaturen etter en time, eller høyeste temperatur, som er hovedinteressen for dette prosjektet, ble det valgt å presentere forbedringen med et forholdstall i tidspunktet 60 minutter.

5.3.5 Går det an å skille den ene malingen fra den andre?

Siden det ble testet to ulike malingstyper er det interessant å si noe om hvilken som klarte seg best. Ut fra de resultatene som disse testene gav er det imidlertid vanskelig å skille dem. Den ene malingen gir bedre resultater på enkelte kabeltyper, mens den andre er bedre på andre typer igjen. Det er imidlertid verdt å merke seg at Hensel Hensomastik 5KS generelt sett var noe bedre på kabelbuntene.

5.4 Isolasjon på begge sider av skottet

Under arbeidet med dette prosjektet skulle det vise seg at spenningene skottveggen skapte da den ble varmet opp, var store nok til å ødelegge ISO-rommet den var montert i. På bakgrunn av dette og av at det er få alternativer til å montere veggen i rommet, ble det besluttet å isolere den branneksponte siden av veggen også. Det ble satt opp 50 mm Paroc isolasjon på hele veggflaten, med unntak av området der gjennomføringen var plassert. På denne måten skulle veggen holdes kjøligere og unngå store utvidelser. Konsekvensen av dette ble andre forhold enn det som først var planlagt. Med bedre isolasjon av veggen ble oppvarmingen av ueksponert side av ISO-rommet sannsynligvis noe lavere enn det den ellers skulle vært. Hvor mye dette spiller inn på resultatet er vanskelig å si. Med tanke på at volumet veggen avgir varme til er relativt stort og luftig, vil rommet under de fleste omstendigheter ha lav temperatur.

5.5 Temperatur i brannrommet

Temperaturen i brannrommet skulle følge ISO-834-kurven. Under forsøkene var det vanskelig å holde temperaturen til en slik kurve i et 1 times brannforløp. Det ble antatt at temperaturer som lå over ISO-kurven kunne brukes. Temperaturen i brannrommet varierte noe fra test til test ettersom det ble benyttet ulike materialer på kablene/gjennomføringen. Andre faktorer som kan ha spilt inn på temperaturen i brannrommet er vær, vind, slitasje av ISO-rommet og nødvendig kjøling. ISO-rommet var dekket med aluminiumsplater på en bærende konstruksjon av tre. Treverket begynte å brenne, og det ble underveis i forsøkene utført kjøling med vann for å hindre at konstruksjonen skulle kollapse. Siporekssteinen ble også utsatt for vann, noe som bidro til kjøling og lavere temperatur i brannrommet.

Under forsøkene begynte det også å danne seg sprekker i ISO-rommet. Mindre steinbiter falt ned fra taket, noe som gjorde sitt til at kjøling syntes nødvendig for at rommet ikke skulle kollapse.

6 KONKLUSJON

Resultatene fra testene viser at brannhemmende kabelmaling har gode egenskaper i forhold til å forbedre en gjennomførings brannmotstand. I gjennomsnitt kunne det måles en forbedring på 1,69 ganger for Hensomastik 5KS og 1,47 ganger for Flammoplast KS1. Gjennomføringene ble utsatt for temperaturer opp mot 1200 °C, noe som er godt over ISO-834 standardbrannen. Tettesystemet klarte likevel å holde seg under kravet til temperaturøkning på ueksponert side. Det er viktig å presisere at brannhemmende kabelmaling ikke er noe tettemiddel i seg selv og må sees på som et tilleggsmiddel i forbindelse med et tettesystem for kabelgjennomføringer.

De to malingstypene som ble testet skiller seg ikke vesentlig fra hverandre på de ulike kablene. Når det gjelder kabelbunter, var Hensels Hensomasik 5 KS omkring 1,09 ganger bedre enn Pyro-Safe sin maling. I tilfeller hvor gjennomføringene inneholder mye kabelbunter vil det være naturlig å vurdere denne malingen, i stedet for Pyro-Safe Flammoplast KS1. I tilfeller hvor gjennomføringene inneholder enkeltstående kabler anbefales det billigste alternativet.

Ved påføring av brannhemmende kabelmaling på kabelbunter er det viktig å følge påføringsanvisningen som er tilknyttet denne rapporten (vedlegg 15.b). Det er ikke til å legge skjul på at kabelbunter er et stort problem når det gjelder å opprettholde integritetsevnen. Samtidig er det vanskelig å forestille seg et bedre middel å tette buntene med enn ekspanderende brannhemmende kabelmaling. I påføringsanvisningen blir det presentert en prosedyre som vil kunne gi maksimal effekt av den brannhemmende kabelmalingen på kabelbunter.

Det er knyttet mye usikkerhet til resultatet av beregningene. Mange faktorer har grunnlag i antagelser som gjenstår å bevise. Beregningene gir i beste fall et inntrykk av hvordan varmetransporten i selve tettemassen burde foregått, og kan med den produktinformasjonen som foreligger i dag, ikke brukes til å prosjektere et tettesystem for gjennomføringer. For at dette skal kunne muliggjøres må, i tillegg til kjente materialeegenskaper, modellen for beregningene utvides til å ta hensyn til kabler, sleeve og gjennomføringens geometri.

De gode egenskapene til FIWA massen kan til en viss grad bekreftes ved hjelp av de stasjonære beregningene. Dersom det foreligger nødvendig produktinformasjon kan denne metoden vise en tilnærming for hvor mye et slikt produkt kan påvirke varmegjennomgangen. FIWA massen hadde gode egenskaper i forhold til å tette sprekker som oppstod da kabler falt ned og den ble sittende gjennom hele brannforløpet.

7 LITTERATURLISTE

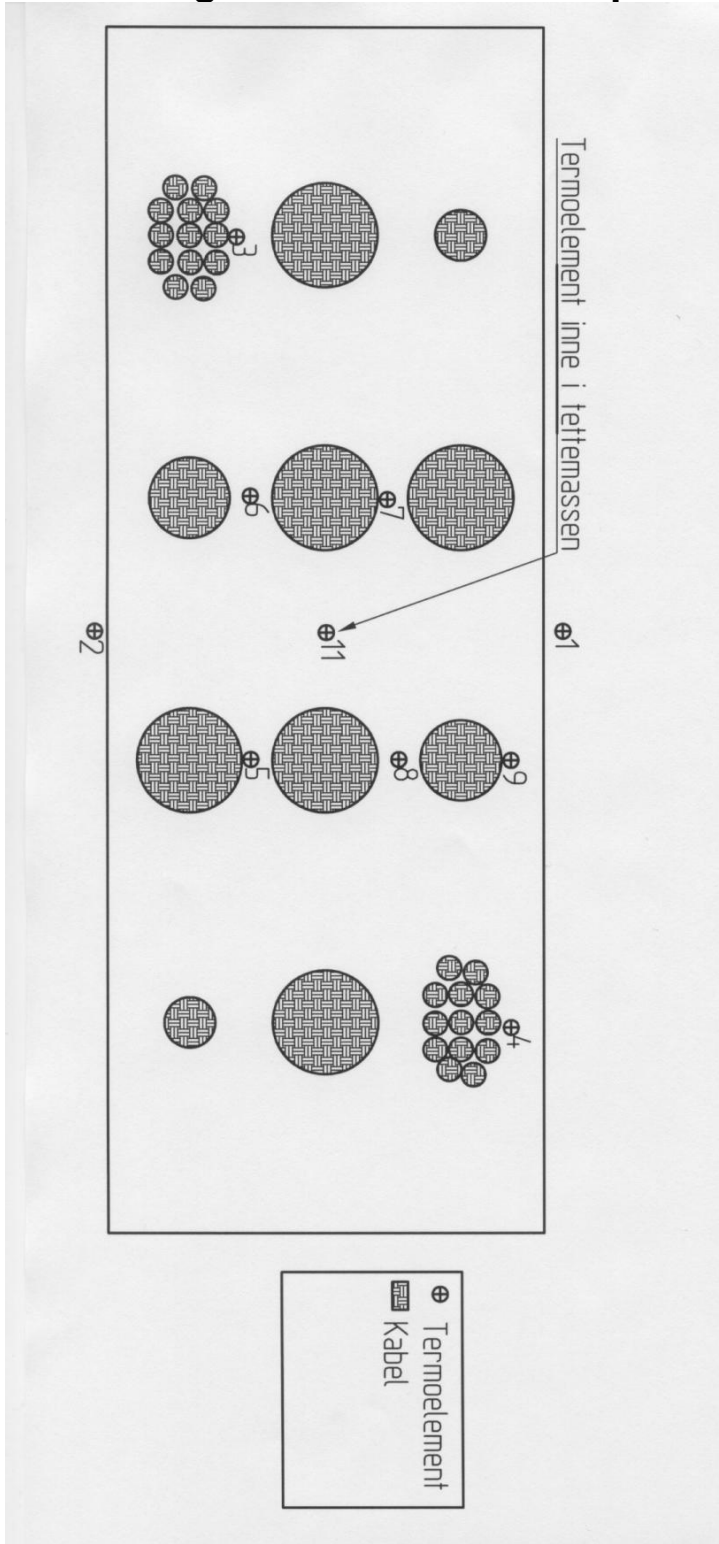
1. Drysdale, Dougal.
An Introduction to Fire Dynamics, Second Edition, Jan. 2002 Kap. 2
2. Drysdale, Dougal.
An Introduction to Fire Dynamics, Second Edition, Jan. 2002 Kap. 10
3. The International Maritime Organization (IMO)
Resolutions and other decisions of the 18th Assembly (Resolutions 733-779)
1994, Resolution A.754 (18) Appendix IV
4. International Organization for Standardization (ISO) 9705:1993 (E)
“Fire tests – full-scale room test for surface products”
5. International Organization for Standardization (ISO) 834-1975
“Fire-resistant tests – elements of building construction”
6. Agilent Benchlink datalogger instruksjonsbok
7. Norsk Standard, NS 3491-2:2003
”Prosjektering av konstruksjoner – dimensjonerende laster – Del 2: Påvirkning ved brann”
8. Rockwool informasjon
<http://guide.rockwool.no/sw14604.asp>
9. Norsk Standard, NS 3900:1994
”Brannprøving – Terminologi – Termer og definisjoner”
10. Norsk Standard, NS 3491-2:2003, vedlegg C
”Prosjektering av konstruksjoner – dimensjonerende laster – Del 2: Påvirkning ved brann”

