



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Analyse av fuger i mur og betongelementer



Hovedoppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Studieretning: Brann

Av: Thomas Gunneng
Marius Bjelde Andersen
Svein Erik Schmall

Kand.nr. 31
Kand.nr. 16
Kand.nr. 24

HOVEDPROSJEKT

Studenten(e)s navn: Thomas Gunneng
Marius Bjelde Andersen
Svein Erik Schmall

Linje & studieretning Brann, sikkerhetsingeniør

Oppgavens tittel: *Analyse av fuger i mur og betongelementer*

Oppgavetekst:

Studentene skal undersøke fuger, vertikale og horisontale i bærende og ikke bærende brannklassifiserte mur og betong vegger. Hovedfokuset er på analyse av tetninger utført av fagarbeidere som utfører muringen eller elementmontasjen (ikke sertifiserte løsninger). Disse tetninger blir ofte utført ved å dytte isolasjon i spalten. Etterpå blir fugen forseglet med mørtel eller annen fugemasse.

Gjennom å utføre praktiske forsøk skal studentene dokumentere om tetninger utført ved å bruke Glava eller Rockwool tilfredsstillere kravene. Noen 'worst case' tester, for eksempel en fuge utført med PUR skum blir også testet.

Studentene skal skaffe seg oversikt over gjeldende regelverk og hva de forskjellige hovedaktørene i bransjen mener om temaet. Hvilke behov er det for dokumentasjon i henhold til regelverk, produkter og utførelse?

Om mulig skal studentene utforme en anbefaling for utforming og montering av slike fuger slik at man forsikrer seg at disse tilfredsstillere kravene (EI 60).

Endelig oppgave gitt: 7. mars 2014

Innleveringsfrist: Fredag 9.mai 2013 kl. 12.00

Intern veileder Arjen Kraaijeveld

Ekstern veileder Bjørn Vik (Unionconsult)

**Godkjent av
studieansvarlig:
Dato:**

BNT Fulbo
23/4 -14



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

HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Oppgavens tittel Analyse av fuger i mur og betongelementer		Rapportnummer <i>(Fylles ikke ut)</i>
Utført av: Thomas Gunneng Marius Bjelde Andersen Svein Erik Schmall		
Linje Sikkerhet, Brannteknikk		Studieretning: Ingeniør
Gradering Åpen	Innlevert dato 09.05.2014	Veiledere Intern: Arjen Kraaijeveld (HSH) Ekstern: Bjørn Vik (UnionConsult)

Ekstrakt:

Denne oppgaven handler om fuging i mur og betongelementer. I lovverket kommer det ikke frem spesifikke krav som angår fuger. Ut fra intervjuer og spørreundersøkelser kommer det frem at det finnes uenigheter mellom aktørene på ulike områder. Det er blitt utført flere småskalaforsøk for å se på ulike fugeløsninger og ut fra disse er det kommet frem til en anbefaling.



Forord

Denne oppgaven er utført fra forslag av Brannvernssamarbeidet Mur og Betong (BMB). Oppgaven ble lyst ut via mail sent på høsten 2013. Vi tok kontakt med Bjørn Vik gjennom en foreleser ved HSH og avtalte et møte med han da han skulle være gjesteforeleser i faget. Selve oppgaven og dens rammer ble gjennomgått på møtet. Det ble diskutert en del ting rundt hva oppgaven ut gikk på og hvilke begrensninger som ville være nødvendige. Gruppen godtok oppgaven etter møtet.

Det ble avtalt å begrense seg til småskalaforsøk ved brannlaboratoriet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Dette hadde litt med tid og koordinering å gjøre da det i utgangspunktet skulle være muligheter for et storskala forsøk.

Det er benyttet mange timer på forsøket. Det er utført mange timer video og tatt mange bilder fra forsøkene som er blitt utført. Forsøk 1 og 2 hadde vi bare foto på grunn av mangel på et større minnekort for opptak med videokamera.

Bak alle vedleggene ligger det veldig mye tid og arbeid, disse er viktige for rapporten, benytt disse ved henvisninger.

Et av gruppemedlemmene har erfaring og fagbrev som tømrer samt han er utdannet som Constructing Architect. Noe av innholdet i rapporten vil være basert på hans erfaringer.

Det anbefales leseren å forholde seg til definisjonslisten i forkant av hovedinnholdet da en del forkortelser vil være mye benyttet gjennom hele oppgaven, dette er for å inneha en ryddig og god struktur i rapporten.

Vi vil takke vår interne veileder, Arjen Kraaijeveld, for god oppfølging, hjelp til småskalaforsøk og skaffing av materiell. Takk til vår eksterne veileder, Bjørn Vik, for å ha deltatt og tatt seg tid for å gjennomgå oppgaven samt delta på noen forsøk og gi oss retningslinjer og tilbakemeldinger.

Takk til alle som har stilt opp og svart på intervjuer og tatt seg tid til oss. Spesielt takk til Jarle Sandal i Firesafe AS og Trond Olsson i AS Rockwool for bidrag av materiell til forsøk.

Dato: 09.05.2014

Sted: Haugesund, HSH

Svein Erik Schmall

Thomas Gunneng

Marius Bjelde Andersen



<http://www.brannmurbetong.no/?x=lesmer&id=159>



Innhold

Bildeliste	iii
Figurliste	iii
Tabeller	iv
Definisjoner	v
Sammendrag	1
Innledning.....	2
Begrensninger	2
Metoder	3
Del 1.....	4
1.0 Bakgrunn	4
1.1 Fuger	4
1.2 Viktigheten av fuger	5
1.3 Murkonstruksjoner og betongelementer	6
1.3.1 Bærende murkonstruksjon	6
1.3.2 Ikke bærende murkonstruksjon.....	7
1.3.3 Betongelementer	8
1.4 Preaksepterte og sertifiserte løsninger	9
1.4.1 Preaksepterte ytelser.....	9
1.4.2 Preaksepterte løsninger.....	9
1.4.3 Sertifiserte løsninger.....	10
Del 2.....	12
2.0 Lovverket	12
2.1 Oppbygning.....	12
2.2 Plan- og bygningsloven	12
2.3 TEK 10.....	13
2.4 SAK10	16
2.5 VTEK10	17
2.6 HO–Meldinger	20
2.6.1 CE- Merking.....	20
2.6.2 Harmonisert produktstandard	21
2.6.3 ETA	21
2.7 SINTEF	21
2.7.1 SINTEF veiledning til produserende	21
2.7.2 SINTEF veiledning til utførende på byggeplassen	22
2.8 Norsk Standard.....	23
2.8.1 Eurokode 6.....	23
2.9 Monteringsveiledninger	24



2.10 Oppsummering regelverk	24
Del 3.....	25
3.0 Aktører.....	25
3.1 Bestemmende	26
3.2 Produserende.....	26
3.3 Utførende aktører innen mur- og betongbransjen	26
3.4 Konsulent	27
3.5 Oppsummering intervjuer.....	27
Del 4.....	28
4.0 Småskalaforsøk.....	28
4.1 Fremgangsmåte	28
4.1.1 Testmodell vs. standard.....	28
4.1.2 Rigger	29
4.1.3 Materialer	29
4.1.4 Testoppsett.....	31
4.1.5 Plassering av termoelementer.....	32
4.1.6 Komprimeringsgrad for fuger	33
4.1.7 Oversikt for småskalaforsøkene	34
4.2 Resultater	35
4.2.1 Oppvarmingskurven fra standard vs. rigger.....	35
4.2.2 Målinger midten av horisontalfuge	37
4.2.3 Målinger på ueksponert side av horisontalfuge	39
4.2.4 Målinger i senter og ueksponert side vertikalfuge	41
4.2.5 Ytelseskriterier for isolasjon [I] og integrasjon [E].....	43
4.2.6 «Worst case» resultater	44
4.2.6 Resultater anbefalt løsning.....	45
4.3 Feilkilder.....	46
4.3.1 Utstyr	46
4.3.2 Konstruksjon	46
4.3.3 Plassering av utstyr	46
4.3.4 Utførelse av fuger	47
4.3.5 Testing	47
4.4 Oppsummering forsøk.....	47
5.0 Diskusjon	48
6.0 Konklusjon	52
Referanser	54



Bildeliste

Bilde 1: «Gjennom Brenning mellom karm og vegg ved dør til tidligere hobbyrom», DSB	5
Bilde 2: "Utilfredsstillende tetting mellom vegg og himling mellom korridor og tidligere hobbyrom", DSB....	5
Bilde 3: Eksempel på produktokumentasjon fra SINTEF og monteringsanvisning fra Firesafe.....	11
Bilde 4: Riggen under testing.....	29
Bilde 5: Testoppsettet fra lab.	31
Bilde 6: Gjennom Brenning og utstående flammning i fuge 1 forsøk 7.....	44
Bilde 7: Fuge 1 etter testing var avsluttet, en ser tydelig smelting og hvor gjennom Brenning fant sted.	44
Bilde 8: Pilen viser stedet hvor det var svikt i fuge 5 i forsøk 10.....	44
Bilde 9: Bomullsdotten etter eksponering	44
Bilde 10: Fuge 5 etter forsøket, gjennom Brenning og røyk kom ut fra venstre side	44
Bilde 11: Fuge 1 fra forsøk 6, fuge 5 datt ned, men kan ses i bakgrunnen.....	45

Figurliste

Figur 2: Vertikalfuge mellom yttervegger.....	4
Figur 1: Vertikal fuge mellom yttervegg og innervegg	4
Figur 3: Fuge i underkant og topp av vegg	4
Figur 4: Snittegning av bærende murkonstruksjon	6
Figur 5: Snittegning av ikke-bærende murkonstruksjon	7
Figur 6: Snittegning av ikke-bærende betongkonstruksjon.....	8
Figur 7: Skjematisk oversikt for CE - merking	10
Figur 8: Lovverkets oppbygning i en illustrativ hierarkisk modell	12
Figur 9: Hovedfokuset i den uavhengige kontrollen	16
Figur 10 - Oppbygning av Eurokode 6	23
Figur 11: Prinsippskisse av testoppsettet	31
Figur 12: Plassering av termoelementer for horisontalfuger sett i plan	32
Figur 13: Plassering av termoelementer for vertikalfuge sett i snitt.....	32
Figur 14: Prinsippskisse som illustrerer hvordan komprimeringsgraden bli utført	33
Figur 15: Sammenligning oppvarmingskurve fra standard og måling fra rombrann i forsøkene.....	35
Figur 16: Termoelementer midt i horisontalfugen	37
Figur 17: Termoelementer på ueksponert side i horisontalfugene.....	39
Figur 18: Termoelementer i vertikalfugen sett i snitt.....	41
Figur 19: Vegg/vegg	53
Figur 20: Vegg/dekke.....	53



Tabeller

Tabell 1: Ytelser gitt i VTEK10 kapittel 11	9
Tabell 2 - Nasjonal og Internasjonale standarder	11
Tabell 3 - Obligatoriske kontrollområder i tiltaksklasse 2 og 3.	16
Tabell 4: Ytelleskrav for brannvegg gitt i VTEK10	18
Tabell 5: Ytelleskrav for seksjoneringsvegg gitt i VTEK10	18
Tabell 6: Ytelleskrav til branncellebegrensende bygningsdeler	18
Tabell 7 - Hvordan man kan dokumenterer utførelsen	22
Tabell 8: Oversikt over aktører som er intervjuet	25
Tabell 9: Produserende bedrifter	26
Tabell 10 - Egenskaper til glass- og steinull	30
Tabell 11: Oversikt for alle utførte forsøk	34
Tabell 12: Oppvarmingskurven sammenliknet med målinger av branntemperaturen i forsøkene	36
Tabell 13: Resultater i senter av horisontalfuger	38
Tabell 14: Resultater ueksponert side horisontalfuger	40
Tabell 15: Resultater vertikalfuger	42
Tabell 16: Tidsoversikt for isolasjon og integritet hendelser	43

Vedlegg A: Fugeriggen

Vedlegg B: Intervju DiBk

Vedlegg C: Intervju produserende

Vedlegg D: Intervju konsulent

Vedlegg E: Spørreundersøkelse utførende

Vedlegg F: Utstysliste forsøk

Vedlegg G: Eksempel på utregning for steinull med komprimeringsgrad

Vedlegg H: Beregningsmodell for forsøk

Vedlegg I: Testing opp mot standarder

Vedlegg J: Grafer for hvert termoelement for hvert forsøk sammenlignet

Vedlegg K: Sikker jobbanalyse (SJA)

Vedlegg L: Beregningsmodell for nødvendig mengde brensel (propan)

Vedlegg M: Et eksempel på tilskjæring av steinull



Definisjoner

AutoCAD	2D – tegne program (Autodesk)
BMB	Brannvernsamarbeidet mur og betong
Branncellebegrensende konstruksjon	Er en avgrenset del av bygningen hvor en brann i løpet av en fastsatt tid ikke skal spre seg til andre deler av bygningen, selv om brannen utvikler seg fritt.
Brannseksjon	Formål å hindre brannspredning mellom seksjoner
Brannvegg	Formål å hindre brannspredning mellom byggverk
Brannenergi	Summen av varmemengde som frigis ved forbrenning av alle faste og mobile brennbare materialer i et område, (MJ/m ²).
BKL	Brannklasser på bygninger, brannklassen bestemmes ut fra hvilken konsekvens en brann i byggverket kan få. Der brannklasse 1 er lavest og 4 er høyest.
Bunnfyllingslist	Vanligvis av polyetylenskum, som legges inn i fuger som skal tettes med fugemasse.
DiBk	Direktoratet for Byggeklighet
Egenskaper: REI240 A2-s1,d0	Ytelseskrav: R: Bærende evne E: Integritet I: Isolasjon 240: Minutter konstruksjonen skal opprettholde ytelseskrav A2: Begrenset brennbart s1: Produktet gir liten røykproduksjon d0: Ikke flammende dråper eller partikler
Eurokode	Eurokoder er en felles europeisk serie standarder for prosjektering av byggverk og dokumentasjon av produkters bæreevne/styrke til konstruksjonsformål.
Fugespalte	Høyden på fugeåpningen
HSB	Høgskolen Stord/Haugesund
Komprimeringsgrad	Begrep for hvor mye et volum blir komprimert. Herav mineralull.
Kryp	Proporsjonal med økende langtidslast. Krypningen viser seg å være fuktighetsavhengig.
NS	Norsk Standard, et dokument som beskriver standarden for viktige deler av et produkt, en tjeneste eller en arbeidsprosess
Oppvarmingskurve SAK10	Gitt etter NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstand: Generelle krav Byggesaks forskrift 2010
Sertifisert løsning:	Sertifisering er å bevise at en løsning tilfredsstiller den gitte problemstilling.
Rigg	Konstruksjon for testing av prøvestykke
Pbl	Plan- og bygningsloven
Preakseptert	Ytelse angitt av myndighet i veiledning til byggtknisk forskrift, og som vil oppfylle, eller bidra til å oppfylle, ett eller flere funksjonskrav i forskriften. Pre aksepterte ytelser angir minimum som er nødvendig for å oppfylle forskriftens krav.
Sandwichelementer	Produserte elementer der konstruksjonen er sammensatt med isolasjon.
SINTEF	Skandinavias uavhengige forskningsorganisasjon
Småskala	Test i mindre skala
Svinn	Skyldes uttørking av materialet. Viktigste faktoren er vanninnholdet i betongen.
TEK10	Byggtknisk forskrift med veiledning 2010



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Termoelement K-type
Tiltaksklasse

BMB

Benyttes mest i område -200 °C og 1100 °C

Basert på vannslighetsgrad og konsekvenser ved feil prosjektering og/eller utførelse. Alle typer bygg blir delt opp i tiltaksklasse 1,2 eller 3.



Sammendrag

Denne oppgaven tar for seg fuger i mur og betongelementer. Ulike typer fuger blir nevnt i bakgrunn, men oppgaven fokuserer hovedsakelig på ikke-kraftoverførende fuger.