8 VEDLEGG

1. Symboler og begrepsforklaring
2. Plassering av termoelementer
3. Rapport: Utbedring av skottgjennomføringer av Jan Hantho (Filvedlegg)
4. FIWA datablad
5. ARGOS simulering (Filvedlegg)
6. Testforsøk med tett stålvegg uten gjennomføring (Filvedlegg)
7. Tegning av skottvegg
8. Paroc datablad
9. Tegning av gjennomføring
10. Beregninger utført i Excel (Filvedlegg)
 - Stasjonære og transiente beregninger
 - Testresultater
 - Sammenligning av kablene (forbedringsfaktor)
 - Dekningsgrad av kabler i gjennomføring
 - Brannenergi
11. Det Norske Veritas
Type approval certificate for Plaseal NF-93, utstett 2003
12. Det Norske Veritas
Type approval certificate for Plaseal NF-93, utstett 1999
13. Hensel Hensomastik 5KS informasjon og sertifisering av DnV
14. Pyro-Safe Flammoplast KS1, informasjon
- 15.a Kvalitetssystem for å ivareta korrekt påføring av maling
- 15.b Påføringsanvisning for brannhemmende maling
16. Videosammendrag av testene (DVD)

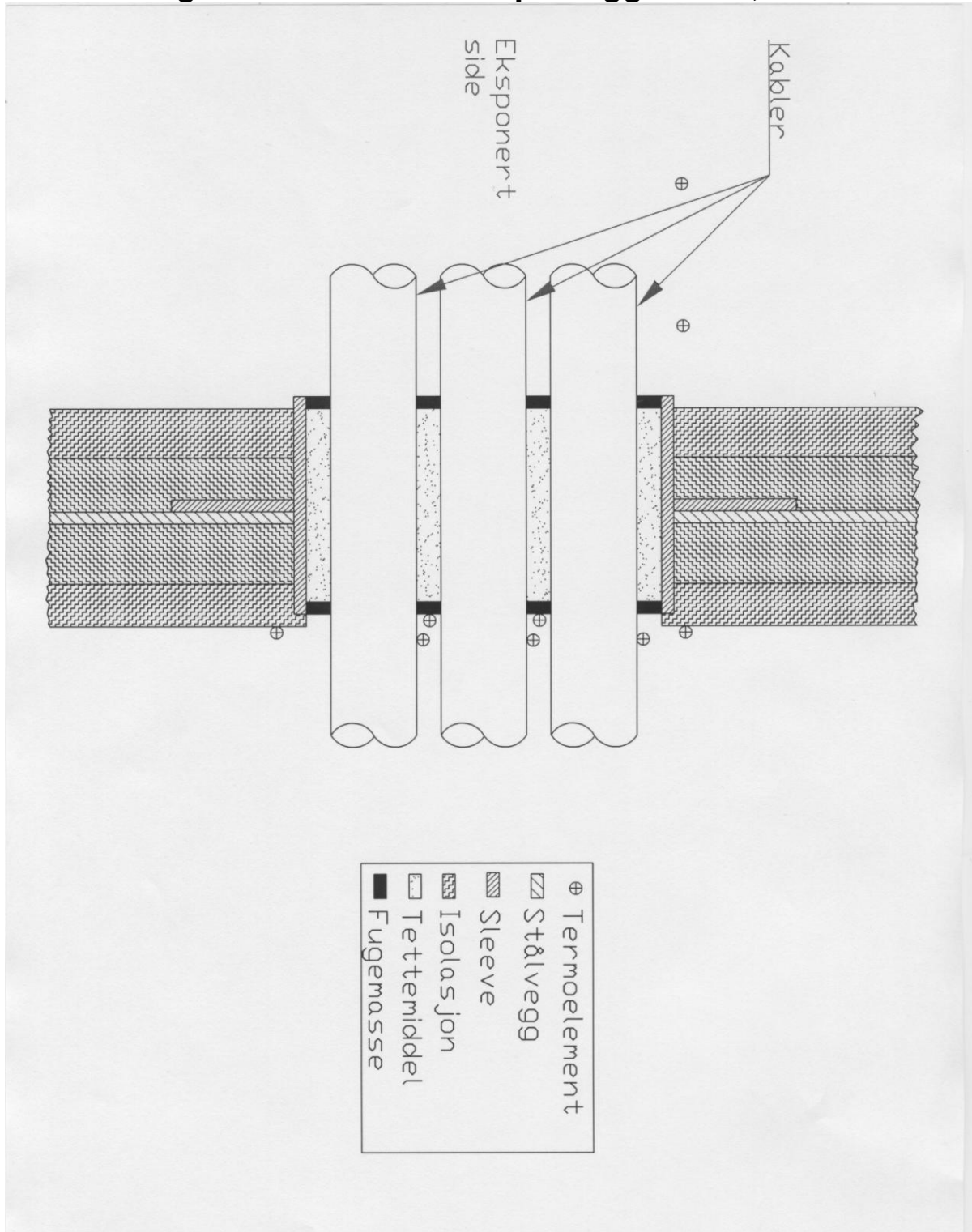
Symbol/Begrep	Enhet	Beskrivelse
T	K eller °C	Temperatur
\dot{q}''	W/m ²	Varmefluks
k	W/mK	Termisk konduktivitet eller varmeledningsevne
l	m	Lengde
h	W/m ² K	Varmeoverføringskoeffisient
ε		Emissivitet
σ	W/m ² K ⁴	Stefan Boltzman konstant
ϕ		Konfigurasjonsfaktor
t	s	Tiden fra starttidspunktet
Δt	s	Tidsintervall
Δx	m	Tykkelse på lag i en oppdelt vegg
C_p	kJ/kgK	Spesifikk varmekapasitet
ρ	Kg/m ³	Densitet eller tetthet
γ_i	W/m ² K	Varmeoverføringskoeffisient eksponert side
γ_u	W/m ² K	Varmeoverføringskoeffisient ueksponert side
T_g	K eller °C	Temperatur i flammen
T_0	K eller °C	Starttemperatur
T_1	K	Temperaturen i første laget, også kalt T_i
T_2	K	Temperaturen i det andre laget
$T_j(t)$	K	Temperaturen i lag nr. j ved tiden t
$T_j(t + \Delta t)$	K	Temperaturen i lag nr. j ved tiden $t + \Delta t$
$T_{n-1}(t)$	K	Temperaturen i det nest ytterste laget ved tiden t
$T_n(t)$	K	Temperaturen i det ytterste laget ved tiden t
$T_n(t + \Delta t)$	K	Temperaturen i det ytterste laget ved tiden $t + \Delta t$
ε_r		Resulterende emissivitet
ε_i		Emissiviteten til materialet i lag nr. i (Materialet som utsettes for brann)
ε_F		Flammens emissivitet
Fo		Fourier tall
α	m ² /s	Termisk diffusivitet
K	m ⁻¹	Emissiviteskonstant
X_f	m	Flammens tykkelse
ISO Rom		Standard rom beskrevet i ISO 9705
Skott		Maritimt uttrykk for vegg
Gjennomføring		Installasjon som gjennomhuller en bygningsdel
Sleeve		Rammene som avgrenser gjennomføringen
Tettemiddel		Stoffet som brukes til å tette gjennomføringen
Brannhemmende maling		Maling som øker tiden til antennelse for det materialet som den brukes på
Plaseal NF93		Tettemiddelet som ble brukt
FIWA		Silikonbasert fugemasse, brukt på utsiden av tettemiddelet
Hensomastik 5KS		Type brannhemmende maling produsert av Hensel
Flammoplast KS1		Type brannhemmende maling produsert av Pyro-Safe

Plassering av termoelementer på ueksponert side, sett bakfra



Termoelement nr.:	Beskrivelse	Termoelement nr.:	Beskrivelse
1	Over øvre sleeve	6	Mellom rosa og grå kabel nede
2	Under nedre sleeve	7	På rosa kabel
3	På kabelbunt nede	8	Mellom rosa og grå kabel oppe
4	På kabelbunt oppe	9	På grå kabel oppe
5	På sort kabel nede	11	Inni tettmassen (8 cm, 16 cm, 18 cm)

Plassering av termoelementer på begge sider, sett utenfra



CSD

firestops for multi-cable and
cabletray penetrations

SAFETY DATA SHEET 73700/1

Product Name: FIWA sealing mastic

- | | |
|----------------------------|--|
| 1. chemical specification: | Mixture of polydimethylsiloxanes, filler and crosslinker |
| 2. form: | Pasty |
| 3. color: | Black |
| 4. odor: | Characteristic smell |

Physical and safety data

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 5. density: | Approx. 1.26 g/cm ³ at 20°C |
| 6. vapor pressure: | 1mbar at 20°C, 5 mbar at 50°C |
| 7. viscosity: | Pasty |
| 8. solubility in water: | Insoluble |
| 9. pH value: | Not applicable |
| 10. flash point: | Not applicable |
| 11. ignition temperature: | 465°C |
| 12. explosive limits: | Limits not determined |
| 13. change in physical state: | Carbonizing when affected by fire |
| 14. hazardous decomposition products: | In case of fire CO,CO ₂ and NO _x and oxides of silicone will be emitted. |
| 15. hazardous reactions: | No hazardous reactions observed |
| 16. other data: | Not applicable |

Transport

- | | |
|--------------------|---|
| 17. general: | Not dangerous cargo. Keep dry. Avoid heat above +60°C. Avoid temperature below -15°C. Keep separated from foodstuffs. |
| 18. mail: | Allowed for transport by mail. |
| 19. ICAO/IATA-DGR: | Not restricted. |

Regulations

- | | |
|--------------|---|
| 20. general: | No special precautions are required. This product is not defined as hazardous material. |
|--------------|---|

SAFETY DATA SHEET 73700/1

Protective measures, storage and handling

21. technical protective measures: Keep container tightly closed and dry. Store in a cool place. Use in well-ventilated areas.
22. personal protective equipment:
- safety glasses
 - rubber gloves, long sleeved shirts and pants in order to minimize skin exposure
 - wash hands and face before eating and drinking
23. protection against fire and explosion: No special precautions required.
24. disposal: May be incinerated in a suitable facility provided local regulations are observed.

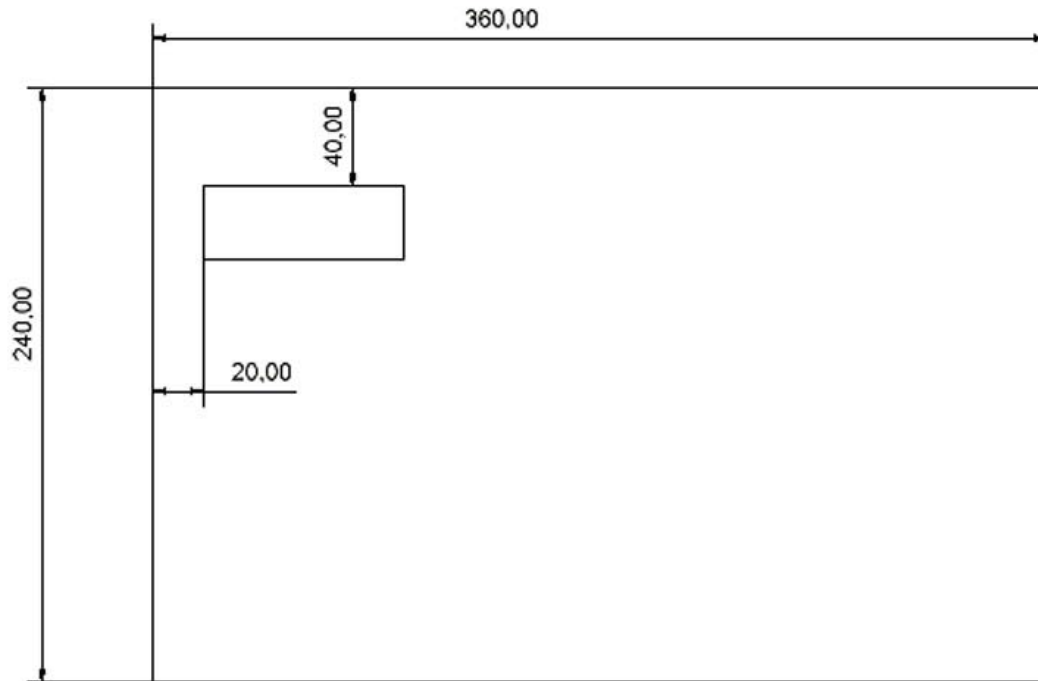
Measures in case of accidents and fires

25. after spillage: Take up mechanically
26. extinguishing media: No restriction
27. first aid: In case of eye contact rinse with plenty of water. Contact a physician. In case of skin contact remove the product mechanically. After that wash thoroughly with soap and water. Should the product be swallowed, seek medical service.

Information on toxicity

28. acute effects of exposure: Vapors will be emitted during the normal curing of this product. These gradually diminish as the sealant cures. The vapors may irritate the eyes, nose and throat, particularly in an enclosed or poorly ventilated area. Direct contact with the uncured product is expected to be non-irritating to the skin.
29. acute toxicity: LD₅₀ oral, rat: more than 2000 mg/kg. Rabbit eyes: non-irritant
Rabbit skin: (4h) non-irritant. In analogy to test results for similarly composed products.

Skottvegg med gjennomføringshull og mål



skivor

BRANDSKIVA 335-00

användning

Brandisolering av rektangulära ventilationskanaler och branddörrar. Värmeisolering av pannor, ugnar, ventilationsapparater m.m.

produktdata

Skiva av stenull.

FÖRPACKNING: Plastemballage.

DENSITET: Ca. 100 kg/m³

HÖGSTA ANVÄND.TEMP: 700 °C

BRANDTEKNISK KLASS: Obrännbart material. Kan användas där krav på ytskikt klass 1 förekommer, Tg. 2242/89.

Godkänd för utvändig isolering av ventilationskanaler i brandteknisk klass EI 15, EI 30 och EI 60. Se montageanvisningar i "Isolering av Ventilationskanaler" eller Tg. 2395/81.

BRANDSKIVA 335-18

Samma produkt som 335-00, men med en armerad aluminiumfolie som ytbeklädnad.

Kan användas där även krav på kondensisolering förekommer.

BRANDSKIVA 337-00

användning

Brandisolering av rektangulära ventilationskanaler. Isolering av pannor, ugnar, rökkanaler m.m. Genom sin styvhet även lämplig för värmeisolering av cisterntak.

produktdata

Skiva av stenull.

FÖRPACKNING: Plastemballage.

DENSITET: Ca. 140 kg/m³

HÖGSTA ANVÄND.TEMP: 700 °C

BRANDTEKNISK KLASS: Obrännbart material. Kan användas där krav på ytskikt klass 1 förekommer, Tg. 2242/89.