Fuger er med på å komplettere bygningsdeler. Det som ligger bak problemstillingen er å se på hva lovverket sier om fuging, hva aktører mener om temaet, hva et småskalaforsøk vil kunne gi av resultater og eventuelt en anbefaling på hvordan fuger i en E160 murkonstruksjon kan bli utført. Småskalaforskningene fokuserer på ikke-bærende murkonstruksjoner.

Dokumentasjonsmengden vil bli vesentlig mindre ved å ha en preakseptert løsning. Slik det er per i dag må fugeløsningene dokumenteres tilstrekkelig. Behovet for dokumentasjon i henhold til produkter er at alle produktene er dokumentert etter retningslinjene til CE-merking. SINTEF har en veiledning på hvordan dokumentasjonen kan utføres tilstrekkelig, dette gjelder for utførende. Uavhengig kontroll vil også være med på å kvalitetssikre dokumentasjonen.

SINTEF Byggforsk kunne helt klart være en nøkkel for videre forskning for utarbeiding av en preakseptert løsning for fuger i mur- og betongkonstruksjoner. VTEK10 refererer enkelte ganger til SINTEF Byggforsk detaljblader på grunn av at dette anses som gode løsninger. I en utarbeidelse av en preakseptert løsning vil dette kunne føre til mindre etterspørsel for sertifiserte løsninger.

Ut fra hva de forskjellige aktørene mener ser det ut som det er uenigheter på temaet. Dette gjelder hvem og hvordan fuging bør utføres, om fuging oppleves som et problem slik det blir utført per i dag og om muligheten for en preakseptert løsning.

Det er blitt utført totalt 10 forsøk hvor det er foretatt ulike fugeløsninger med variasjon i spalter, bruk av ulike materialer og forskjellige komprimeringsgrader på de materialer hvor dette var mulig. Forsøkene hadde 90 minutters varighet som et utgangspunkt.

Brannen for småskalaforsøket hadde, i flere av forsøkene, en høyere temperaturvekst enn oppvarmingskurven. Dette ble holdt innenfor tidsintervallet fra start inntil 60 minutter. Ved 90 minutter var oppvarmingskurven 38 °C høyere enn høyest registrert branntemperatur i riggen. Alle tester ble utført konservativt, dette med tanke på at ingen av fugene ble murt eller støpt inn med mørtel.

Ut fra forsøkene ble det oppdaget at bruk av vanlig byggskum, uten tildekning, ikke var holdbart til bruk som fugeløsning i en bygningsdel med brannkrav. Forsøk med steinull med 10 prosent komprimeringsgrad gav heller ikke gode resultater, dette var på grunn av at fugen var vanskelig å utføre korrekt.

En mulig anbefalt fugeløsning for en bygningsdel med ytelseskrav E160 vil være å benytte steinull som fugemateriell og utføre dette med en komprimeringsgrad på minst 20 prosent. Dette gjelder for horisontalfuger med spaltehøyde fra 15 mm til 50 mm og vertikalfuge med spalte på 20 mm.



Innledning

Fuger ses på som tetting mellom bygningsdeler. Det er viktig at fugene er korrekt utført og dokumentert slik at den bygningsdelen den er en del av vil holde sitt ytelsesnivå gitt i henhold til funksjonskrav beskrevet i byggteknisk forskrift (TEK10).

Det er for tiden ingen spesifisert preakseptert løsning for hvordan fuger skal prosjekteres eller utføres. I dag er det både murere og bedrifter med spesialkompetanse (sertifiserte) som utfører dette. Flere aktører har sine interesser om at deres produkt og løsninger skal bli benyttet, mens noen mener at det burde være en preakseptert løsning som et alternativ til dette.

Oppgavens innhold og problemstilling går ut på hva som står beskrevet i lovverk, forskrifter og veiledninger angående fuger og hva aktører mener og deres orientering rundt dette temaet. Det skal utføres flere småskalaforsøk hvor det blir testet forskjellige produkter som benyttes til tetting. Blant disse forsøkene er det testet en sertifisert løsning (GPG brannmasse) og en tidligere sertifisert løsning (Conlit brannremse). Det blir også tatt med «worst case» scenarioer for å se på hvor dårlig en fugeløsning kan være og ut ifra dette skal det, hvis mulig, utarbeides en eventuell anbefaling for hvordan en fugeløsning for en EI60 bygningsdel kan bli utført.

Hensikten med oppgaven er for å se på eventuelle hull i lovverket, om aktørene snakker samme språk eller om det er stor uenighet og om det faktisk vil være mulig å gå god for en preakseptert løsning for utførelse av fuger.

Begrensninger

Oppgaven begrenser seg til fuger i mur- og betongkonstruksjoner. Det er tatt med en bakgrunn for å identifisere ulike typer av fuger. Fugene som det er fokusert på i oppgaven er ikke lastoverførende fuger (fuger som er mellom vegg og etasjeskiller).

Det er ikke tatt med fuger for tekniske installasjoner eller gjennomføringer, men for skille mellom bygningsdeler.

Regelverket er begrenset til det som har med tetting og fuger å gjøre. Dette går ut på dokumentasjon av løsninger, produktdokumentasjon og krav til ytelser til bygningsdeler hvor fuger må inneha samme ytelser som resten av bygningsdelen samt egenskapene til materialer og produkter.

Aktører som er inkludert i oppgaven er begrenset på grunn av liten respons, men det er likevel noe dekkende for de aktører som er involvert. For de produserende aktørene er det begrenset til de større på markedet, typisk Glava og Rockwool.

Eurokoden for betongkonstruksjoner har en rekke med ytelseskrav og tilstrekkelig dokumentasjon, men ble ikke tatt i betraktning da det først var klarhet over den sent i prosessen. Det ble fokusert på Eurokode 6.

Det ble kun utført småskalaforsøk. Dette var på grunn av effektivitet, tid tilgjengelig og koordinering. Valg av forsøkene som er utført begrenser seg til konservative løsninger som ikke er tildekket, støpt eller murt inn med mørtel eller annen fugemasse. Fugene i forsøkene er ikke-kraftoverførende fuger. Noen fugematerialeer har, på grunn av kompleksitet, ikke blitt testet vertikalt. Oppbygning, utstyr, materiell samt konstruksjon ble ikke utført i henhold til standarder for testing, men noen av kriteriene er oppfylt samt at det ble benyttet samme metoder for ytelseskriteriene (se vedlegg I).



Metoder

I denne rapporten er det innhentet relevant regelverk, forskrifter, veiledninger og standarder som er gjeldende per i dag. Aktører som er bestemmende, produserende, utførende samt konsulentbransjen er presentert. Det er blitt foretatt en spørreundersøkelse blant utførende aktører imens det er foretatt mer kvalitative intervjuer med produsenter, bestemmende og konsulenten.

Det er blitt utført småskalaforsøk for å se på om det er mulig å anbefale en minimumsløsning til hvordan fuger i en EI60 bygningsdel kan bli utført. Det ble bygd opp en småskalarigg ut fra en prinsippskisse hvor det skulle være mulig å teste fire horisontale fuger og en vertikalfuge samtidig. Konstruksjonen til riggen skulle forestille et reelt scenario med en stor brannpåkjenning i rommet. Riggen ble bygd opp i Leca universalblokker, disse blir ofte brukt på byggeplass. Forsøkskriterier gikk ut på å registrere og observere isolasjonsevnen og integriteten til fugene. Det ble gjort målinger med termoelementer like plasseringene i fugene for alle forsøkene samt fysiske observasjoner og testing tett opp mot standarder.

I kapitlet om lovverk er det mange sitater tatt ut direkte fra lovverk. Dette anses å være viktig å ha med i rapporten for å gjengi det som er relevant på en korrekt måte i henhold til hvordan det er fremstilt i lovverket.

I rapporten er det benyttet AutoCAD og Microsoft Office 2013.

Forsøkene ble dokumentert med video (ikke forsøk 1 og 2) og fotografier.

Del 1

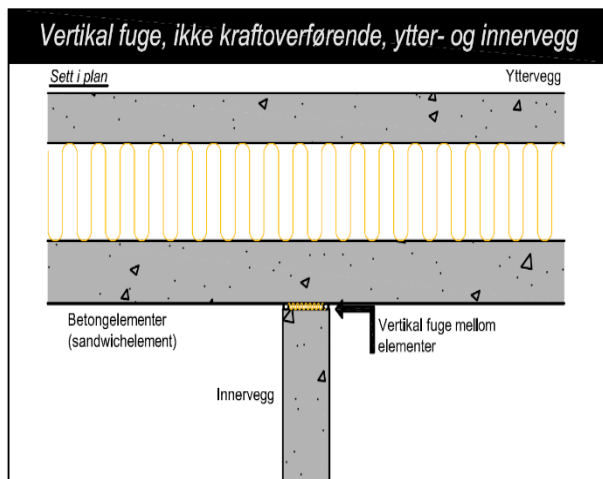
1.0 Bakgrunn

I dette kapitlet blir det introdusert litt om forskjellige typer fuger, fugens viktighet samt en oversikt over ulike mur- og betongkonstruksjoner hvor fuger blir utført.

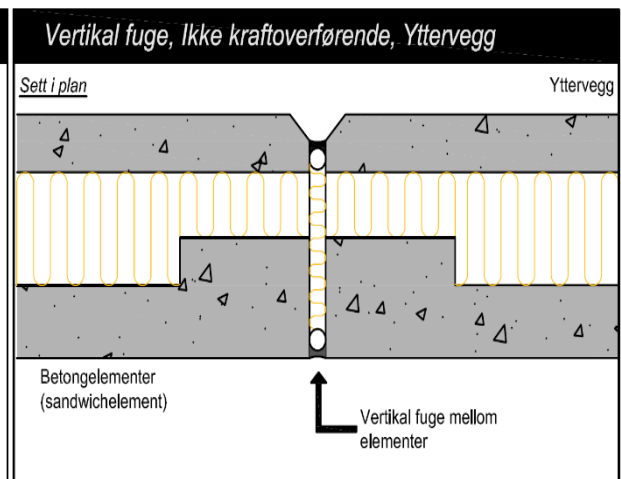
1.1 Fuger

Fuger av mørtel i en typisk murkonstruksjon av lettklinkerblokker fungerer som et bindeledd mellom blokkene. Fuger kan deles inn i kraftoverførende fuger, og ikke-kraftoverførende fuger. Ved konstruksjoner der fuger ikke er kraftoverførende benyttes det ulike materialer, typisk elastisk fugemateriell, bunnfyllingslist og isolasjon.

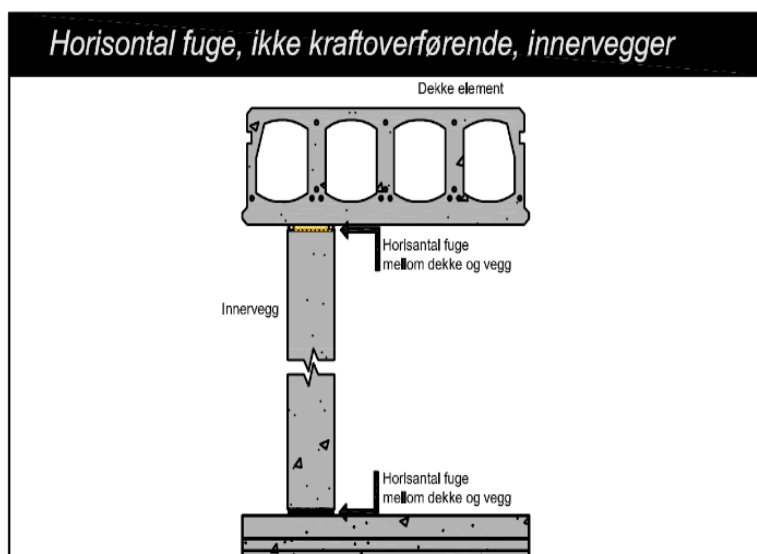
Det finnes flere varianter av fuger. Disse finnes under vegger (figur 3), vertikalt mellom veggelementer samt fuger der skillevegg støter mot en annen vegg (figur 1 og 2) og fuger mellom mur-, betong- og lettvegg.



Figur 2: Vertikal fuge mellom yttervegg og innervegg



Figur 1: Vertikalfuge mellom yttervegger



Figur 3: Fuge i underkant og topp av vegg

1.2 Viktigheten av fuger

Visdomsord sier at et kjede ikke er sterkere enn sitt svakeste ledd.

Fuger er ikke den delen av konstruksjonen som fremtrer tydeligst ved første øyekast, men har en stor funksjon. Dette vil være å tette mellom branncellebegrensende vegg og etasjeskiller hvor den er med å fungere som en passiv brannsikring.

Som nevnt utgjør ikke fuger den største synlige delen i en konstruksjon, men fuger er likevel en del av en sammensatt bygningsdel. Fuger er viktig, ikke bare estetisk, men også at den er motstandsdyktig og solid mot påkjenninger som brann, last og klima over lenger tid.

Fuger kan være veldig avgjørende ved et brannforløp der fugen skal holde ytelseskravet for bygningsdelen den er en del av.

Brannen ved Sveio omsorgssenter fant sted den 9.juni 2007 [1]. To pasienter omkom. Det kommer frem i rapporten at det var dårlig utførte fuger og at dette førte til fare for personer og skade på materiell.



Bilde 1: «Gjennombranding mellom karm og vegg ved dør til tidligere hobbyrom», DSB

«I et rom som var ombygget fra hobbyrom til pasientrom, var det gjennombranding av dørblad og i dyttefuge mellom dørkarm og vegg. Det var dessuten spor etter sterk røykgjennomtrengning og begynnende gjennombranding på ett punkt i tilslutningen mellom vegg/tak. En kvinne som ble reddet ut av dette rommet døde senere på sykehuset.» [1]

[1]

«Dyttingen av fuge mellom karm og vegg på dør til pasientrom nr. 7 var imidlertid ikke god nok til å hindre røykinnntrengning og senere gjennombranding. Dette var et tidligere hobbyrom som var bygget om til pasientrom.» [1]



Bilde 2: "Utilfredsstillende tetting mellom vegg og himling mellom korridor og tidligere hobbyrom", DSB

«Tilslutningen mellom vegg og himling har vært utilfredsstillende tett. Dette har bidratt til sterk røykspredning fra korridoren til pasientrommet ...», [1]

[1]

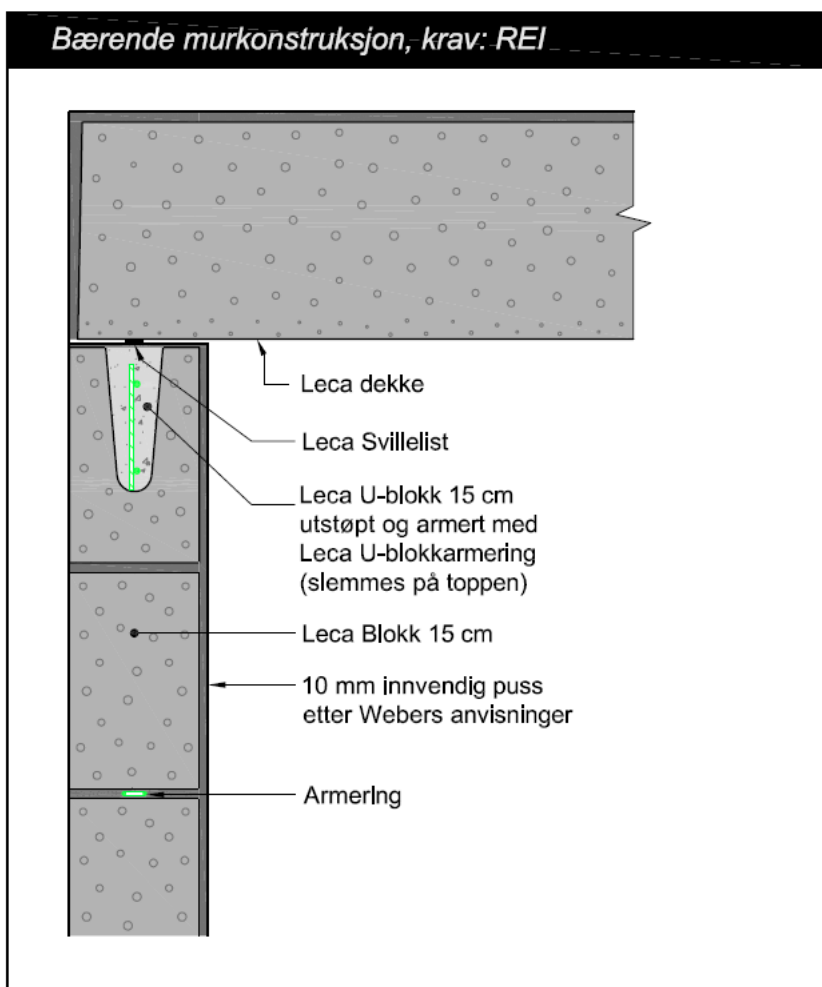
1.3 Murkonstruksjoner og betongelementer

Hovedprinsippet i murverk er at mange mindre elementer blir montert sammen til en større bygningsdel. Bindeleddet (fuger) mellom disse elementene er som oftest utført med mørtel. Videre deles disse type konstruksjoner opp i bærende og ikke-bærende bygningsdeler. Normalt vil det være mureren og elementmontøren som utfører et slikt arbeid på byggeplassen. Murkonstruksjoner vil ta lengre tid å bygge opp på grunn av flere mindre komponenter og herding av mørtelen.