Godkänd för utvändig isolering av ventilationskanaler i brandteknisk klass EI 15, EI 30 och EI 60. Se montageanvisningar i "Isolering av Ventilationskanaler" eller Tg. 2395/81.

KANALSKIVA 1376-00

användning

Invändig isolering av rektangulära ventilationskanaler, luftbehandlingsaggregat och kanalkomponenter.

Produkten är godkänd med avseende på mikrobiell tillväxt, rensbarhet och emissioner, Tg. 0489/95.

produktdata

Skiva av stenull med ett ytskikt av kraftig glasfiberväv. På baksidan är den belagd med ett ytskikt av stapelfiberväv.

FÖRPACKNING: Wellpappkartong eller väderskyddad pall.

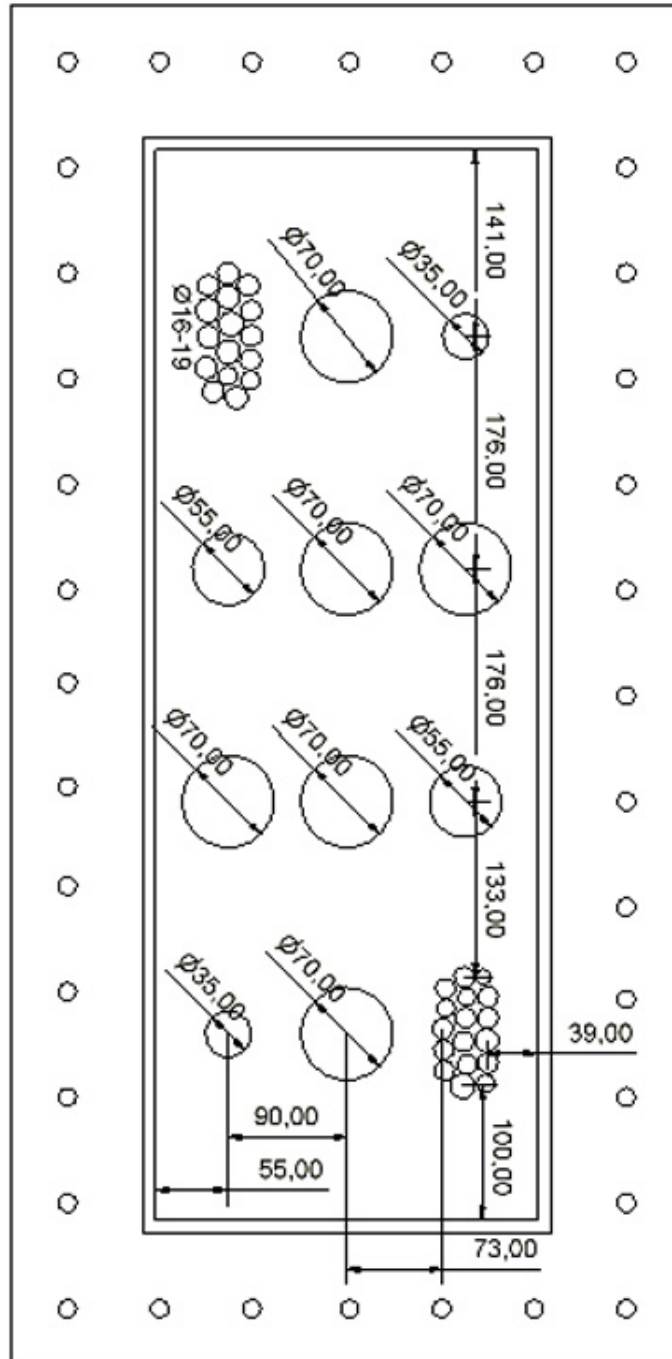
DENSITET: Ca. 65 kg/m³

HÖGSTA ANVÄND.TEMP: 200 °C. Temperaturen på ytskiktet får dock endast uppgå till max. 60 °C.

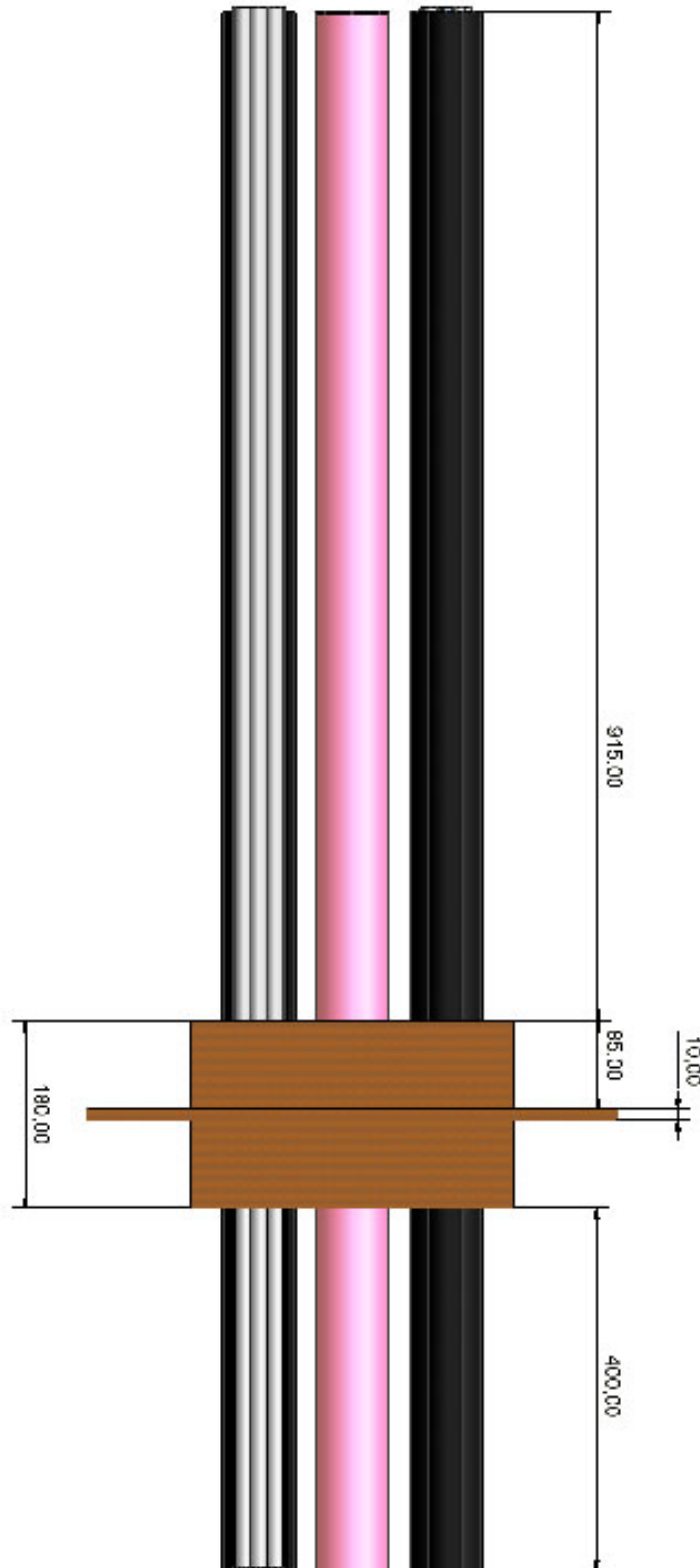
BRANDTEKNISK KLASS: Obrännbart material, ytskikt klass 1, Tg. 0489/95.