Figur 4, 5 og 6 er prinsippskisser med forklaring av konstruksjonene. Noen av prinsippene er hentet fra Weber sin proff håndbok. [2]

1.3.1 Bærende murkonstruksjon

Figur 4 viser et eksempel av en bærende murkonstruksjon.



Figur 4: Snittegning av bærende murkonstruksjon

Denne konstruksjonen generelt:

Eurokode 6 er den standarden som blir brukt ved utførende murarbeider.

Kraftoverførende fuger, vil ha brannkrav som tilfredsstillere REI.

Utføres normalt med fortanning (for å gjøre skjøtene i stand til oppta skjærkrefter) og fugearmering i hvert andre skift.

Konstruksjonen skal normalt slemmes og pusses etter enkelte monteringsanvisninger. Dette gjøres for å tette porene i konstruksjonen, (for å gjøre konstruksjonen tettere).

Positive sider ved fugeutførelse:

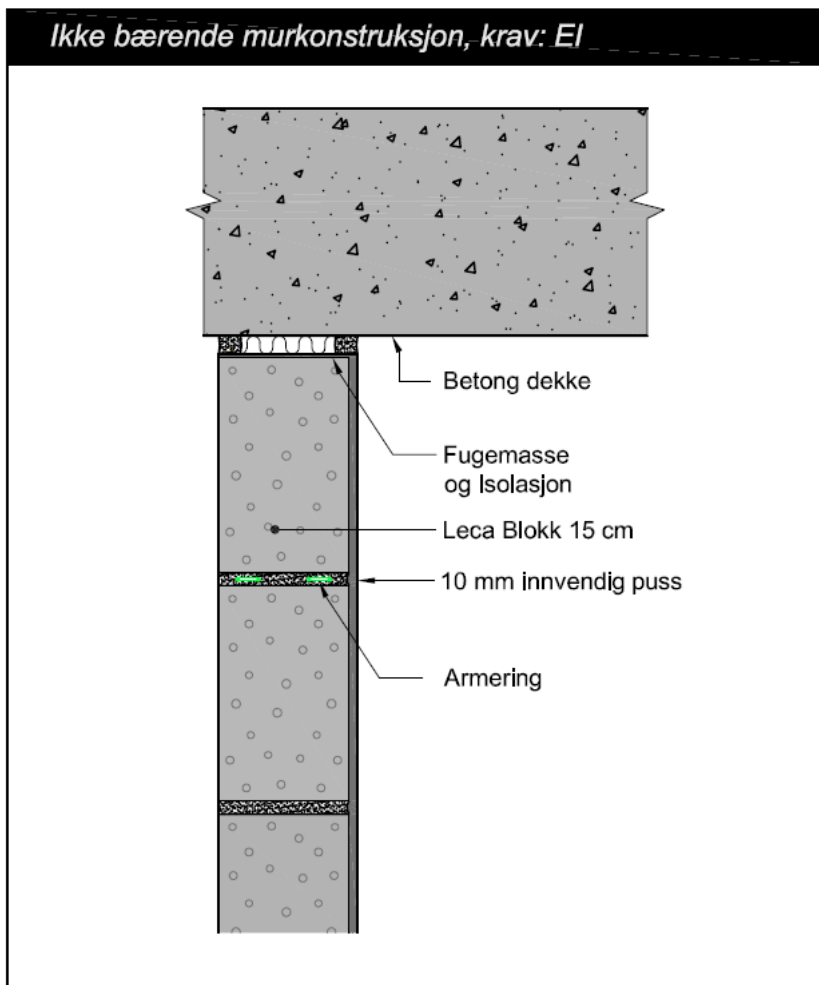
Som regel en veldig smal fugespalte. Normalt vil en svillelist være med på å tette, slik at gasser ikke skal trenge igjennom.

Negative sider ved fugeutførelse:

Hvis ujevnheter i en smal fugespalte, vil det være vanskelig å utføre fuger.

1.3.2 Ikke bærende murkonstruksjon

Figur 5 viser et eksempel av en ikke-bærende murkonstruksjon.



Denne konstruksjonen generelt:

Eurokode 6 er den standarden som blir brukt ved utførende murarbeider.

Ikke-kraftoverførende fuger vil ha brannkrav som tilfredsstiller EI.

Utføres normalt med fugearmering hvert andre skift.

Konstruksjonen skal normalt slemmes og pusses etter enkelte monteringsanvisninger. Dette gjøres for å tette porene i konstruksjonen, (for å gjøre konstruksjonen tettere).

Figur 5: Snittegning av ikke-bærende murkonstruksjon

Positive sider ved fugeutførelse:

Muligheter for mer nøyaktighet ved større fugespalte.

Negative sider ved fugeutførelse:

Større behov for nøyaktig utførelse av fuge, når fugespalten blir stor.

Slurv av fugeutførelse og ujevne overflater kan gi en dårlig løsning.

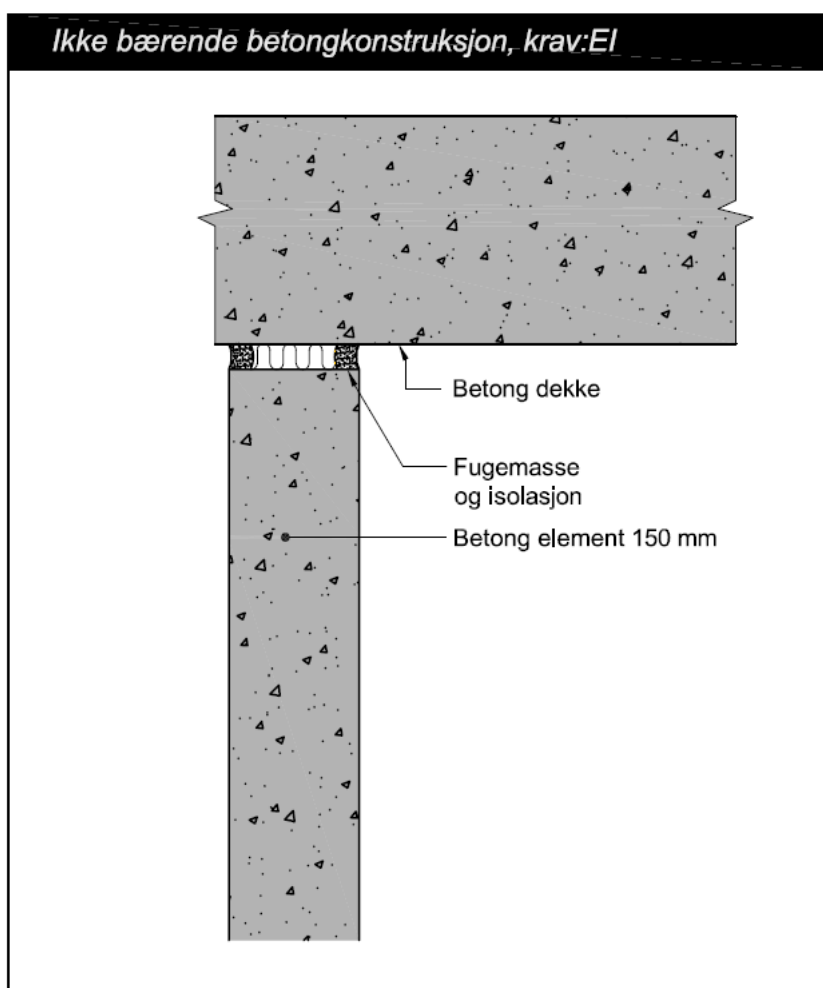
Ved nedbøying av etasjeskille, uten at fugene har noe elastiske egenskaper, kan fugen deformeres.

1.3.3 Betongelementer

Markedet for elementbyggeri har økt den siste tiden. Fokus på effektivitet og kampen mot klokken er av interesse for alle parter i et byggeprosjekt. Denne type konstruksjon har en kort byggetid. Under er noen fakta opplysninger fra Betongelementboken [3]:

- «Betongelementene monteres vanligvis med mobilkraner (opptil 90 tonns løftekapasitet)
- Monterings kapasitet på 50 – 100 tonn elementer per dag
- Montering av betong dekker er mellom 4-500 m² per dag
- Monteringen blir billigere når elementstørrelsen øker» [3]

Tetting og komplettering vil også være en viktig del av denne type konstruksjoner. Elementene er som et byggesett og er prosjektert slik at justeringer kan utføres på byggeplassen ved behov.



Generell konstruksjon:

Bærende og ikke bærende betongelementer blir benyttet slik at fugene i disse konstruksjonene vil både ha brannkrav REI og EI.

Som regel har elementene glatte og tette overflater slik at behovet for puss og slemming ikke vil være nødvendig.

Figuren viser en ikke bærende betongvegg (EI krav til fugen). Betongmaterialet blir utsatt for svinn og kryp.

Eurokoden for betongkonstruksjoner er ikke tatt hensyn til (se begrensninger).

Figur 6: Snittegning av ikke-bærende betongkonstruksjon

Positive sider ved fugeutførelse:

Minimale ujevnheter i fugeoverflatene.
Minimale ujevnheter på høyden av fugespalten.

Negative sider ved fugeutførelsen:

Stort behov for effektivisering for monteringen av elementer, derfor kan tid til fuger bli minimalisert. PUR skum på flaske har blitt brukt i slike situasjoner. Ved volumforandringer uten at fugen har elastiske egenskaper, kan deformasjoner oppstå.

1.4 Preaksepterte og sertifiserte løsninger

I dette kapitlet blir hovedforskjellene på preaksepterte ytelser og løsninger samt sertifiserte løsninger gjennomgått og definert.

1.4.1 Preaksepterte ytelser

Det er beskrevet preaksepterte ytelser i veiledningen til teknisk forskrift (VTEK10). De ytelser som er beskrevet i veiledningen er mulig å fravike så lenge det blir dokumentert at funksjonskravet i TEK10 er oppfylt. Disse ytelsene finnes innen område som bæreevne til konstruksjoner, brannmotstand til bygningsdeler og overflater, og utforming til rømningsveier. [4]

Eksempler på ytelseskrav generelt i veiledningen er listet opp i tabell 1. Ytelsene i tabellen er hentet ut fra hva som gjelder bygg i brannklasse 3.

Tabell 1: Ytelser gitt i VTEK10 kapittel 11

Eksempler:	Underkategori	Ytelser	Regelverk
Bærende bygningsdelers brannmotstand	Bærende hovedsystem Brannklasse: 3	R 90 A2-s1,d0	§ 11-4
Brannmotstand til branncellebegrensende bygningsdeler	Generelt Brannklasse: 3	EI 60 A2-s1,d0	§ 11-8
Ytelser til overflater og kledninger	Overflater i brannceller som er rømningsvei. Vegger og himling Brannklasse: 3	B-s1,d0	§ 11-9
Bredde på rømningsvei	I byggverk risikoklasse 3,5 og 6	Fri bredde på 1,2 meter	§ 11-14

[4]

1.4.2 Preaksepterte løsninger

Ved prosjektering og utførelse av murkonstruksjoner er det et behov for å skille mellom dokumenterte løsninger og ikke-dokumentert løsninger. Der det ikke finnes noen gode standarder på hvordan prosjektering og utførelsen skal utføres slik at sikkerhetsnivået som er beskrevet i plan- og bygningsloven kan oppfylles, vil det være et behov for dokumentasjon av løsninger.

De preaksepterte løsningene har gjennom mange år vært basert på sunn fornuft, erfaring og teknisk utvikling. Denne kunnskapen har gitt de retningslinjene som er beskrevet i veiledningen. Veiledningen gir ytelser for blant annet konstruksjoner og utforminger (bæreevne, brannmotstand bredder på rømningsveier, o.l.).

SINTEF sier at: «**TEK angir minimumskrav myndighetene har fastsatt til brannsikkerhet i bygninger.**» [5]

Videre forklarer SINTEF at: «**Veiledningen til TEK er myndighetenes tolkning av funksjonskravene i TEK. Dersom man følger veiledningen, vil derfor TEK automatisk være oppfylt.**» [5]

En brann er et fenomen som avhenger av mange parametere. Noen av disse parametere kan man estimere seg fram til ved hjelp av sannsynlighet og erfaring. Ved en oppsummering av alle parametere som et resultat av sannsynlighet og erfaring må man uansett se disse i sammenheng i det store bildet og gjøre en risikovurdering totalt sett. Under de forskjellige brannforløpene kan det være vanskelig å dokumentere dette.

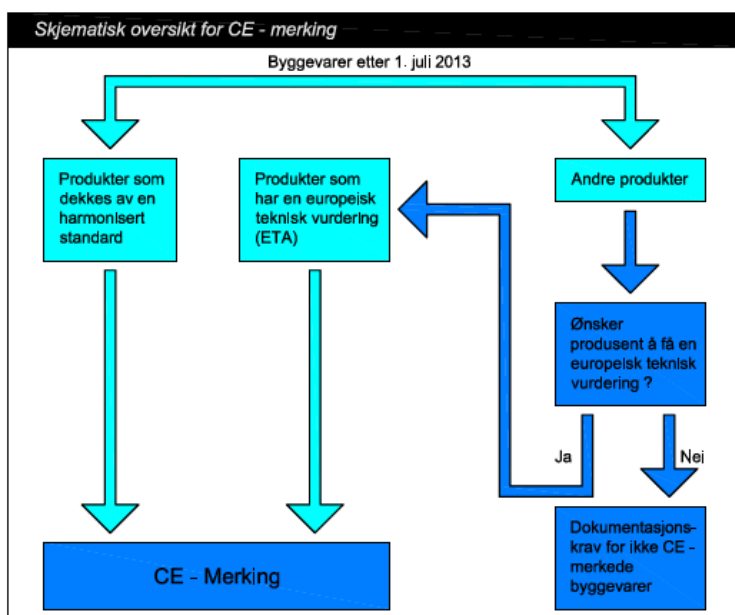
Erfaring viser at enkelte løsninger (preakseptert) har fungert bra i vanlige bygg. Disse ytelsene blir anvendt uten krav for ytterligere dokumentasjon og vil kunne gi en god nok sikkerhet for samfunnet [6].

«Fra tid til annen hører vi også «preakseptert» benyttet på løsninger som åpenbart skulle være gode nok. Om en 200 mm betongvegg er dokumentert å ha den nødvendige brannmotstand, er ikke en 220 mm vegg preakseptert. Men en kvalitativ vurdering av veggene opp mot den dokumenterte kan være tilstrekkelig dokumentasjon.» [6]

1.4.3 Sertifiserte løsninger

Sertifisering er å bevise og dokumentere en påstand eller en løsning. Det er organisasjoner som tester og godkjenner løsninger i henhold til standarder. Europeisk godkjenning vises ut ifra CE-merking hvor det vanligvis blir godkjent ut ifra harmonisert produktstand eller ETA (Europeisk Teknisk Godkjenning). Se kapittel 2.6.1.

Under vises en skjematisk fremstilling av CE-merking:



Figur 7: Skjematisk oversikt for CE - merking

[7]

Der et produkt er dekket av harmonisert produktstandard er det krav til CE-merking. Dokumentasjonen må utarbeides i samsvar med tillegg i Annex ZA i den harmoniserte standarden [7]. Annex ZA angir regler for CE-merking for den aktuelle produkttypen [8].

Dersom et produkt uten harmonisert produktstandard ønsker CE-merking må produktet godkjennes ved ETA. ETA kan utarbeides av et godkjenningsorgan som er utpekt av et lands myndigheter til å være medlem i EOTA (European Organisation for Technical Approvals). I Norge er det bare SINTEF Byggforsk som er medlem, det vil si at SINTEF kan utarbeide CE-merking [8].

Produkter som ikke har CE-merking kan også dokumenteres gjennom norske ordninger for teknisk godkjenning eller produktsertifisering i de tilfellene der det kreves uavhengig kontrollorgan og når disse ordningene følger retningslinjene til CE merking så langt det er mulig. SINTEF Teknisk Godkjenning (STG) er et eksempel på dette. Fordelen med å benytte denne ordningen er at man kan sjekke spesifikke krav som bare er gitt i Norge, noe som ikke kommer frem i CE-merking [8].

Slik som beskrevet i kapittel 2.3 benytter Norge to forskjellige standarder for testing av produkter, NS 3919 Brannteknisk klassifisering av materialer, bygningsdeler og overflater og NS-EN 13501 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler [4].

Slik beskrevet i kapittel 2.3:

«Ved utvidet anvendelse (EXAP) av prøvingsresultatene for klassifisering etter NS-EN 13501 kan historiske data brukes. Dette kan omfatte bruk av resultater fra prøvinger etter norske standarder.» [4]

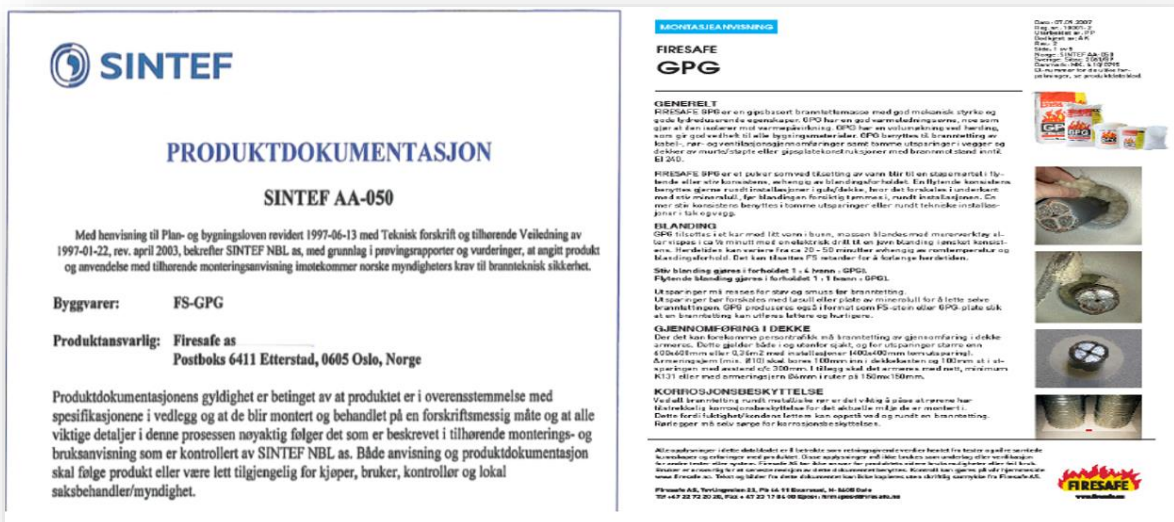
Tabell 2 gir en generell oppsummering om nasjonal og internasjonale standarder.

Tabell 2 - Nasjonal og Internasjonale standarder

Internasjonal godkjenning (Harmonisert produktstandard/ETA + CE)	Nasjonal godkjenning (SINTEF)
Testing etter NS- EN Standard	Testing etter NS – EN Standard (Så langt det er mulig)

Når et produkt blir godkjent som en sertifisert løsning i henhold til de gjeldende standardene vil det være klare begrensninger og retningslinjer for hvordan utførelsen blir gjort. De dokumenterte løsningene er testet og sertifisert for den aktuelle bruken slik at dette vil være den spesifiserte løsningen for den aktuelle type konstruksjon, som for eksempel fuging i en ikke-bærende murkonstruksjon med ytelseskrav EI60.

Et eksempel på en slik løsning er GPG brannmasse fra Firesafe. Dette produktet er også testet og godkjent av SINTEF. Dokumentasjonen som foreligger på dette produktet er produktdokumentasjon fra SINTEF og en monteringsanvisning fra Firesafe, se eksempel bilde 3.



Bilde 3: Eksempel på produktdokumentasjon fra SINTEF og monteringsanvisning fra Firesafe

Når dokumentasjon og korrekt utførelse ligger til grunn i prosjekt- og utførelsesfasen vil det bli en bedre sporbarhet ved en eventuell kontroll, ettersyn og/eller vedlikehold.

Del 2

2.0 Lovverket

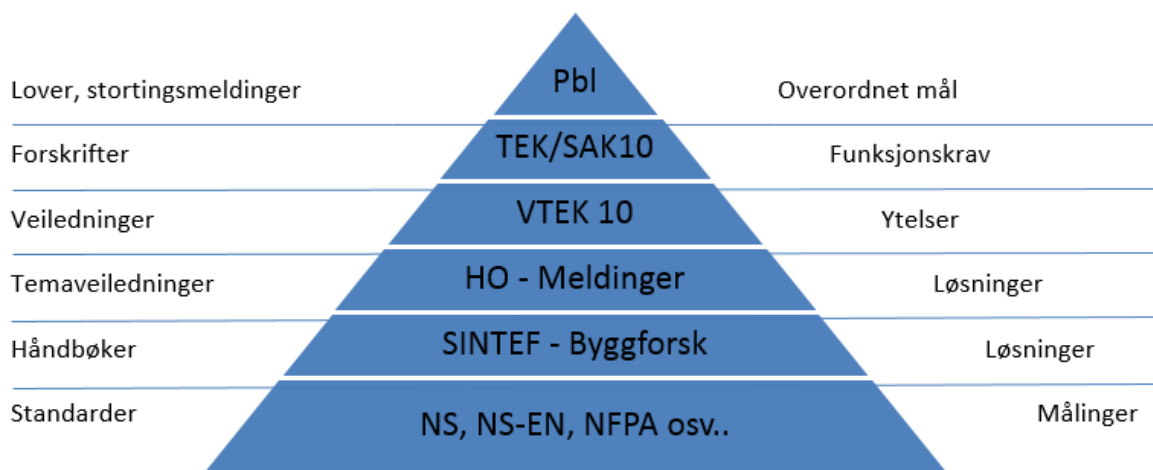
I dette kapitlet orienteres det litt om lovverk og de tilhørende forskrifter samt veiledninger som er relevant for temaet.

Lovverket angir overordnede mål og hensikter som skal oppfylles for at utførelse og løsninger skal være lovlige og godkjente. I tillegg til lovverk og forskrifter er det henvisninger til diverse veiledninger og håndbøker som kan benyttes som retningslinjer for ulike løsninger. I forskrifter blir det ofte henvist til veiledninger og standarder.

Dette kapitlet inneholder for det meste sitater, men dette anses å være meget viktig å ha på grunn av at dette vil være orienterende i henhold til det som angår temaet. Det er kun det viktigste som er tatt med.

2.1 Oppbygning

I figur 8 vises rekkefølgen av lovverk i en hierarkisk modell som introduserer den bestemmende loven med tilhørende forskrifter, veiledninger og standarder.



Figur 8: Lovverkets oppbygning i en illustrativ hierarkisk modell

[9]

2.2 Plan- og bygningsloven

Plan- og bygningsloven (Pbl) er den overordnede lov fra staten når det gjelder arealforvaltning og byggevirkksomhet. Loven angir overordnede allmenne mål og bestemmelser. Ut ifra denne loven er det tilhørende forskrifter som underbygger for de bestemmelsene som er beskrevet i Plan- og bygningsloven [10].

Plan- og bygningsloven er underlagt Kommunal- og moderniseringsdepartementet [11].



2.3 TEK 10

Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK10) er en forskrift tilhørende Plan- og bygningsloven. TEK10 angir byggetekniske funksjonskrav og egenskaper som et bygg må ha for å oppføres lovlig i Norge.

Følgende er sitert og hentet ut fra TEK10 som er relevant i henhold til temaet i oppgaven.

Kapittel 2. Dokumentasjon av oppfyllelse av krav:

«§ 2-1. Verifikasjon av funksjonskrav

(1) Der ytelser er gitt i forskriften, skal disse oppfylles.

(2) Der ytelser ikke er gitt i forskriften, skal oppfyllelse av forskriftens funksjonskrav verifiseres enten

- a. ved at byggverk prosjekteres i samsvar med preaksepterte ytelser, eller*
- b. ved at byggverk prosjekteres i samsvar med ytelser verifisert ved analyse som viser at forskriftens funksjonskrav er oppfylt.*

(4) Verifikasjon av funksjonskrav skal være skriftlig.» [4]

«§ 2-2. Verifikasjon av ytelser

(1) Oppfyllelse av ytelser kan verifiseres ved bruk av metoder i samsvar med Norsk Standard eller likeverdig standard.»

(2) Verifikasjon av ytelser skal være skriftlig.» [4]

«§ 2-3. Dokumentasjon av løsninger

Prosjekterende skal utarbeide tilstrekkelig dokumentasjon som bekrefter at løsninger som er valgt oppfyller forskriftens krav.» [4]

Kapittel 3. Dokumentasjon av produkter.

«§ 3-1. Generelle krav om produkter til byggverk

(1) Regler for produktdokumentasjon følger av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk.

(3) Før produkter bygges inn i byggverk må det være dokumentert at produktene har de egenskapene som er nødvendige for at det ferdige byggverket tilfredsstiller kravene som følger av forskriften.» [4]

**Kapittel 11: Sikkerhet ved brann.****«Innledning:**

Brannteknisk prosjektering

Krav til verifikasjon og dokumentasjon framgår av forskriftens kapittel 2 Dokumentasjon av oppfyllelse av krav.

Ytelser som er gitt i forskriften skal oppfylles, jf. § 2-1. Der ytelser ikke er gitt i forskriften skal oppfyllelse av forskriftens funksjonskrav verifiseres enten

- 1. ved at byggverket prosjekteres i samsvar med preaksepterte ytelser (forenklet prosjektering), eller*
- 2. ved analyse som viser at forskriftens krav er oppfylt (analytisk prosjektering)*

I Norge har vi anvendt NS 3919 Brannteknisk klassifisering av materialer, bygningsdeler, kledninger og overflater i mange år. Fra 2002 og frem til i dag har vi suksessivt fått de fem delene som utgjør den nye klassifiseringsstandarden NS-EN 13501 Brannklassifisering av byggevarer og bygningsdeler.

e) Ved utvidet anvendelse (EXAP) av prøvingsresultatene for klassifisering etter NS-EN 13501 kan historiske data brukes. Dette kan omfatte bruk av resultater fra prøvinger etter norske standarder.

f) Inntil EXAP-standardene foreligger, vil et utvidet bruk av prøveresultatene fra gamle og nye prøvinger kunne gi en kvalifisert part grunnlag for å klassifisere med bruk av nasjonale klasser.» [4]

«§ 11-1. Sikkerhet ved brann

(1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet ved brann for personer som oppholder seg i eller på byggverket, for materielle verdier og for miljø- og samfunnsmessige forhold.»

[4]

«§ 11-6. Tiltak mot brannspredning mellom byggverk

(1) Brannspredning mellom byggverk skal forebygges slik at sikkerheten for personer og husdyr ivaretas, og slik at brann ikke kan føre til urimelige store økonomiske tap eller samfunnsmessige konsekvenser.

(2) Mellom lave byggverk skal det være minimum 8,0 m innbyrdes avstand, med mindre det er truffet tiltak for å hindre spredning av brann mellom byggverkene i løpet av den tid som kreves for rømning og redning i det andre byggverket. Bestemmelsen kommer ikke til anvendelse for lave byggverk som samlet utgjør én bruksenhet.

(3) Når lave byggverk oppføres med mindre avstand enn 8,0 m, skal byggverkernes samlede bruttoareal begrenses slik at en brann ikke gir urimelig store økonomiske tap, med mindre det er iverksatt andre tiltak som forebygger slike tap.

(4) Høye byggverk skal ha minimum 8,0 m avstand til annet byggverk, med mindre byggverket er utført slik at spredning av brann hindres gjennom et fullstendig brannforløp.

(5) Byggverk som, enten i seg selv eller ved virksomhet som er i dem, medfører særlig stor sannsynlighet for spredning av brann, skal prosjekteres, utføres og sikres eller plasseres slik at den særlig store sannsynligheten for brannspredning til annet byggverk reduseres til akseptabelt nivå.» [4]

«§ 11-7. Brannseksjoner

(1) Byggverk skal deles opp i brannseksjoner slik at brann innen en brannseksjon ikke gir urimelig store økonomiske eller materielle tap. En brann skal, med påregnelig slukkeinnsats, kunne begrenses til den brannseksjonen der den startet.

(2) I brannseksjon med ulike brannklasser skal egenskaper til brannskiller mellom ulike brannklasser bestemmes av den høyeste brannklassen. Underliggende etasje skal ha brannklasse minst som overliggende etasje.» [4]



«§ 11-8. Brannceller

(2) Brannceller skal være slik utført at de forhindrer spredning av brann og branngasser til andre brannceller i den tid som er nødvendig for rømning og redning.» [4]

«§ 11-9. Materialer og produkters egenskaper ved brann

(1) Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at sannsynligheten for at brann skal oppstå, utvikle og spre seg er liten. Det skal tas hensyn til byggverkets bruk og nødvendig tid for rømning og redning.

(2) Materialer og produkter skal ha egenskaper som ikke gir uakseptable bidrag til brannutviklingen. Det skal legges vekt på mulighet for antennelse, hastigheten av varmeavgivelse, røykproduksjon, utvikling av brennende dråper og tid til overtenning.» [4]

2.4 SAK10

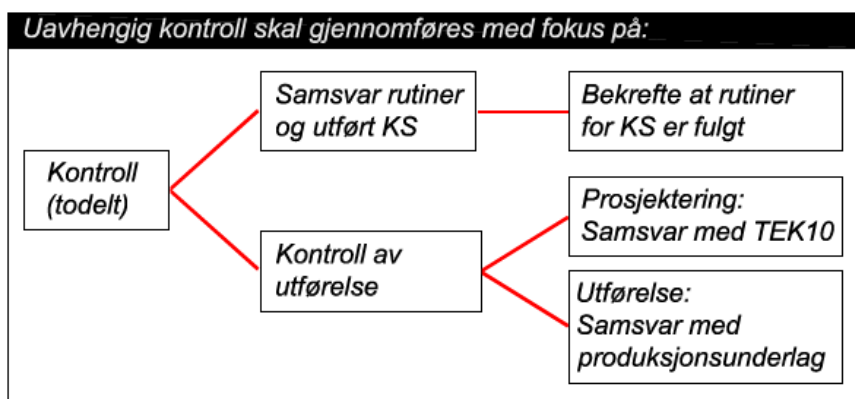
Byggeprosjekter som blir klassifisert i tiltaksklasse 2 og 3 har en større dokumentasjonskontroll, både for den utførende aktøren og den uavhengige kontrolløren. Uavhengig kontroll ble et krav fra 01.01.2013. Det er krav om kontroll både i prosjekterings- og utførelsesfasen.