VÄRMEKONDUKTIVITET λ W/M ² C							FORMAT					
PRODUKT	MEDELTEMPERATUR, °C						PRODUKT	LÄNGD X BR MM	TJOCKLEK MM	INNEHÅLL M ² /FÖRP.	M ² /PALL	
	0	50	100	150	200	300						400
Brand- skiva 335-00	0,032	0,038	0,044	0,050	0,059	0,078	0,105	Brand skiva 335-00	1200x600	30	5,76	172,80
Brand- skiva 337-00	0,033	0,039	0,044	0,050	0,056	0,073	0,093		40	4,32	129,60	
									50	4,32	103,68	
									60	2,88	86,40	
									70	2,16	77,76	
Kanal- skiva 1376-00	0,033	0,042	0,050	0,063				100	2,16	51,84		
								Brand skiva 337-00	1200x600	30	4,32	168,48
									40	3,60	129,60	
									50	2,88	103,68	
									60	2,16	84,24	
70	2,16	77,76										
Kanal- skiva 1376-00								80	2,16	64,80		
								100	1,44	51,84		
								Kanal- skiva 1376-00	1500x600	20	13,50	
									30	9,00		
									50	5,40		
100	2,70											
								2000x1200	20		72,00	
								30		96,00		
								50		57,60		
								100		28,80		

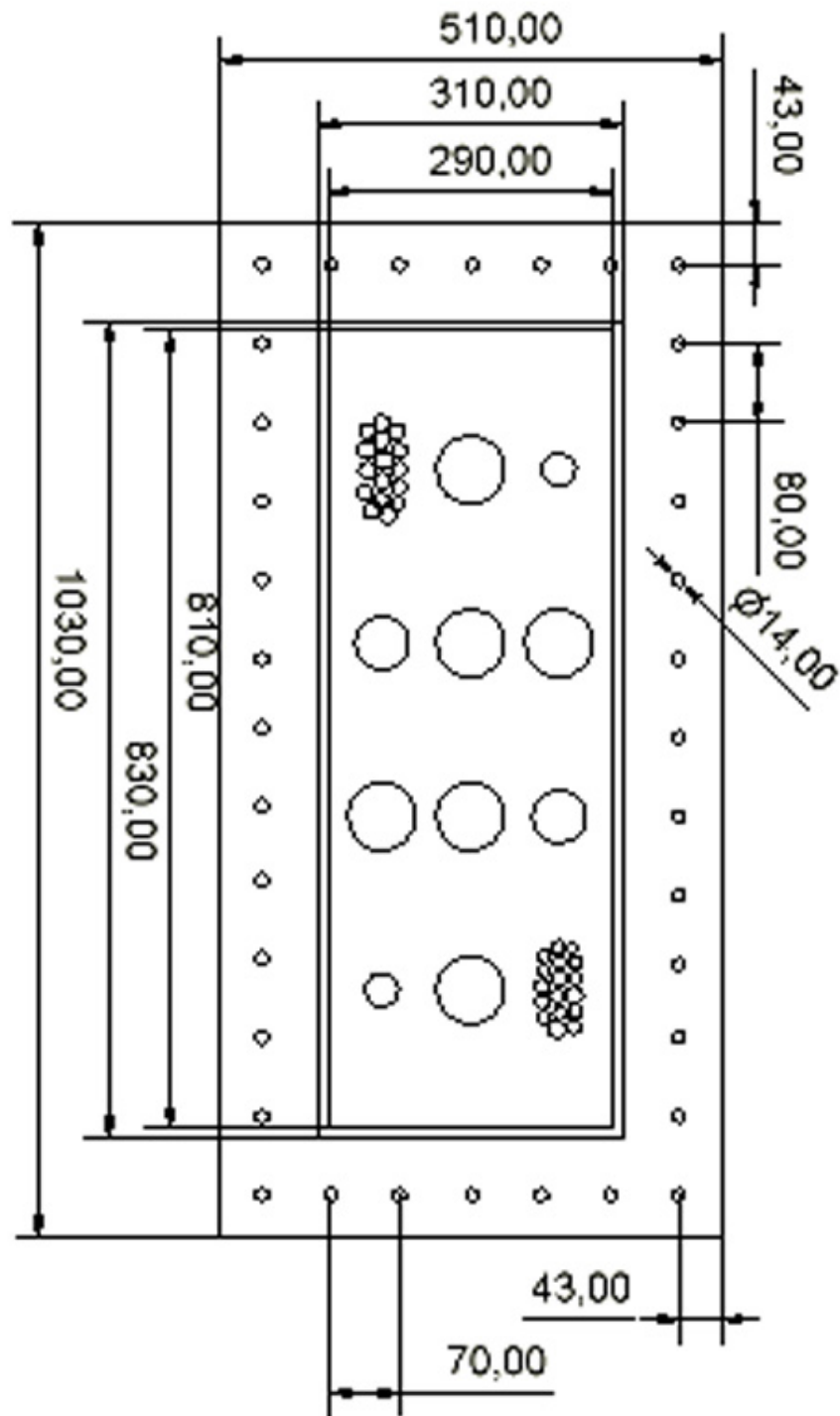
Gjennomføring med mål



Gjennomføring i snitt med kabler og mål



Gjennomføring forfra med kabler og mål





DET NORSKE VERITAS TYPE APPROVAL CERTIFICATE

CERTIFICATE NO. F-17252

This Certificate consists of 2 pages

This is to certify that the

Class A and B Penetration

471.19

with type designation(s)

PLASEAL NF-93

Manufactured by

Nitto Chemical Industry Co., Ltd.

Osaka Pref. 558-0001, Japan

is found to comply with

Det Norske Veritas' Rules for Classification of Ships and Mobile Offshore Units
Det Norske Veritas' Interpretation of SOLAS 1974 Convention as Amended

Application

Approved for use as penetration system for approved ship cables

in class A-30 bulkheads and A-60 decks.

Place and date

Høvik, 2003-05-19

for Det Norske Veritas AS

This Certificate is valid until

2007-06-30

Kristin Urdahl
Head of Section

Local Office
DNV Kobe

Helge Bjørnarå
Surveyor

Product description

"PLASEAL NF-93"

composed of 75 mm steel sleeve, 4.5 mm thick, welded to bulkhead/deck filled with "Plaseal NF-93" (density app. 1100 kg/m³) around cables. Steel sleeve to be partially insulated with 50 mm wide and 50 mm long Neo Rock Fine Board from Nitto Boseki Co., Ltd. (density 150 kg/m³) on exposed side for decks and on insulated side for bulkheads.

Total area of cables to be maximum 35% of area of sleeve.

Min. size of frame: 100 x 150 mm deck and bulkhead (B x W).

Max. size of frame: 250 x 500 mm deck and 250 x 600 bulkhead (B x W).

Each product is to be supplied with its manual for installation, use and maintenance.

Type Approval documentation

Certification in accordance with Certification Note No. 1.2, Type Approval, December 1996.

Test reports No. 02-188(E) and No. 02-190(E) dated 30 September 2002 from Research Institute of Marine Engineering, Tokyo, Japan.

DNV Certificate retention survey report KOB-03-2568 dated 2003-04-25 from DNV Kobe, Japan.

Tested in accordance with IMO FTPC PART 3 (IMO Res. A.754(18)).

Marking of product

The product or packing is to be marked with name of manufacturer, type designation and fire-technical rating.

Certificate retention survey

Det Norske Veritas' surveyor is to be given permission to perform Certification Retention Surveys at any time during the validity period of this certificate. The arrangement is to be in accordance with procedure described in item 4.3, Certification Note No. 1.2.

END OF CERTIFICATE

Notice: This Certificate is subject to terms and conditions overleaf. Any significant change in design or construction may render this Certificate invalid.

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the service in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million. In this provision "Det Norske Veritas" shall mean the Foundation Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, directors, officers, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.

DET NORSKE VERITAS AS · VERITASVEIEN 1, 1322 HØVIK, NORWAY · TEL: (+47) 67 57 99 00 · FAX: (+47) 67 57 99 11



DET NORSKE VERITAS
TYPE APPROVAL CERTIFICATE

Certificate No. F-15950

This Certificate consists of 2 pages

471.19 *This is to certify that the*

Class A and B Penetration

with type designation(s)

COMBI PLASEAL NF-93 AND PLASEAL NF-83

136655 *Manufactured by*

Nitto Chemical Industry Co., Ltd.

OSAKA, Japan

is found to comply with

Det Norske Veritas' Rules for Classification of Ships and Mobile Offshore Units
Det Norske Veritas' Interpretation of SOLAS 1974 Convention as Amended

Application

Approved for use as cable penetration system in class A-60
bulkheads and decks for approved ship cables.

Min./max. size of frame: 100 x 150 x 200 mm., 250 x 400 x 200 mm.

Place and date
Høvik, 1999-07-25
for Det Norske Veritas AS

This Certificate is valid until
2003-06-30

Erik Bråten
Head of Section

Local Office
DNV Kobe

Jørgen Haugseth
Surveyor

Product description

"Combi PLASEAL NF-93 and PLASEAL NF-83"

composed as follows:

For deck: 200 mm steel sleeve welded to the deck plate and filled with 40 mm "Plaseal NF-93" and 160 mm "Plaseal NF-83" around cables;

For bulkhead: 200 mm steel sleeve welded to the bulkhead and filled with 140 mm "Plaseal NF-83" and sealed with 30 mm "Plaseal NF-93" at each end.