Tabell 3 er hentet i temaveiledningen fra DiBk [12]. Tabellen viser noen av de forskjellige kontrollområdene som er obligatoriske for uavhengig kontroll.

Tabell 3 - Obligatoriske kontrollområder i tiltaksklasse 2 og 3.

Kontrollområde	For prosjektering skal kontrollen omfatte	For utførelse skal kontrollen omfatte
Konstruksjonssikkerhet i tiltaksklasse 2 og 3	<ul style="list-style-type: none"> Hovedbæresystemet (lastantakelser, stabilitet og materialegenskaper) Dok av KS 	<ul style="list-style-type: none"> Hovedbæresystemet Materialegenskaper Dok av KS
Brannsikkerhet i tiltaksklasse 2 og 3	<ul style="list-style-type: none"> Brannsikkerhetsstrategi/konsept Dok av KS 	

Når den uavhengige kontrollen blir utført, både ved prosjektering- og utførelsesfasen, skal kontrollen gjennomføres med fokus i henhold til figur 9.



Figur 9: Hovedfokuset i den uavhengige kontrollen

Produksjonsunderlag er arbeidstegninger, beskrivelsestekster, spesifikasjoner og annet materiale som skal ligge til grunn for utførelsen.

Kontrollområde: **Konstruksjonssikkerhet**

«SAK10 § 14-7 Gjennomføring av uavhengig kontroll i tiltaksklasse 2 og 3

I kontroll av prosjektering skal det kontrolleres:

bokstav b) at utarbeidet konsept gir tilstrekkelig grunnlag for detaljprosjektering.

bokstav c) at detaljprosjekteringen er tilstrekkelig som produksjonsunderlag for utførelsen.

I kontroll av utførelse skal det kontrolleres:

bokstav b) at produksjonsunderlaget er tilgjengelig på byggeplassen og at tiltaket blir utført i henhold til produksjonsunderlaget.

bokstav c) at nødvendig produktdokumentasjon er tilgjengelig, og at produktene brukes i samsvar med forutsetningene.» [12]



«Merk at bokstav b) om konsept er mest aktuell for brannsikkerhet. De øvrige bestemmelsene er aktuelle for alle de øvrige kontrollområdene:

- Bygningsfysikk
- Konstruksjonssikkerhet» [12]

Kontrollområdet: **Brannsikkerhet**

«Er valg av prosjekteringsmodell beskrevet (pre aksepterte ytelser eller analyse)? Ved bruk av pre aksepterte ytelser: Er det bekreftet at veiledningen til TEK er fulgt?» [12]

«Er det gitt en oversiktlig beskrivelse av hoved utformingen av bygning og installasjoner med tilhørende ytelser og er spesifiserte ytelser tilstrekkelig for detaljprosjektering? Dette omfatter normalt følgende hovedpunkter (ref. TEK10 kap. 11): Krav til materialbruk i overflater, kledning og isolasjon.» [12]

2.5 VTEK10

Veiledning til TEK10 (VTEK10) angir preaksepterte ytelser (minimumskrav) som vil oppfylle funksjonskravene gitt av TEK10. Summen av alle preaksepterte ytelser definerer sikkerhetsnivået i norske bygg som er satt av regjeringen. I dette kapittelet er det kun ytelseskrav til dokumentasjon av løsninger, ytelseskrav til brannvegger, seksjoneringsvegger, branncellebegrensende bygningsdeler og materialer og produkters egenskaper ved brann som blir opplyst.

Følgende ytelseskrav i VTEK10 er relevant i henhold til fuger:

«VTEK10 2.3: Dokumentasjon av løsninger

Når ytelsesnivåene er bestemt, må disse omsettes til tekniske løsninger. Vanligvis vil det være flere alternative løsninger som oppfyller kravet til ytelsesnivå. Egnede verktøy for å omsette ytelser til tekniske løsninger kan være beregnings- og målestandarder, prosjekteringshåndbøker, SINTEF Byggforsks byggdetaljblader mv.

Byggforskserien, byggenæringens kvalitetsnorm, angir dokumenterte løsninger som kan benyttes for å tilfredsstille kravene i byggteknisk forskrift til plan- og bygningsloven. Direktoratet for byggkvalitet anbefaler bruk av Byggforskserien som dokumentasjon i byggesaken, som underlag for kontrollplaner og sjekklister, og til generell kompetanseutvikling. Seriens om lag 700 anvisninger gir dokumenterte løsninger og anbefalinger for prosjektering, utførelse og forvaltning av bygninger.

I henhold til plan- og bygningsloven skal de ansvarlig prosjekterende foretak utarbeide nødvendig dokumentasjon i tiltaket for å sikre at krav gitt i eller i medhold av plan- og bygningsloven blir ivaretatt i det ferdige byggverket. Avhengig av organisasjonsform kan dokumentasjon utarbeides av ett eller flere foretak. Oversikt over dokumentasjon som kan være nødvendig for å oppfylle forskriftens krav:

Oversikt over dokumentasjon som kan være nødvendig for å oppfylle forskriftens krav:

C Sikkerhet

c1) Vurdering av sikkerhet mot naturpåkjenninger

c2) Konstruksjonssikkerhet - dim. norm, klimaklasse, pålitelighetsklasse, laster

c3) Brannkonsept (oftest ved større tiltak)» [4]

**«VTEK10 11.6: Tiltak mot brannspredning mellom byggverk**

Første ledd:

Ytelseskrav for brannvegg:

§ 11-6 Tabell 1: Brannveggenes brannmotstand avhengig av spesifikk brannenergi.

Tabell 4: Ytelseskrav for brannvegg gitt i VTEK10

Spesifikk brannenergi MJ/m ²	Brannveggenes nødvendige brannmotstand
Inntil 400	REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]
400-600	REI 180-M A2-s1,d0 [A 180]
600-800	REI 240-M A2-s1,d0 [A 240]»

[4]

«VTEK10 11.7: Brannseksjoner

Første ledd

Preaksepterte ytelser – seksjoneringsvegg

§ 11-7 Tabell 2: Brannmotstand for seksjoneringsvegg.

Tabell 5: Ytelseskrav for seksjoneringsvegg gitt i VTEK10

Byggverkets brannklasse	Seksjoneringsveggenes brannmotstand avhengig av spesifikk brannenergi MJ/m ²		
	Under 400	400-600	600-800
Brannklasse 1	REI 90-M A2-s1,d0 [A 90]	REI 120-M A2-s1,d0 [A120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A 180]
Brannklasse 2 og 3	REI 120-M A2-s1,d0 [A 120]	REI 180-M A2-s1,d0 [A180]	REI 240-M A2-s1,d0 [A 240]

Annet ledd

Preaksepterte ytelser for brannskillende bygningsdeler framgår av § 11-8 annet ledd.» [4]

«VTEK10 11.8: Brannceller

Annet ledd

Preaksepterte ytelser – branncellebegrensende vegg og etasjeskiller

Følgende ytelser må minst være oppfylt:

1. Branncellebegrensende vegg og etasjeskiller må ha brannmotstand i samsvar med tabell 1.

§ 11-8 Tabell 1: Brannmotstand til branncellebegrensende bygningsdeler.

Tabell 6: Ytelseskrav til branncellebegrensende bygningsdeler

Bygningsdel	Brannklasse		
	1	2	3
Branncellebegrensende bygningsdel - generelt	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0 [A 60]
Bygningsdel som omslutter trapperom, heissjakt og installasjonssjakter over	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2-s1,d0



flere plan			[A 60]
Heismaskinrom	EI 60 [B 60]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]
Fyrrrom for sentralvarmeanlegg eller varmluftsaggregat for fast brensel	EI 60 [B 60]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]
Fyrrrom for sentralvarmeanlegg eller varmluftsaggregat for flytende og gassformig brensel Avhengig av innfyrt effekt, P, som følger:			
P < 50 kW- kun ytelse for kledning/overflate	K ₂ 10 A2- s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2- s1,d0 [K1-A]	K ₂ 10 A2- s1,d0 [K1-A]
50 kW ≤ P ≤ 100 kW	EI 30 [B 30]	EI 60 [B 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]
P > 100 kW	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]	EI 60 A2- s1,d0 [A 60]»

[4]

«VTEK10 11.9: Materialer og produkters egenskaper

Preaksepterte ytelser – isolasjon i konstruksjoner

Isolasjon i konstruksjoner må ikke bidra til uakseptabel utvikling og spredning av brann og røyk i byggverk. Bruk av ubrennbar isolasjon som fyller konstruksjonen helt vil gi den brannteknisk sikreste og mest robuste utførelsen.

Brennbar isolasjon kan utvikle store mengder røyk som utgjør en trussel for personsikkerheten i byggverk. Brennbar isolasjon kan også bidra til uakseptabel brannspredning. Isolasjon som ikke tilfredsstillende klasse A2-s1,d0 [ubrennbar/begrenset brennbar] kan derfor bare benyttes dersom bygningsdelen oppfyller den forutsatte branntekniske funksjon og isolasjonen anvendes slik at den ikke bidrar til brannspredning. Dette kan for eksempel gjøres ved at alle deler eller flater av isolasjonen tildekkes, mures eller støpes inn. Isolasjonen må dessuten brytes ved branncellebegrensende konstruksjoner, slik at brannspredning inne i konstruksjonene hindres og den branncellebegrensende funksjonen opprettholdes. Dette gjelder alle bygningsdeler inklusive fasader, med mindre utformingen av fasaden i seg selv hindrer brannspredning mellom ulike brannceller.» [4]



2.6 HO–Meldinger

HO-meldinger er underlagt Pbl og tilhørende forskrift. Dette er veiledninger som tar for seg et tema, dette kan for eksempel være sprinkleranlegg, produktdokumentasjon osv.

HO-melding om produktdokumentasjon angir følgende:

«De generelle krav til dokumentasjon er gitt i TEK § 5-11. Det som skal dokumenteres er grunnleggende egenskaper innen 6 følgende områder:

- *Mekanisk motstandsevne*
- *Sikkerhet ved brann*
- *Hygiene, helse om miljø*
- *Sikkerhet ved bruk*
- *Energisparing og varmeisolering*

Kravene er implementert i TEK kap. VII til IX.

Dokumentasjonskravene gjelder ethvert produkt (byggevarer) som inngår i byggverk som omfattes av plan- og bygningsloven, herunder TEK.

Det er foreløpig ikke stilt krav til at produkter for salg i Norge CE-merkes, men de må dokumenteres etter samme system for attestering av samsvar og for de samme egenskapene.» [13]

HO melding om produktdokumentasjon, kapittel 5.4, sier:

«Et byggesystem som består av en samling produkter som settes sammen på en byggeplass til en forhåndsbestemt bygningsdel, regnes utgangspunktet ikke som et produkt. Et eksempel på byggesystem er branncellebegrensende vegg. Som oftest er en slik vegg ikke i seg selv et byggeprodukt, men markedsføres i form av komponenter som hver for seg skal være dokumenterte. Veggene settes sammen på byggeplassen, med muligheter for kontroll. Byggesystemet samlet betraktes ikke som et byggeprodukt. For slike byggesystemer må altså kontroll med prosjektering og utførelse samt kontrollen av enkeltproduktene sørge for et godt resultat.» [13]

På grunn av at fuger er en del av en vegg, vil det være nødvendig med dokumentasjon av produktet samt kontroll av prosjektering og utførelse.

2.6.1 CE- Merking

SINTEF angir følgende:

«TEK angir at alle egenskapene til produkter som brukes i et byggverk, som har betydning for at byggverket kan oppfylle forskriftens grunnleggende krav, skal være dokumenterte. Byggeveredirektivet forutsetter at alle byggprodukter skal være dokumentert i henhold til retningslinjene for CE-merking. CE-merking er en dokumentasjon av produktegenskaper som skal gjøre det mulig å avgjøre om et produkt er egnet til bruk i et byggverk, slik at byggverket tilfredsstiller de nasjonale forskriftskravene til bygget i hvert enkelt tilfelle. For å kunne CE-merke et produkt må produsenten kunne bekrefte samsvar enten med en harmonisert europeisk produktstandard (hEN), eller en europeisk teknisk godkjenning (ETA).» [8]

Som nevnt er det to måter for å oppnå CE – merking (neste side):



2.6.2 Harmonisert produktstandard

SINTEF beskriver harmonisert produktstandard som følgende:

«Harmoniserte europeiske produktstandarder utarbeides av den europeiske standardiseringsorganisasjonen (CEN) som EN-standarder. Standardene lages på oppdrag av EU-kommisjonen, og inkluderer et Annex ZA som angir regler for CE-merking av den aktuelle produkttypen.» [8]

2.6.3 ETA

SINTEF beskriver ETA slik:

«ETA utstedes av et medlem av EOTA (European Organisation for Technical Approvals). I Norge er SINTEF Byggforsk eneste medlem. ETA danner grunnlag for CE-merking av byggprodukter når CE-merking ikke kan gjøres på basis av en harmonisert produktstandard. Dette gjelder for eksempel helt nye produkttyper og produkter som avviker vesentlig fra forutsetningene i en harmonisert produktstandard.

ETA utstedes enten på bakgrunn av særskilte retningslinjer for produkttypen, såkalte ETA Guidelines (ETAG) utarbeidet av EOTA, eller på bakgrunn av en helt individuell behandling.» [8]

2.7 SINTEF

SINTEF Byggforsk er et uavhengig forskningsinstitutt som arbeider innen forskningsbasert rådgivning, sertifisering, og kunnskapsformidling. SINTEF har utarbeidet detaljblader og veiledninger som kan brukes gjennom hele bygningsprosessen. [14]

2.7.1 SINTEF veiledning til produserende

SINTEF sier:

«Branntekniske klassifisering og dokumentasjon av materialer og bygningsdeler). Punkt 72. Sertifisering og godkjenning: «TEK krever at produkttegenskaper som er av betydning for de grunnleggende kravene til byggverk skal være dokumentert før produktet omsettes og brukes.» [15]

«For bygningsdeler der det er stilt krav til brannmotstand, bør man primært velge løsninger som har sertifikat eller godkjenning. Sertifiseringen og godkjenningen gjelder for en bestemt utførelse, med eksakt definerte komponenter og materialer.» [15]

«Det forutsettes en løpende produksjonskontroll som gir tilfredsstillende kvalitetssikring av komponentene. Vanligvis fins det også monteringsanvisninger knyttet til et sertifikat eller en godkjenning. Monteringsanvisningen forutsettes brukt ved bygging og/eller montering på byggeplass.» [15]

SINTEF beskriver følgende:

«SINTEF NBL (Norges branntekniske laboratorium) utsteder dokumentasjon av produkters branntekniske egenskaper. Dokumentasjonen er en bekreftelse på at produktet imøtekommer norske myndigheters krav til brannteknisk sikkerhet. Ordningen omfatter primært følgende produkttyper:

- Rør-, kabel- og kanalisolasjon
- Gjennomføringer og fugetetninger
- Løs masse isolasjon
- Tre- og plastbaserte kledninger
- Duker og folier til haller
- Himlinger
- Ildsteder
- Skorsteiner
- Brannspjeld» [8]



2.7.2 SINTEF veiledning til utførelse på byggeplassen

SINTEF har utarbeidet en veiledning for utførelse av en fugesituasjon samt en måte for å dokumentere at løsningene som blir utført tilfredsstillende funksjonskravet.

SINTEF sier dette om utførelse på byggeplass:

«Erfaring viser at den håndverksmessige utførelsen på byggeplass, inklusive utførelsen av gjennomføringer og tilslutninger mellom bygningsdeler, er den vanligste årsaken til svikt i forhold til forutsatt ytelsesnivå. Denne usikkerheten gjelder også sertifiserte eller godkjente løsninger. Det må derfor legges stor vekt på dokumentert kontroll av utførelsen. Gjennomføringer og tilslutninger mellom bygningsdeler må vies spesielt stor oppmerksomhet.» [15]

SINTEF har en veiledning på utførelse av elementfuger som sier:

«Elementfuger må ha samme brannmotstand som veggen for øvrig. Kraftoverførende fuger utføres vanligvis med fortanning og innstøpt forankringsarmering/ fugearmering. Ikke-kraftoverførende fuger kan utføres med mineralull, bunnfyllingslist og fugemasse på begge sider. Mineralull i fuger med brannteknisk funksjon må ha smeltepunkt over 1 000 °C og densitet på minst 30 kg/m³. Dette krever bruk av steinull.» [16]

SINTEF har en veiledning om hvordan det er mulig å dokumentere utførelsen tilstrekkelig. Tabell 7 viser at det er flere muligheter.

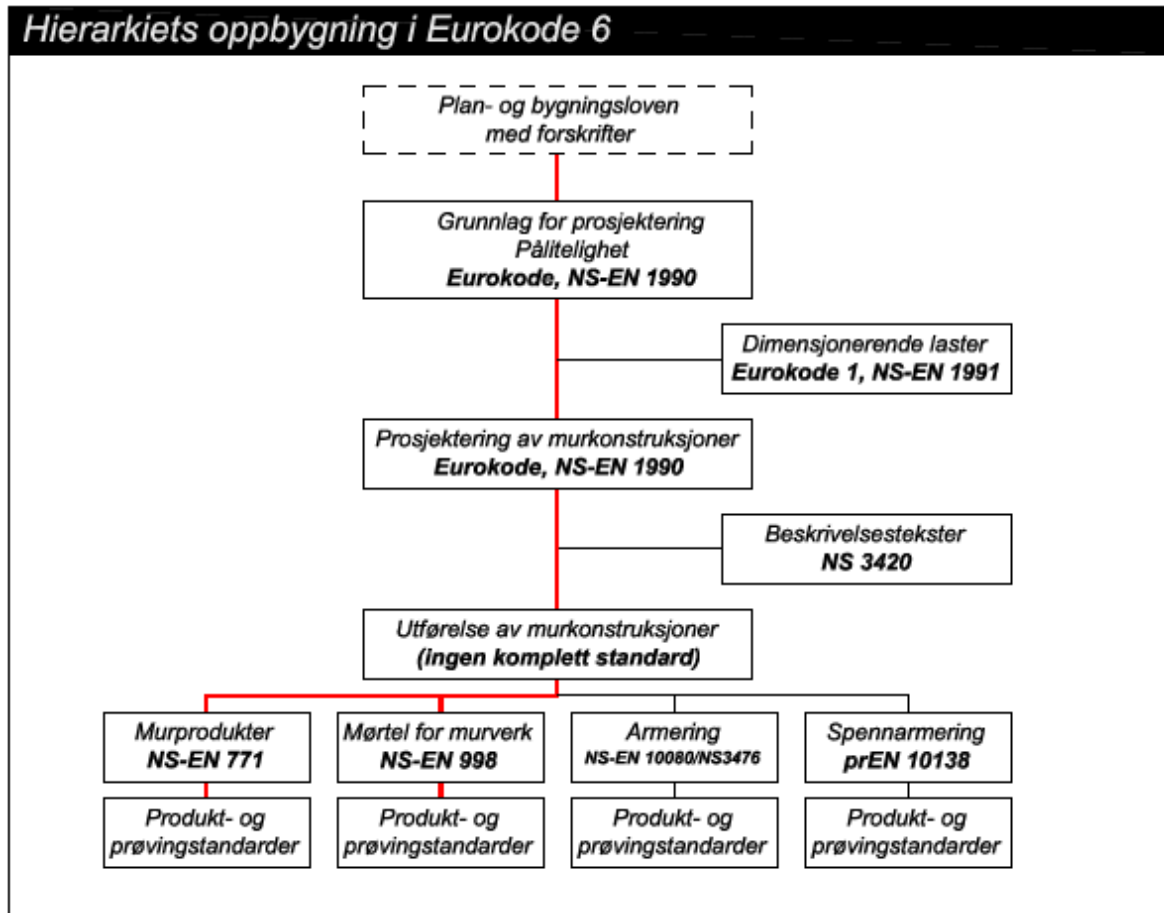
Tabell 7 - Hvordan man kan dokumenterer utførelsen

Hovedområdet:	Underområdet:	Utførelsen dokumenteres gjennom:
Antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk	<ul style="list-style-type: none">MaterialerOppdelingSpesielle forhold i rømningsvei (Himlinger kabelføringer)	<ul style="list-style-type: none">Å påvise at utførelsen stemmer med prosjektering (Sjekklistor)Produktdokumentasjon og monteringsanvisningerBlad i Byggforskserien

[17]

2.8 Norsk Standard

Norsk Standard (NS) kan ses på som et kommunikasjonsverktøy i prosjektering- og utførelsesfasen mellom aktører. Per dags dato finnes det ingen komplett standard spesifikt for fuger med brannmotstand, men det er utarbeidet Eurokode 6, se figur 10. Denne kombinasjonen av standarder skal oppfylle myndighetens krav til sikkerhet for murkonstruksjoner. Den røde linjen på figuren indikerer hvilke standarder som er mest tilknyttet fugeområdet.



Figur 10 - Oppbygning av Eurokode 6

[18]

2.8.1 Eurokode 6

Eurokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner

Del 2: valg av materialer og utførelse av murverk

Denne standarden sier noe fuger i kapittel NA.1.1:

«Denne del 2 av Eurokode 6 omfatter ikke seismiske, termiske eller akustiske funksjonskrav til murkonstruksjonene» [18]

Det nærmeste man kommer en veiledning av hvordan man utfører en fuge er spekking, kapittel NA.3.5.3.1: «Dybden på spekking skal være lik fugebredden eller dypere. Dersom spekkingen skal utføres med inntrukket fuge i forhold til murlivet, økes utkrassingsdybden, d_p , tilsvarende. Dog skal dybden fra murlivet til murtørtelen ikke være mer enn 15 prosent av murens tykkelse.» [18]

2.9 Monteringsveiledninger

De store produsentene av byggematerialer lager monteringsveiledninger for å sikre rett utførelse slik at de sammensatte produktene i konstruksjonen skal yte til sin fulle hensikt. De fleste store produsentene har godkjenninger på produktene sine slik at myndighetens krav er tilfredsstillt. Produsenter som Glava, Rockwool og Weber har monteringsveiledninger som skal hjelpe bedriftene som skal utføre et arbeid på byggeplassen.

Weber har en proffhåndbok som gir en beskrivelse på hva som må legges til grunn for å utføre for eksempel en Leca vegg.

Utdrag fra innledningen i Weber proffhåndboken:

«Denne håndboken er beregnet for deg som er utførende, til deg som jobber på byggeplassen. Det er i detaljene at et byggs kvalitet bestemmes. Slurves eller feiles det med en liten detalj, kan konsekvensene være store.... Detaljene er basert på mange års erfaring fra praktisk byggverk.» [2]

Seksjon A.8.8 i proff håndboken gir en beskrivelse av dokumentasjon:

«Før murarbeid igangsettes skal det foreligge: plan- og detaljtegninger fra arkitekt tegninger/beskrivelse på konstruktive forhold som oppleggs detaljer, vindforankring, overdekninger inkl. evt. Innmurt armering etc., og plassering av bevegsfuger.» [2]

Seksjon A.6.8 Sjekkliste/Huske på (et lite utdrag av listen):

- *«Fuktinnhold i Leca blokker bør ved innmuring ikke overskride 15 vekt- prosent*
- *Innervegger med krav til brannseksjonerende og/eller lydisolerende egenskaper og overflater avgjør om det skal mures med eller uten mørtel i stussfuger og fulle eller delte liggefuger.*
- *Leca blokker med tykkelse større enn 150 mm kan mures med delte liggefuger.*
- *Før pussing/slemming skal dårlige fylte fuger, sår og hull i underlaget ettersparkles med murmørtel.»* [2]

2.10 Oppsummering regelverk

Ut fra det som er gått gjennom, kan følgende oppsummeres.

- TEK10 angir ikke spesifikke funksjonskrav til fuger eller definerer fuger, men sier at valgte løsninger skal dokumenteres at de oppfyller ytelseskravene gitt av veiledningen til forskriften (VTEK10).
- TEK10 angir funksjonskrav til brannspredning mellom bygg, brannseksjoner, brannceller, produkter og materialers egenskaper ved brann.
- SAK10 angir at byggverk i tiltaksklasse 2 og 3 skal ha uavhengig kontroll på blant annet materialeegenskaper og bæresystem.
- VTEK10 angir ytelseskrav for dokumentasjon av løsninger, ytelseskrav til brannvegger, seksjoneringsvegger, branncellebegrensede bygningsdeler og egenskaper til produkter og materialer.
- HO meldinger angir at en vegg består av flere mindre komponenter som utgjør en bygningsdel. Disse må dokumenteres i prosjekt og utførelsesfasen.
- SINTEF for produserende angir at alle byggeprodukter skal være dokumentert i henhold til retningslinjene for CE-merking.
- SINTEF med veiledning for utførende, har en anbefalt løsning til elementfuger. De har også en veiledning på hvordan dokumentasjon av en utførelse på byggeplass vil være tilstrekkelig.
- Norsk Standard Eurokode 6 er begrenset når det gjelder termiske krav til murkonstruksjoner.
- For monteringsveiledninger fra produsenter er det utført håndbøker og monteringsanvisninger for fuger i murkonstruksjoner.

Del 3

3.0 Aktører

Aktører som er blitt engasjert i rapporten er bestemmende, produserende, konsulent samt utførende aktører.

I mur- og betongbransjen finnes det mange forskjellige meninger om fuging. Det vil naturligvis være forskjellige meninger angående hvem som burde ta seg av fugingen og hvordan dette bør dokumenteres og utføres. Det stilles også spørsmål om det er interesse for en preakseptert løsning og utarbeidelse om en Norsk Standard.

Det stilles flere kritiske spørsmål. Burde det bli så enkelt at en murer som allerede er i gang kan komplettere veggene inklusiv fugetetting? Eller er dette et så kritisk område at utførelsen bør utføres av firmaer med spesialkompetanse?

Er det mulig for en murer å dokumentere dette godt nok i henhold til myndighetskravene? Er det behov for en Norsk Standard som omfatter utførelsen av fuger når det finnes så mange forskjellige produkter med monteringsanvisninger for de forskjellige bruksområdene?

Dette er bare noen av spørsmålene som er blitt stilt blant aktørene.

Intervjuobjektene er delt i fire grupper:

Tabell 8: Oversikt over aktører som er intervjuet

Aktører	Intervjuobjekter	Intervjumetode
Bestemmende	DiBk	Tilsendt spørsmål
Produserende	Glava Rockwool Firesafe	Telefonintervju Telefonintervju Møte
Utførende	Murerbedrifter	Spørreundersøkelse
Konsulent	Norconsult, HSH	Tilsendt spørsmål

For bestemmende, uavhengige og produserende aktører ble det utført kvalitative intervjuer. Ved å bruke en kvalitativ metode ønsker man å gå mer i dybden på et spesifikt felt. Den kvalitative metoden har som hensikt å hente frem grundige og utdypende beskrivelser om det ønskede emnet [20].

Intervjuene med Firesafe, Glava og Rockwool ble utført semistrukturert.

«Et semistrukturert eller delvis strukturert intervju har en overordnet intervjuguide som utgangspunkt for intervjuet, mens spørsmål, temaer og rekkefølge kan varieres. Forskeren kan bevege seg frem og tilbake i intervjuguiden.» [20]

Intervjuene ble sendt på forhånd slik at intervjuobjektene hadde muligheter til å forberede seg. Samtalen med Firesafe ble utført ved direkte kontakt (møte), mens Rockwool og Glava ble intervjuet per telefon.

Intervjuene med DiBk og konsulent ble utført ved at spørsmålene ble tilsendt og at det ble svart direkte på dokumentet. Dokumentet var tilpasset med rubrikker for spørsmål og svar.

Ulempen med denne typen intervju er at det ikke ble muligheter til å få aktørene til å utdype seg mer enn det de velger å skrive.

For utførende aktører ble det utført et kvantitativt intervju som var en spørreundersøkelse. Spørreundersøkelsen ble gjort elektronisk. Målet med undersøkelsen var å kartlegge hvordan de forskjellige murerbedriftene dokumenterer og utfører arbeidet sitt.



Spørreundersøkelsen ble sendt til 129 murerbedrifter rundt om i hele Norge. Ulempen ved spørreundersøkelser er at det vanligvis er få som svarer, noe som også er tilfellet her. Bare 11 av 129 svarte, men dette gir likevel et greit mønster av de utførende aktører sine meninger.

3.1 Bestemmende

Når det gjelder det byggetekniske regelverket i Norge er det Direktoratet for Byggkvalitet (DiBk) som er den sentrale myndighet. De har ansvar for det tekniske innholdet i Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrifter og veiledninger. DiBk ligger under Kommunal- og regionaldepartementet. [20]

Det ble foretatt et intervju med Trond S. Andersen som er senioringeniør og arbeider i avdeling for bygg og byggeprosess i DiBk. Spørsmålene gikk ut på om det var et behov for en Norsk Standard, dokumentasjon og utførelse samt om muligheter for en preakseptert løsning. Se intervjuet vedlegg B.

3.2 Produserende

Blant de produserende aktørene er det foretatt intervju med Rockwool, Glava og Firesafe.

AS ROCKWOOL er et heleid norsk datterselskap av ROCKWOOL International A/S og er verdens største steinullprodusent. Rockwool har to produkter som kan benyttes i horisontale fuger: Conlit brannremse og Rockwool tetteremse [21].

Firmaet GLAVA AS er et norsk privateid industriselskap der glassull er hovedproduktet. Ordet GLAVA er sammensatt av ordet glassvatt [22].

Firesafe er totalleverandør innen brannsikring med aktiviteter som brannteknisk rådgiving, utførelse, kontroll og service og salg av spesialprodukter innen brann [23].

Intervjuobjekter for produserende listet i tabell 9.

Tabell 9: Produserende bedrifter

Person	Bedrift og yrke
Trond Olsson	Rockwool, produktsjef
Henrik Norland	GLAVA, produktsjef
Jarle Sandal	Firesafe, prosjektleder

Spørsmålene gikk ut på om de synes det var et behov for en Norsk Standard, hvem som burde utføre dette og om utførelse av fuging kan utføres på en «idiotsikker» måte. Se vedlegg C.

3.3 Utførende aktører innen mur- og betongbransjen

Det ble foretatt en spørreundersøkelse blant flere utførende aktører. Intensjonen var å finne aktører som hadde sentral godkjenning for utførelse i tiltaksklasse 2 og 3, samt de som hadde lengre erfaring. Dette var på grunn av de nye kravene om uavhengig kontroll og dokumentasjon gitt i SAK10.

Det som spørreundersøkelsen la hovedvekt på var hvordan de utførende dokumenterer før og etter utførelse. I tillegg ble det oppgitt en illustrasjon av en ikke-bærende murkonstruksjon der aktørene skulle svare på om mineralull og mørtel var gode nok løsninger. Se vedlegg D.



3.4 Konsulent

Brannkonsulenter har ofte tilstandsvurderinger på nye og gamle bygg.

Stefan Andersson er ansatt i Norconsult, i tillegg er han foreleser ved HSH. Han har god og lang erfaring med tilsyn i bygg. I spørsmålene som ble tilsendt ble det lagt vekt på om vedkommende hadde erfart dårlig utført fuging ved tilstandsvurderinger av bygg, om det burde være rom for en preakseptert løsning utført av murer og om utførelse av fuger oppleves som et problem slik det er i dag. Se vedlegg E.

3.5 Oppsummering intervjuer

I dette kapittelet er det gjennomgått hva de aktuelle mener om temaet. Nedenfor er en oppsummering ut fra intervjuene.