Steel sleeve to be additionally insulated on unexposed side with mineral wool of thickness 25 mm.

Type Approval documentation

Certification in accordance with Certification Note No. 1.2, Type Approval, December 1996.

Marking of product

The product or packing is to be marked with name of manufacturer, type designation and fire-technical rating.

Certificate retention survey

Det Norske Veritas' surveyor is to be given permission to perform Certification Retention Surveys at any time during the validity period of this certificate. The arrangement is to be in accordance with procedure described in item 4.3, Certification Note No. 1.2.

END OF CERTIFICATE

Notice: This Certificate is subject to terms and conditions overleaf. Any significant change in design or construction may render this Certificate invalid.

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the service in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million. In this provision "Det Norske Veritas" shall mean the Foundation Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, directors, officers, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.

DET NORSKE VERITAS AS · VERITASVEIEN 1, 1322 HØVIK, NORWAY · TEL: (+47) 67 57 99 00 · FAX: (+47) 67 57 99 11

HENSOMASTIK®



Technisches Merkblatt für / *Technical Data Sheet for*
HENSOMASTIK® 5 KS

Ablations-Brandschutzbeschichtung nach DIN 4102 für horizontal und vertikal verlegte elektrische Kabel

Ablation fire retardant coating compound according to DIN 4102 electrical for cables laid horizontally or vertically

Zulassung

Z - 19.11 - 1246
Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin.

Güteüberwachung

Amtliche Materialprüfanstalt für das Bauwesen, Braunschweig.

Einsatzbereich

HENSOMASTIK 5 KS ist die universelle Brandschutzbeschichtung für horizontal und vertikal verlegte Kabel und ihre Tragkonstruktionen im Innen- und Außenbereich; bei Zustimmung im Einzelfall durch die oberste Bauaufsichtsbehörde Ersatz für Unterdecke - F 30 oder Installationskanäle - I 30.

Produkteigenschaften

HENSOMASTIK 5 KS ist eine mittelviskose, nicht hygroscopische Beschichtung, die im Kabelbrandschutz eingesetzt wird. Die Materialbasis ist eine lösemittel- und halogenfreie Kunststoff-Dispersion, die flammhemmende Pigmente enthält.

Bei Einwirkung von Hitze auf **HENSOMASTIK 5 KS** wird Energie absorbiert, bevor eine Wasserabspaltung stattfindet. Bei ca. 230°C beginnt das Hydratwasser zu entweichen. Dieser endotherme Prozess bewirkt zum einen, daß dem Verbrennungsprozeß Energie entzogen wird und zum anderen eine Verdünnung der entweichenden, brennbaren Gase mit Wasserdampf. Diese Reaktion verzögert die Entzündung und verhindert die Brandausbreitung.

HENSOMASTIK 5 KS ist nach der Durchtrocknung auch bei höherer Schichtdicke zähelastisch, nach DIN 1048 wasserundurchlässig, öl- und benzinresistent, wetterfest.

Verarbeitung

HENSOMASTIK 5 KS sollte in Originalviskosität verarbeitet, gegebenenfalls mit max. 3 % Wasser auf Verarbeitungsviskosität gebracht werden.

Die Verarbeitung kann mit Pinsel, Rolle oder Airless-Spritzgeräten erfolgen. Hierfür empfehlen wir, mit Düsenöffnungen von 0,58 bis 0,63 mm bzw. 0,023 bis 0,025 " zu arbeiten.

Authorization

Z - 19. 11 - 1246 German Institute of Structural Engineering, Berlin.
Certificate No. 13748-99 HH, IEC332-3 Cat A, Germanischer Lloyd.

Quality monitoring

Official Material Testing Laboratory for the Building Industry, Brunswick (IBMB).

Use

HENSOMASTIK 5 KS is an universal fire retardant coating used on cables laid horizontally or vertically-indoor or outdoor.

Properties

HENSOMASTIK 5 KS is an medium viscous, non-hygroscopic fire retardant compound, that is applied in thick coats to cables. **HENSOMASTIK 5 KS** is based on a solvent free latex with fire retardant pigments and is free of halogenes, asbestos and ceramic fibres. Under the influence of heat, energy will be absorbed. At an average temperature of 230 °C the water of hydration starts to escape. The endotherm reaction abstracts energy from the combustion process causing a dilution of escaping flammable gases with water vapour. The reaction delays the ignition and prevents spreading fire. **HENSOMASTIK 5 KS** after drying is viscoelastic, impermeable according to DIN 1048, resistant to oil and petrol spills, weatherproof, virtually odourless and environmentally friendly.

Application

HENSOMASTIK 5 KS is supplied ready for use by brush or roller application. Where spray application is being considered, up to 3 % water may be required depending on the type of equipment being used. Recommended tip size for airless spraying: 0,023 - 0,025".



HSBKOLLEN STORD/HAUGESUND

Vedlegg 13



Trocknungszeiten

Bei einer Durchschnittstemperatur von ca. + 20 °C, einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 65 % und einer Auftragsmenge von ca. 1900 g/m² (entsprechend 1 mm Trockenschichtstärke) ergeben sich folgende Trocknungszeiten:

staubtrocken: 3 Stunden
handtrocken: 6 Stunden
durchtrocknet: 24 Stunden

Arbeitssicherheit

Bei der Verarbeitung von **HENSOMASTIK 5 KS** sind die für den Arbeits- und Unfallschutz geltenden Vorschriften zu beachten.

Umweltschutz

HENSOMASTIK 5 KS ist gemäß 91/155 EWG nicht kennzeichnungspflichtig.

HENSOMASTIK 5 KS darf nicht ins Erdreich, in Gewässer oder in die Kanalisation gelangen; Wassergefährdungsklasse 1 (Selbsteinstufung).

Gebindegrößen

HENSOMASTIK 5 KS wird in Kunststoffeimern zu 12,5 kg, 20 kg und 35 kg geliefert.

Lagerung

HENSOMASTIK 5 KS soll bei Raumtemperatur, auf jeden Fall aber **frostfrei**, nicht länger als 6 Monate in geschlossenen Originalgebinden gelagert werden.

Lieferung

Weltweit ab Werk.

Dieses Merkblatt soll Sie beraten. Alle Angaben sind Richtwerte aus technischen Prüfungen und Erfahrungen. Sie sollen die breite Verwendungsmöglichkeit darstellen. Verbindlichkeiten und Rechte sind daraus nicht abzuleiten. Vorausgegangene technische Merkblätter verlieren mit Erscheinen dieses Blattes ihre Gültigkeit.

Drying times

Temperature 20 °C, rel. humidity 65 %, coverage rate 1900 g/m² corresponding to 1 mm dry film thickness. Lower temperatures and higher humidity delay drying:

Dust dry: 3 hours
Touch dry: 6 hours
Full cure: 24 hours

Health and Safety

Use **HENSOMASTIK 5 KS** in accordance with all applicable local and national regulations.

Ecological information

HENSOMASTIK 5 KS is a water based system and does not present any health hazard. No labeling required in accordance with 91/155 EWG.

Do not allow to enter water courses, waste water or soil.

Packaging

Supplied in 12,5 kg, 20 kg and 35 kg plastic pails.

Storage and Transportation

Shelf life: 6 month in unopened containers provided the product is stored at ambient temperatures.

Shipping

Worldwide at works.

These notes are only intended as advice. All of the values given from technical tests and practical experience are to be taken as a guide only and are intended to give a broad indication of the applications possible. No rights and obligations may therefore be derived from them. These notes supersede previous versions.

RUDOLF HENSEL GMBH LACK UND FARBENFABRIK · GEGR. 1922
Lauenburger Landstraße 11 · D-21039 Börnsen
Telefon (040) 72 10 62 10 · Fax (040) 72 10 62 52

www.rudolf-hensel.de
info@rudolf-hensel.de



Zertifiziert nach ISO 9001

3/2002



DET NORSKE VERITAS TYPE APPROVAL CERTIFICATE

CERTIFICATE NO. F-16752
This Certificate consists of 2 pages

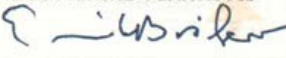
This is to certify that the
Fire Stop System for Cable

with type designation(s)
HENSOMASTIK 5 KS

Manufactured by
Rudolf Hensel GmbH
Börnsen, Germany

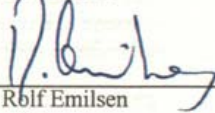
is found to comply with
Det Norske Veritas' Rules for Classification of Ships and Mobile Offshore Units
Det Norske Veritas' Interpretation of SOLAS 1974 Convention as Amended

Application
Approved for use as an intumescent fire protective coating on indoor cables.