DiBk mener at:

- En Norsk Standard for fuger kan være grei å forholde seg til i tillegg produktdokumentasjon.
- Sertifiserte løsninger med monteringsanvisning letter dokumentasjonsbyrden.
- Dersom monteringsanvisningen blir fulgt og at produktene har dokumenterte egenskaper, så vil dette kunne være tilstrekkelig.
- Utførelse av fugeløsninger i dag ikke er et problem så lenge det velges dokumenterte løsninger

Produserende:

- Glava mener at det bør utarbeides en Norsk Standard om utførelse av fuger, mens Rockwool er uenig.
- Firesafe og Glava mener at det burde benyttes andre løsninger enn mørtelfuger med tanke på langtidspåvirkning (deformasjon av fuge).
- Firesafe mener at brannetting av murkonstruksjon bør bli utført av fagfolk med spesialkompetanse på området.
- Firesafe har begynt med interne fagbrev for passiv brannsikring.
- Glava mener at så lenge en monteringsanvisning blir fulgt så kan hvem som helst drive med dette.

Utførende:

- 5 av 10 bedrifter følger Norsk standard for utførelse av fuger.
- 7 av 11 bedrifter dokumenterer utførelsen med veiledninger fra produktleverandører.
- 9 av 10 bedrifter har en form for kvalitetssikring av det utførte arbeidet på byggeplassen.
- 4 av 11 bedrifter mener at en utførelse for fuger i murkonstruksjoner med mørtelfuger og dytt av steinull er bra nok.

Konsulent:

- Har erfart mange ganger at dårlig utførte fuger har ført til røyk og brannspredning.
- Har funnet fravik/avvik ved passiv brannsikring under tilstandsvurderinger
- Mener at det burde utføres en Norsk Standard og defineres en preakseptert løsning. Spesialfirma er gode å ha, men bredden av norsk byggebransje må kunne gjøre dette korrekt uten å måtte benytte spesialfirma.
- Mener at grunnen til at det ikke er utarbeidet en Norsk Standard for fuger er at det er lite bevissthet om problemet.

Del 4

4.0 Småskalaforsøk

I sammenheng med problemstillingen ble det utført flere småskalaforsøk. Grunnlaget for dette var å se på fuger i praksis og få et innblikk i hvordan utførelse og valg av ulike fugeløsninger ville være. Forsøkene skulle også kunne være med på å gi en eventuell løsning som anbefaling for en preakseptert løsning.

Det ble utført horisontale og vertikale fuger i de ulike forsøkene med ulike materialer som glassull, steinull, Conlit brannremse, Glava GPG samt byggskum. Alle materialer ble testet hver for seg. Forsøkene ble utført med forskjellige spaltehøyder samt forskjellig komprimeringsgrader for steinull og glassull.

De fleste forsøkene ble filmet, temperaturdata ble logget og fugenes utseende etter eksponering ble dokumentert med foto. Forsøk som ikke ble filmet var forsøk 1 og 2.

Det foreligger en sikker jobb analyse ved utførelse av småskalaforsøkene, se vedlegg K.

4.1 Fremgangsmåte

For å utføre småskalaforsøk i brannlaboratoriet ved HSH ble det bygget en rigg etter en prinsippskisse. Denne ble konstruert og plassert med tanke på tilgjengelig plass i laboratoriet samt at den helst ikke skulle bli flyttet på. Det måtte også tas hensyn til andre grupper som skulle utføre forsøk. Etter samtale og enighet med veileder ble riggen oppført og stasjonert nær portutgang. Rigger ble bygd opp i Leca blokker og satt sammen med mørtel. På grunn av dette var konstruksjonen veldig ømfintlig for bevegelser og vibrasjoner da dette kunne ødelegge mørtelen. Det ble sørget for god tilgjengelig plass for passering forbi riggen samt ordnede forhold i henhold retning på flammen ut av riggen og røykproduksjon.

Alle forsøk ble utført med 90 minutters varighet som et utgangspunkt. Forsøkene ble stoppet når gjennombrenning var til fare for skade på personell eller materiell. Det ble utført 2 forsøk til å begynne med som ikke inkluderes i de 10 gjeldene forsøkene. Disse var betegnet som initialtester for å teste riggen, oppsettet samt øve på hvordan dytting av mineralull og glassull kunne utføres best mulig.

Testing, utstyr samt konstruksjonen ble ikke direkte utført i henhold til en standard, men testkriterier ble utført tett opp mot retningslinjer gitt i *NS-EN 1366-4:2006 + A1 2010: Prøving av brannmotstanden til tekniske installasjoner Del 4: Fuger* [24] og *NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstand Del 1: Generelle krav* [25].

4.1.1 Testmodell vs. standard

Vedlegg I viser en sjekklister over småskalaforsøket opp mot de krav som er i henhold til standardene som er nevnt. Hensikten med denne tabellen er å gi en oversikt over fravik og avvik fra testingen i henhold til det standardene krever.

I vedlegg I oppsummeres de punkter som er fulgt i henhold til standardene. Det er mange punkter og en del utstyr som ikke er benyttet, dermed blir det kun listet opp en oversikt over det som er inkludert i testing og som kan sammenlignes med standardene.

4.1.2 Riggen

Riggen var oppført i en murkonstruksjon og skulle være en testrigg for forsøk i en mindre skala. I rommet skulle det brennes med propan som skulle avgi en effekt tilnærmet 30kW. Størrelsen på riggen sammen med brannen gav en stor og konservativ brannpåkjenning i alle forsøkene.



Bilde 4: Riggen under testing

Testrommet ble bygd opp i Leca universalblokker 15 cm som var murt sammen med murmørtel. Riggen ble bygd på en selvlagd forsterket plattform med brannresistent underlag.

For plassering av fugene ble det delt opp i fem fugeområder, hvorav fire var for horisontalfuger og en var vertikalfuge.

For å kunne utføre ulike forsøk med forskjellige materialer ble det plassert løse tverrliggende Lecablokker på toppen som kunne bli tatt bort for å variere fugeløsninger og spaltehøyder.

Spesifikasjon av utstyr og materiell finnes i vedlegg F.

4.1.3 Materialer

Materialene som ble benyttet i forsøkene var mur- og isolasjonsprodukter. Produsentene av disse produktene er Glava, Rockwool, Firesafe og Weber (Leca).

Leca lettklinker blokker:

Leca er et produkt som Weber produserer og selger på markedet.

«Lettklinker lages av leire som ekspanderes ved høy temperatur. Lettklinkeren blandes med sement, vann, sand og eventuelle tilsetnings stoffer.» [26]

Blokkene har standardhøyde: 250 mm og lengde: 500 mm. Bredden på blokkene er varierende. Blokkene som ble brukt i forsøkene hadde en bredde på 150 mm. Denne dimensjonen har en brannmotstandsegenskap som er REI 240. [27]

Mørtel:

Mørtel er en blanding som hovedsakelig består av bindemiddel, tilslagsmaterialer og vann. Denne blandingen er lett formbar i fersk tilstand og ved herding vil mørtelen bli fast og hard. Tilslagsmaterialer er som regel sand, sement og kalk. Norsk Standard 3120 deler inn murmørtel inn i fire fasthetsklasser som angir mørtelsammensetningen. [28]

Mørtel er et av fugematerialene som blir benyttet i murkonstruksjoner. Dette materialet har en liten bevegelsesfunksjon da mørtel er mindre elastisk.

«For store veggfelt vil bevegelsene i Leca murverk på grunn av svinn og svelling være større enn det fugearmeringen kan oppta. Bevegelsesfuger i murverk skal derfor prosjekteres og utformes slik at det er mulig å oppta opptredende bevegelser uten skadelige deformasjoner.» [29]

Ved nedbøyning av for eksempel etasjeskiller (langtidslast) er det også mulig at fugene kan bli deformert, sprekke opp eller bli oppløst. En fuge som er deformert vil muligens slippe igjennom varme røykgasser.

**Mineralull:**

Mineralull er en felles betegnelse på glass- og steinull. Forskjellen mellom disse produktene er at glassull er laget av glass, og steinull er laget av stein. Den største forskjellen på disse produktene er smeltepunkt og densitet. Tabell 10 angir forskjellen på egenskapene til disse to produktene.

Tabell 10 - Egenskaper til glass- og steinull

Produkt	Densiteten [kg/m ³]	Type materiale	Smelte punkt [°C]	Euroklasse	Standard
Glassull	~ 30	Glass Borsilikatglass	600 °C	A1 eller A2	NS-EN ISO 1182 NS-EN ISO 1716
Steinull	~ 110 - 160	Stein (diabas)	Over 1000 °C	A1	NS-EN ISO 1182 NS-EN ISO 1716

[30]

Tabellen viser at mineralull ikke er brennbart (A1), eller gir et svært begrenset bidrag til brann(A2). SINTEF har en veiledning på hvilke bruksområder det lønner seg å benytte mineralull.

«Vanlig typer glassull kan brukes der steinull blir brukt opp til 250 °C over lang tid. Bindemidlet i glassullen løser seg opp ved ca. 250 °C. glassullen smelter ved 600 °C. Når fenol brenner, dannes brann- og røykgasser som for organisk materiale. Spesielle høytemperaturisolering av installasjoner med driftstemperaturer over 250 °C benyttes glassullprodukter som tåler opptil ca. 500 °C.» [30]

Bindemiddelet som blir brukt i mineralullen er fenolharpiks lim. «Fenol (karbolsyre, hydroksybenzen: C₆H₅OH) er i helt ren tilstand et giftig, hvitt, krystallinsk stoff med smeltepunkt 43 °C.» [31]

Conlit:

Conlit er en steinullremse med en nominell densitet på 40 kg/m³. To remser skal brettes og puttes inn i fugeåpningen og ved montering skal disse remsene ha en komprimeringsgrad på minimum 40 prosent. Maksimum spaltehøyde gitt i monteringsanvisningen er 50 mm. Conlit brannremse mangler oppdatert produktdokumentasjon fra SINTEF og har dermed ikke sertifisering som er gyldig per i dag [32].

PUR skum:

PUR skum blir referert til som byggsaum, består av polyuretanmaterialer, dette kan ses på som materialer inn under plastisolasjon kategorien. Enkelte fugesaum er bygd opp som et énkomponentsystem med kjemikalieblanding fylt i en sprayboks. Dette skummet er utmerket til fugging der fugebredden varierer, typisk rundt dører og vinduer. Enkelte typer PUR skum har brann- og lydegenskaper [33].

GPG brannmasse:

«GPG er et pulver som består av gips, perlite og glassfiber som ved tilsetning av vann blir til en hvit branntettemasse i flytende eller stiv konsistens.» [34]

GPG er en hurtigherdende branntettemasse som ekspanderer ved herding. Produktet kan brukes til branntetting til store og små hull, rundt tekniske installasjoner og tomme utsparinger i vegger, dekker og tak av murte/støpte konstruksjoner. GPG kan ha en brannmotstand inntil 240 minutter med tykkelser som er angitt i monteringsanvisningen.

ISOVER FIREPROTECT 150:

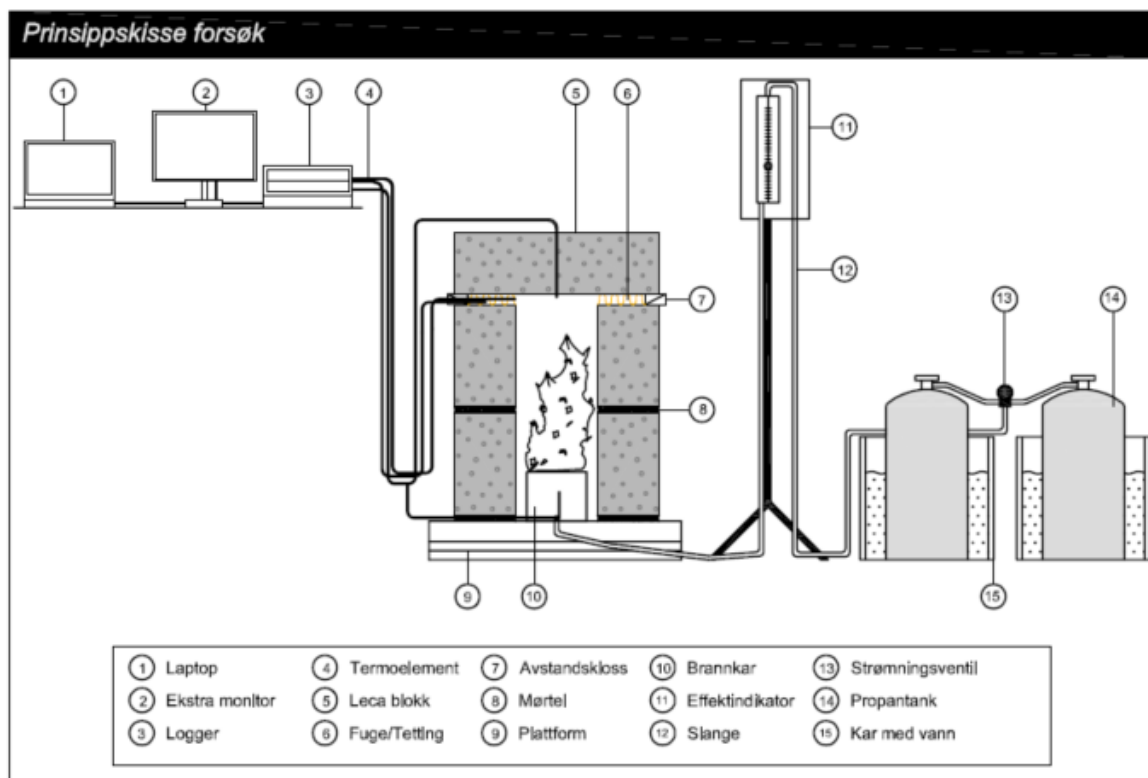
Er hardpressede plater av steinull som har en jevn overflate [35].

Disse remsene ble benyttet til oppdeling og skille av fugene.

4.1.4 Testoppsett

Figur 11 viser en prinsippsskisse for testoppsettet. Det ble koblet til termoelementer som ble plassert i fugene. Disse var koblet til en logger som igjen var koblet opp mot en PC. Gjennom programvaren på PC ble temperatur og tid logget. Temperaturen ble logget hvert 5 sekund. Som brensel ble det benyttet propangass fra to beholdere. Propantankene ble satt i hver sitt kar med vann for avkjøling. Siden propan har et kokepunkt på -42°C så vil tilførsel av vann på 10°C hjelpe som oppvarming av tanken og føre til at gasstrømmen øker og holder seg stabil [36]. Det gikk en slange fra hver beholder som ble koblet sammen til en slange med trykkmåler (strømningsventil med justering). Denne slangen gikk gjennom en effektmåler for å ha visuell på at branneffekten hadde en konstant effekt på 30 kW. Slangen var videre tilkoblet et kar med slangeklemme. Karet inneholdt finfordelt sand som fordelte gassen som kom fra bunnen av karet.

Ut fra tidligere forsøk ble samme gassbrann benyttet, vedlegg L viser utregning av ca. nødvendig mengde propan per minutt for å opprettholde 30 kW



Figur 11: Prinsippsskisse av testoppsettet



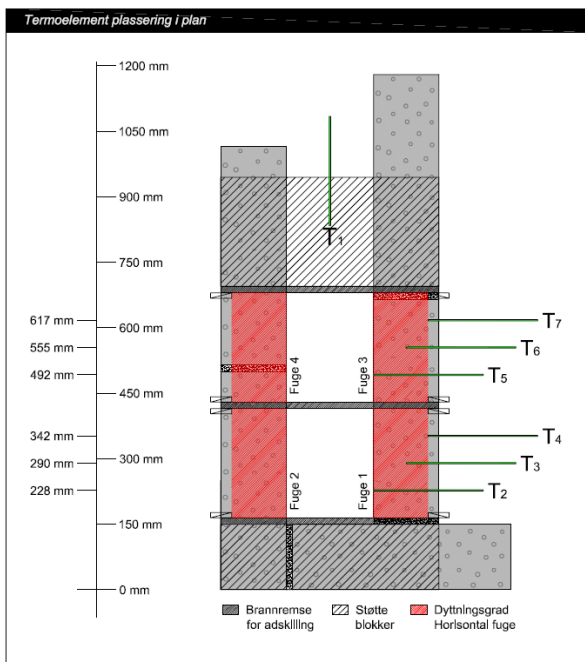
Bilde 5: Testoppsettet fra lab.