Place and date
Høvik, 2001-10-22
for DET NORSKE VERITAS AS

Erik Bråten
Head of Section



Local Office
DNV Hamburg

This Certificate is valid until
2005-12-31

Rolf Emilsen
Surveyor

Notice: This Certificate is subject to terms and conditions overleaf. Any significant change in design or construction may render this Certificate invalid.
The validity date relates to the Type Approval Certificate and not to the approval of equipment/systems installed.

If any person suffers loss or damage which is proved to have been caused by any negligent act or omission of Det Norske Veritas, then Det Norske Veritas shall pay compensation to such person for his proved direct loss or damage. However, the compensation shall not exceed an amount equal to ten times the fee charged for the services in question, provided that the maximum compensation shall never exceed USD 2 million in the provision "Det Norske Veritas" shall mean the Foundation Det Norske Veritas as well as all its subsidiaries, directors, officers, employees, agents and any other acting on behalf of Det Norske Veritas.



Cert. No.: F-16752
File No.: 471.35

Product description

“Hensomastik 5 KS”
Ablative fire protective coating for cables.
Average thickness of coating 1.0mm.

Applications/Limitations

The cable or the bunched cables to be coated on all sides. In enclosed and semi-enclosed spaces cable runs to be coated at least 1 metre in every 14 metres for horizontal runs and to entire length of vertical runs.
This approval is only valid for coating applied by Rudolf Hensel GmbH or according to Rudolf Hensels’ application instructions.

Type Approval documentation

Certification in accordance with Certification Note No. 1.2, Type Approval, December 1996.
Test report No. U97 087 dated 15 January 1998 from iBMB, Braunschweig, Germany.
Tested according to Category A of IEC publication 332-3, 1982.

Marking of product

The product or packing is to be marked with name of manufacturer and type designation.

Certificate retention survey

Det Norske Veritas’ surveyor is to be given permission to perform Certification Retention Surveys at any time during the validity period of this certificate. The arrangement is to be in accordance with procedure described in item 4.3, Certification Note No. 1.2.

END OF CERTIFICATE



Pyro Safe Flammoplast KS 1 er en løsemiddelfri, vannbasert brannhemmende maling for bruk innendørs. Den brukes som flammehindrende belegg for beskyttelse mot brann. Ved brannutløp danner produktet et isolerende skum og beskytter underlagsmaterialet mot flammene. Produktet er svært elastisk og ikke hygroskopisk.

Oljebaserte materialer benyttes ofte som kabel-isolasjon. Når dette materialet brenner, frigjøres det HCL-gasser. Idet gassene sprer seg og kondenserer, fører de til store skader på elektrisk materiell og utstyr. I tillegg skades stål- og betongkonstruksjoner i bygningen.

Brannteknisk beskyttelse av kabler og kabelbroer ved hjelp av **Pyro-Safe Flammoplast KS 1** har vist gode resultater med hensyn til brannspredning og utløsning av HCL-gasser.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 sveller opp 80-100 ganger ved brannpåvirkning og danner et isolerende skum som beskytter de malte kablene eller kabelbroene mot flammene.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 malt på enkeltkabler og kabelbunter forlenger funksjonstiden med 2-2.5 ganger under brann.

Kortslutning eller jordslutning i en høyspentkabel vil resultere i kraftig varmeutvikling som igjen kan føre til at kableten antennes.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 malt på kableten vil hindre at brannen sprer seg, og den vil kvele brannen etter meget kort tid.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 har ingen påvirkning av temperaturen på kablene og sikrer dermed full strømledningsevne etter brannbeskyttelse.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 er beregnet for bruk innendørs. For utendørs bruk benyttes **KS 5**.

BRUKERVEILEDNING

Underlagsmaterialet må være fritt for støv og fett. **KS 1** må røres grundig med en elektrisk mikser i 3 minutter før bruk. Ved røring blir det tiksotropiske materialet svært lettflytende.

Påføring gjøres med kost eller sprøytepumpe (høyt eller lavt trykk).

For å få en tørr filmtykkelse på >700 µ med **KS 1** på kabler eller kabelbroer, må det påføres minst to strøk med **KS 1**. Første lag må tørke helt før neste lag legges på.

Generelt kan man si at maling av kabler i bunt, spesielt for styre- og signalkabler, er å foretrekke fremfor flatforlegning. Dette gir mindre eksponert overflate mot brann samtidig som kablene midt i bunten kan få til dels vesentlig lengre funksjonstid enn de som er ytterst i bunten.

Bruksområder

- Lengdeseksjonering av kabeltraséer horisontalt og vertikalt
- Tverrseksjonering av kabeltraséer horisontalt og vertikalt
- Kabelbrokryss hvor brann kan spre seg videre langs flere kabelføringer
- Utgående kabler fra fordelingstavler/forbruker-apparater
- Beskyttelse av spesielt viktige kabler for signal og alarm
- Brannspærre som skille mellom høyspent- og lavspenkabler som ligger nær hverandre.
- Redusere brannbelastningen

Generelt

I Norge eksisterer det ingen offisielle kravspesifikasjoner og godkjenningsordninger for brannbeskyttelse av elektriske kabler.

Pyro-Safe Flammoplast KS 1 er typegodkjent av Det Norske Veritas og er godt dokumentert gjennom omfattende tester i utlandet etter internasjonale standarder.

Tekniske data:

- Farge: Hvit
- Lukt: Nesten luktfri
- Forbruk i våt tilstand: 1,4kg/m² opptil 1,6 kg/m², avhengig av overflaten
- Flammepunkt: Ikke antennbart
- Tetthet (20 °C): Ca. 1,25g/vml³
- Brukstemperatur: >+5 °C
- Relativ luftfuktighet: <85%
- Berøringsstør: Etter 12 timer
- Fullstendig tørr: Etter 4 dager
- Leveringsform: Spann à 5 kg eller à 25kg
- Merking: Ikke merkepliktig
- Transportklassifisering: Ikke farlig gods
- Lagring: Frostfritt i ca. 18 måneder
- Rengjøring av redskap: Med vann straks etter bruk

Vedlegg 15.a

ARBEIDSRAPPORT BRANNMÅLING / MÅLEJOURNAL

ekt/nr: 3220 00

Sign.installator:

lagsgiver: SMEDVIG OFFSHORE AS

Sign.opdragsgiver:

nr: 063017

Side: 1 Av: 1

INNKLEDDNINGSG OBJEKT: Kabler

Dato: 19/4-04

Instruksjon / Plassering (post. nr.)	INNKLEDDNINGSG OBJEKT: Kabler												
	1	1	2.	2.	4	4	5	5					
1) Strøk/påførings (ved våtfilm måling)	1	2	1	2	1	2	1	2					
ingstype	SKS	SKS	SKS	SKS	PKS1	PKS1	PKS1	PKS1					
nkklasse	-	-	-	-	-	-	-	-					
krevert våtfilmtykkelse (my)	-	-	-	-	-	-	-	-					
krevert tørrfilmtykkelse (my)	-	-	-	-	-	-	-	-					
Nr Strøk/påføring	Målepunkt	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
tørrefila - tykkelse		650	500	400	550	250	600	700	500	700	400	550	
le våtfilm - tykkelse		900	450	300	600	350	500	700	500	700	450	550	
		600	500	700	350	650	550	350	600	600	450	600	
		800	500	600	500	700	600	850	600	600	400	650	
		600	550	500	500	700	500	350	500	500	450	500	
		400	600	800	750	700	300	400	450	500	500	500	
		800	600	550	350	650	550	550	500	500	500	500	
		650	600	500	500	700	450	450	500	500	500	500	
		600	550	750	550	550	700	400	400	650	650	650	
		900	550	850	400	350	850	450	700	700	700	700	
Idelverdi (my)		690	540	595	510	560	560	490	550				
Resteverdi (my)		400	450	300	350	250	300	350	450				

Vedlegg 15.b



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

KONTROLLPLAN FOR UTFØRELSE AV BYGNINGSMESSIG BRANNSIKRING

§	Kontrollområde	Konstruksjon: grunnlag/ Grunnlagt, dokumentasjon	Hva kontrolleres	Metode / Prosedure		Kontroll		Dokumentasjon
				Utføres av		Utføres av		
	Brannmaling av bygningsselementer	<input type="checkbox"/> Beskrivende mengdefortegnelse <input type="checkbox"/> Tegninger <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger fra produktprodusenter <input type="checkbox"/> Beskrivelse fra testrapport.	<input type="checkbox"/> Brannklasse er som forventet <input type="checkbox"/> At malingen er påført etter montageanvisning, samt etter riktig klassifisering <input type="checkbox"/> Kontroller at malingen er jevnt påført overflaten. <input type="checkbox"/> Tykkelse på maling	<input type="checkbox"/> Visuell kontroll <input type="checkbox"/> Stikkprøvekontroll <input type="checkbox"/> Dokumentert egenkontroll <input type="checkbox"/> Ved ujevnt overflate tas der kontroll av malingsstrykkelse.	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Befaringsliste <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger fra produktprodusenter <input type="checkbox"/> Avvikskjema <input type="checkbox"/> Sjekkliste	
§7-23	Brannisolering av bygningsselementer; <ul style="list-style-type: none"> • dekker • søyler • dragere 	<input type="checkbox"/> Beskrivende mengdefortegnelse <input type="checkbox"/> Tegninger <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger fra produktprodusenter	<input type="checkbox"/> At isolasjon er montert etter montageanvisning, samt etter riktig klassifisering inh. til tegning / beskrivelse. <input type="checkbox"/> Kontroller at isolasjonen er festet med riktig antall festerifter og riktig avstand. Dersom det er benyttet andre festemetoder kontrolleres disse etter gitt anvisning. <input type="checkbox"/> Er isolasjonen fri for skader etter montering.	<input type="checkbox"/> Visuell kontroll <input type="checkbox"/> Stikkprøvekontroll <input type="checkbox"/> Dokumentert egenkontroll <input type="checkbox"/> Bøy sveisesøtter ved steinullprodukter for kontroll at de ikke knekker.	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Befaringsliste <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger fra produktprodusenter <input type="checkbox"/> Avvikskjema <input type="checkbox"/> Sjekkliste	
§7-24	Brannsikring av gjennomføringer	<input type="checkbox"/> Beskrivende mengdefortegnelse <input type="checkbox"/> Tegninger <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger for produkter brukt i gjennomføringen <input type="checkbox"/> Godkjenning av SBE	<input type="checkbox"/> Er monteringen i henhold til monteringsanvisning/beskrivelse/tegning. <input type="checkbox"/> Brannrettemassens overflaten er slett og fri for sprøkker. <input type="checkbox"/> Er det tilstrekkelig med tettemasse mellom kablene i gjennomføringene. <input type="checkbox"/> Kabelbåndene > 40% av utsparring skal underkjennes. <input type="checkbox"/> Tykkelse og konsistens på tettemasse. <input type="checkbox"/> Er kabelbåndet festet godt og kuttet for utsparringen <input type="checkbox"/> Er det krav til at tettingen skal tåle bevegelse	<input type="checkbox"/> Visuell kontroll <input type="checkbox"/> Stikkprøvekontroll <input type="checkbox"/> Dokumentert egenkontroll <input type="checkbox"/> Bor hull i tvilkomme tettinger for å kontrollere tykkelse og konsistens.	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Egen Ekstern Sign: _____	<input type="checkbox"/> Befaringsliste <input type="checkbox"/> Kontrollskjema <input type="checkbox"/> Avviksmelding <input type="checkbox"/> Montasjeanvisninger fra produsent <input type="checkbox"/> Serifikat <input type="checkbox"/> Sjekkliste - monter	

Påføringsanvisning

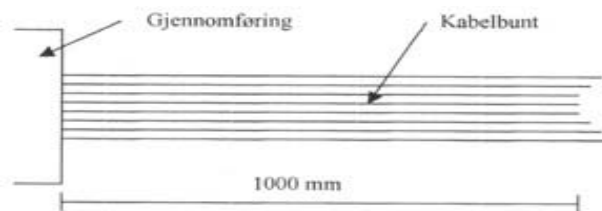
Dette er en påføringsprosedyre som anbefales i forhold til brannhemmende kabelmaling. Den tar utgangspunkt i de tørketider og informasjon som er oppgitt i vedlegg 13.

For enkeltstående kabler:

1. Rydd tilgang til alle nødvendige kabler 1000 mm ut på hver side av gjennomføringen.
2. Gjør kablene rene for støv og fett.
3. Påfør 3 strøk med maling med minimum 3 timers mellomrom. Mål tykkelsen på lagene etter hvert strøk. Minimum tykkelse for hvert strøk skal være $500 \mu\text{m}$. Totalt, for 3 strøk, skal altså tykkelsen på malingen være minst $1500 \mu\text{m}$.
4. Overgangen mellom kabler og silikonbasert tettemasse skal også males.

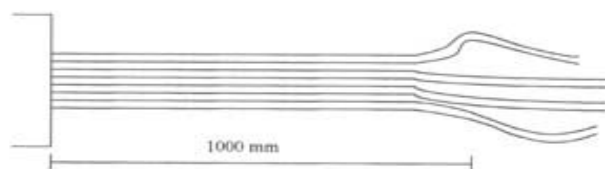
For kabelbunter:

1. Rydd tilgang til alle nødvendige kabler 1000 mm ut på hver side av gjennomføringen.



Figur 1

2. Gjør kablene rene for støv og fett.
3. Skill alle kablene i kabelbunten ved 1000 mm ut fra gjennomføringen på hver side.



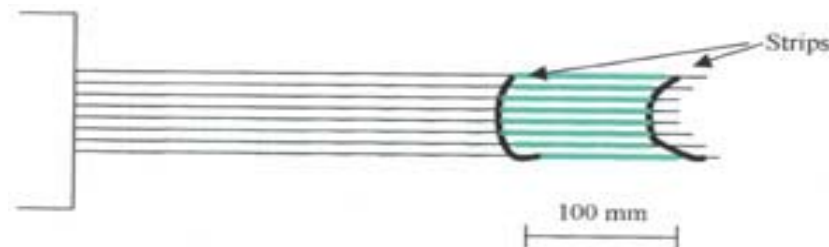
Figur 2

4. Påfør et strøk maling mellom alle kablene i kabelbunten, fra 1000 mm og minst 100 mm innover mot gjennomføringen. La det tørke i minimum 3 timer.



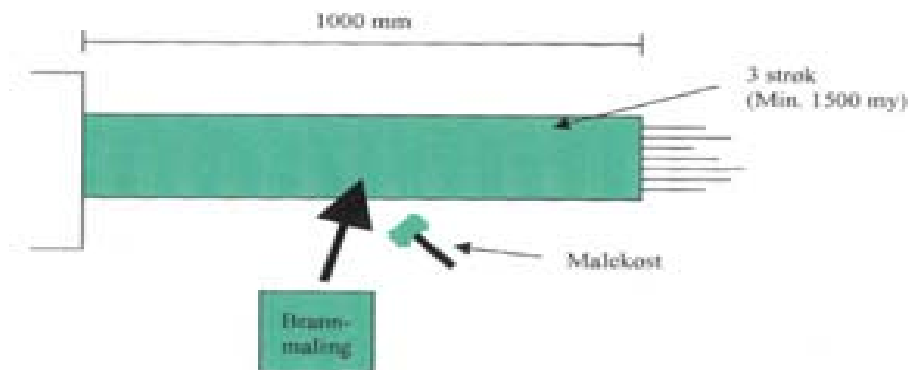
Figur 3

5. Påfør et nytt strøk med maling mellom kablene og press kabelbunten i sammen mens malingen er våt. Sørg for at det er så mye maling at det siver ut mellom kablene når kabelbunten presses sammen. Bruk strips eller lignende for å holde kabelbunten samlet.



Figur 4

6. Påfør et strøk maling rundt utsiden på kabelbunten fra 1000 mm og helt inn til gjennomføringen. Sørg også for at overgangen mellom kabelbunt og silikonbasert tettemasse blir malt. La det tørke i minimum 3 timer.



Figur 5

7. Gjenta punkt 6 helt til kabelbunten visuelt sett ser ut som én kabel. Det skal ikke være mulig å skille kablene i kabelbunten når siste strøk er påført. I alle tilfeller skal det minst påføres 3 strøk maling rundt kabelbuntene med en samlet minimumstykkelse på 1500 μm .