4.1.5 Plassering av termoelementer

For registrering av temperaturer i både fuger og rommet ble det benyttet K-type termoelementer med 3mm diameter. Fugene ble nummerert som fuge 1, 2,3, 4 (horisontalfuger) og fuge 5 (vertikal).

Termoelementene ble plassert forskjellige steder i fugene for å få en oversikt over temperaturen for brannpåkjenning og varmegjennomtrengning. Termoelementer ble kun plassert i fuge 1, 3 og 5. Termoelementet som skulle registrere temperaturen i selve brannen (termoelement 10) ble plassert fra toppen av riggen og ned i brannen. Plasseringene av alle termoelementene er vist i figur 12 og 13.

Termoelementene på figurene har forkortelsen [T] og tall som indikerer nummeringen på elementene.



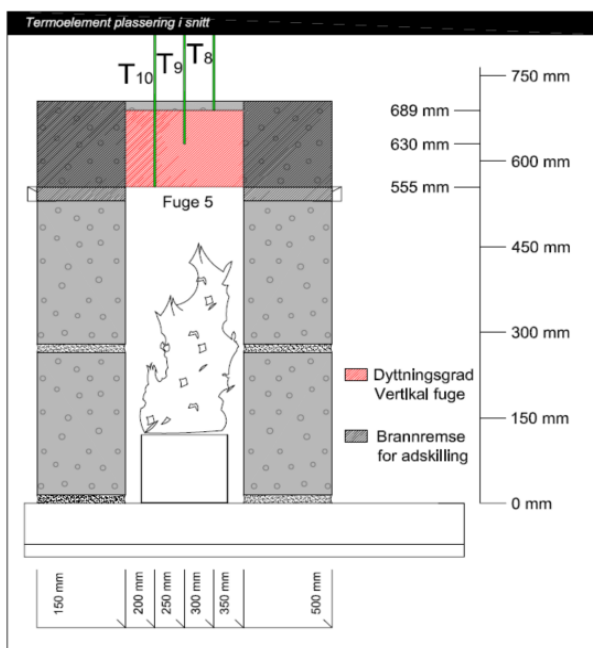
Figur 12: Plassering av termoelementer for horisontalfuger sett i plan

Termoelementene var plassert på tre forskjellige områder i fugen i fuge nummer 1 og 3 (Horisontal)

Termoelement T_1 viser til temperaturen på underlaget av riggen, den er ikke tilknyttet til noen fuger.

Figur 12 viser at horisontalfugene hadde:

- Et element på eksponert side
- Et element i midten
- Et element på ueksponert side



Figur 13: Plassering av termoelementer for vertikal fuge sett i snitt

Termoelementene var plassert på tre forskjellige områder i fuge nummer 5 (vertikalfuge).

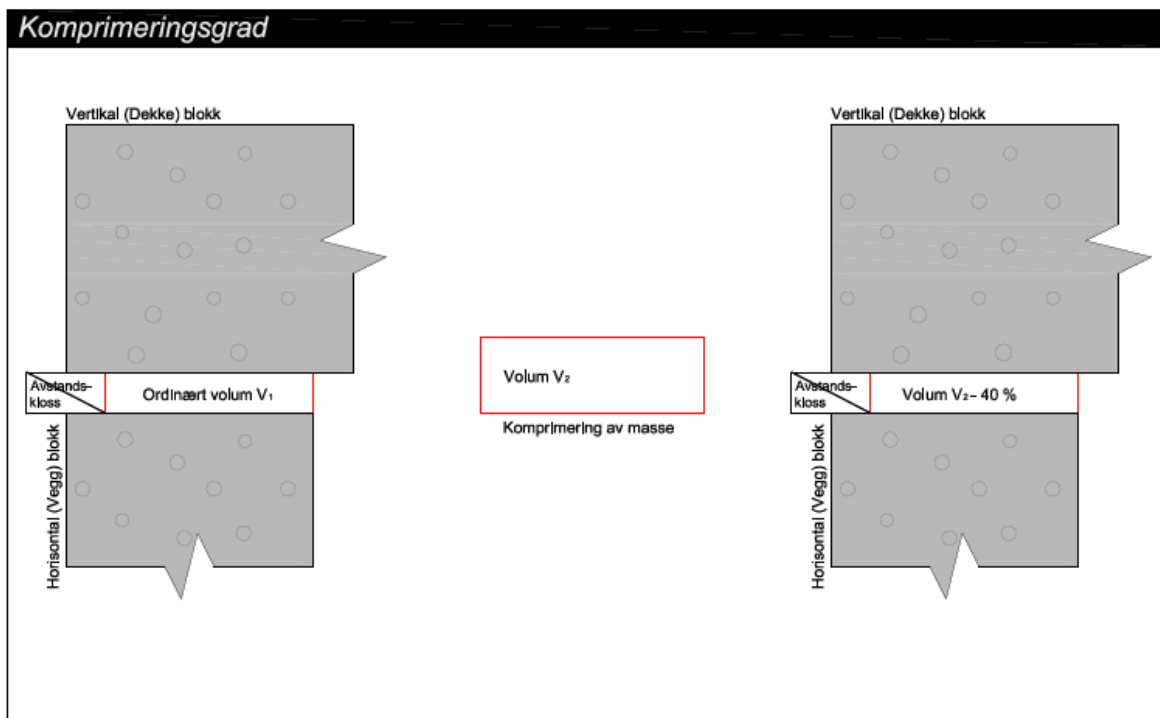
Figur 13 viser at vertikalfugene hadde:

- Et element på eksponert side
- Et element i midten
- Et element på ueksponert side

4.1.6 Komprimeringsgrad for fuger

Komprimeringsgraden ble beregnet ut fra det ordinære volumet for fugeområdet. Ut fra ordinærvolumet ble det regnet ut et nytt volum som skulle komprimeres. Komprimeringsvolumet ble benyttet til å beregne hvor mye masse stein- og glassull som skulle bli benyttet. Det ble benyttet 5, 10, 20 og 40 prosent komprimeringsgrad i forsøkene. Se vedlegg G for utregning av masse og volum for komprimering. Komprimeringsgraden tar utgangspunkt i monteringsanvisningen for Conlit brannremse [32].

Figur 14 viser prinsippet for hvordan komprimeringsgraden fungerer.



Figur 14: Prinsippskisse som illustrerer hvordan komprimeringsgraden bli utført



4.1.7 Oversikt for småskalaforsøkene

Det ble utført totalt 10 småskalaforsøk. Oversikt over materialer og produkter er beskrevet i tabell 11.

Tabell 11: Oversikt for alle utførte forsøk

Forsøkstabell									
Forsøk	Material	Bokstav-kode	Horisontale fuger					Vertikal fuge	
			Spalte [mm]	Fuge 1 [%]	Fuge 2 [%]	Fuge 3 [%]	Fuge 4 [%]	Spalte [mm]	Fuge 5 [%]
F1	Glava	GLA	30	40	40	40	40	-	-
F2	Rockwool	ROC	30	40	40	40	40	-	-
F3	Glava	GLA	15	40	40	40	40	20	40
F4	Rockwool	ROC	15	40	40	40	40	20	40
F5	Rockwool	ROC	30	20	20	20	20	20	20
F6	Rockwool	ROC	50	20	20	20	20	20	20
F7	Byggskum	PUR	50	-	-	-	-	-	-
F8	GPG	GPG	30	-	-	-	-	-	-
F9	Conlit	CON	50	40	40	40	40	20	40
F10	Rockwool	ROC	50	10	10	5	5	20	10

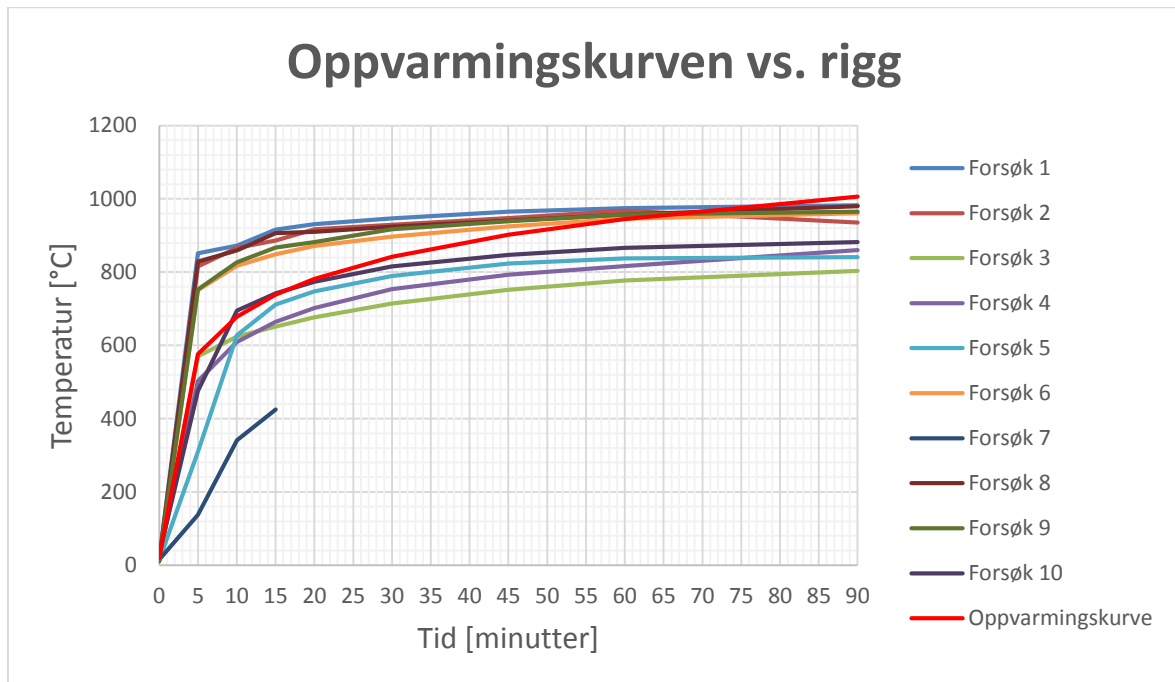
Forsøkene med stein- og glassull ble utført med komprimeringsgrader, byggskummet ble fylt inn i fugeområdene mens ved utførelse av GPG brannmasse og Conlit ble monteringsanvisning fulgt.

4.2 Resultater

Resultatene fra forsøkene ble bearbeidet og satt inn i grafer og tabeller. Termoelementene fra horisontalfugene ble sammenlignet mens vertikalfugen ikke ble sammenlignet da den hadde andre dimensjoner enn horisontalfugene. Se kapittel 4.2.2, 4.2.3 og 4.2.4.

4.2.1 Oppvarmingskurven fra standard vs. riggen

Under sammenliknes temperaturen til brannen fra forsøkene opp mot oppvarmingskurven gitt i *NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstand Del 1: Generelle krav* [25]. Oppvarmingskurven ble laget grafisk basert på formel gitt i denne standarden, se vedlegg I.



Figur 15: Sammenligning oppvarmingskurve fra standard og måling fra rombrann i forsøkene

Tabell 12 på neste side viser en oversikt og sammenligning med temperaturen i de gitt tidsintervallene for oppvarmingskurven i standarden opp mot temperaturmålingene for branntemperaturene fra forsøkene.

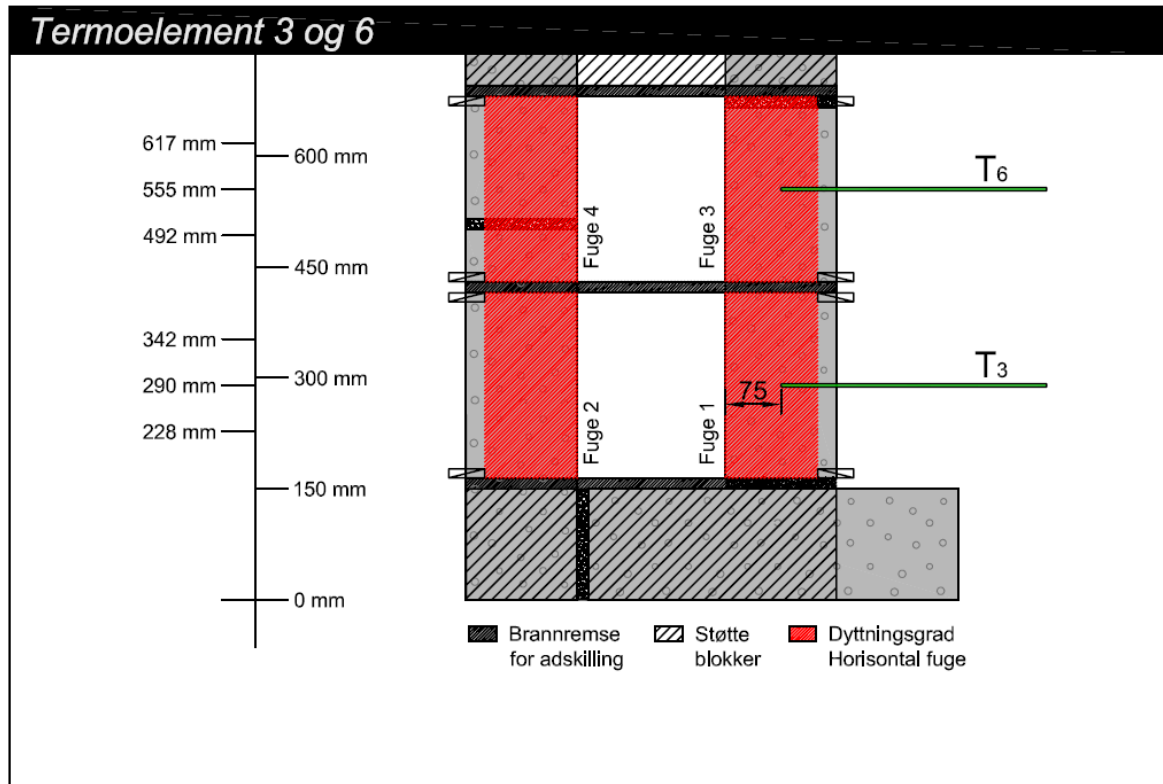


Tabell 12: Oppvarmingskurven sammenliknet med målinger av branttemperaturen i forsøkene

Tid[minutter]	Oppvarmingskurve [°C]	Forsøk 1 [°C]	Forsøk 2 [°C]	Forsøk 3 [°C]	Forsøk 4 [°C]	Forsøk 5 [°C]	Forsøk 6 [°C]	Forsøk 7 [°C]	Forsøk 8 [°C]	Forsøk 9 [°C]	Forsøk 10 [°C]
0	20	16.5	15.8	11.4	25.7	13.3	14.1	14.8	11	12.8	29.7
5	576	851.7	815.8	570.4	502.5	309.6	751.2	137.7	827.8	752.3	475.8
10	678	872.7	866.7	624.6	609.1	627.8	817.3	341.1	859.5	827.2	695.2
15	738	916.3	866.7	651.3	664.3	711.2	848.8	425.2	906.7	867.4	742.5
20	781	930.8	916.8	676.9	702.3	747.2	871.9	-	909.9	881.9	774.1
30	842	946.4	929.5	714	753.9	789.5	896.7	-	924.2	916.7	815.3
45	902	964.9	947.7	751.8	793	823.6	924.5	-	941	938.7	846.7
60	945	968	968	777.6	816.4	837.3	946.1	-	956.9	954.2	865.8
90	1006	935	935	803.6	860.5	840.8	960.6	-	980.1	965	881.6

4.2.2 Målinger midten av horisontalfuge

Figur 16 viser plassering av termoelement 3 og 6 sett i plan. Tabell 13 viser alle temperaturmålingene til termoelement 3 og 6.



Figur 16: Termoelementer midt i horisontalfugen



Oppsummering:

	Materialene, glassull vs. steinull, har en differanse på 530 °C i T ₃ og 290 °C i T ₃ . Dette viser forskjellen i varmegjennomtrengningen i fugen.
	Tabellen viser at temperaturen til PUR-skummet har en mye dårligere varmeisolerende evne.

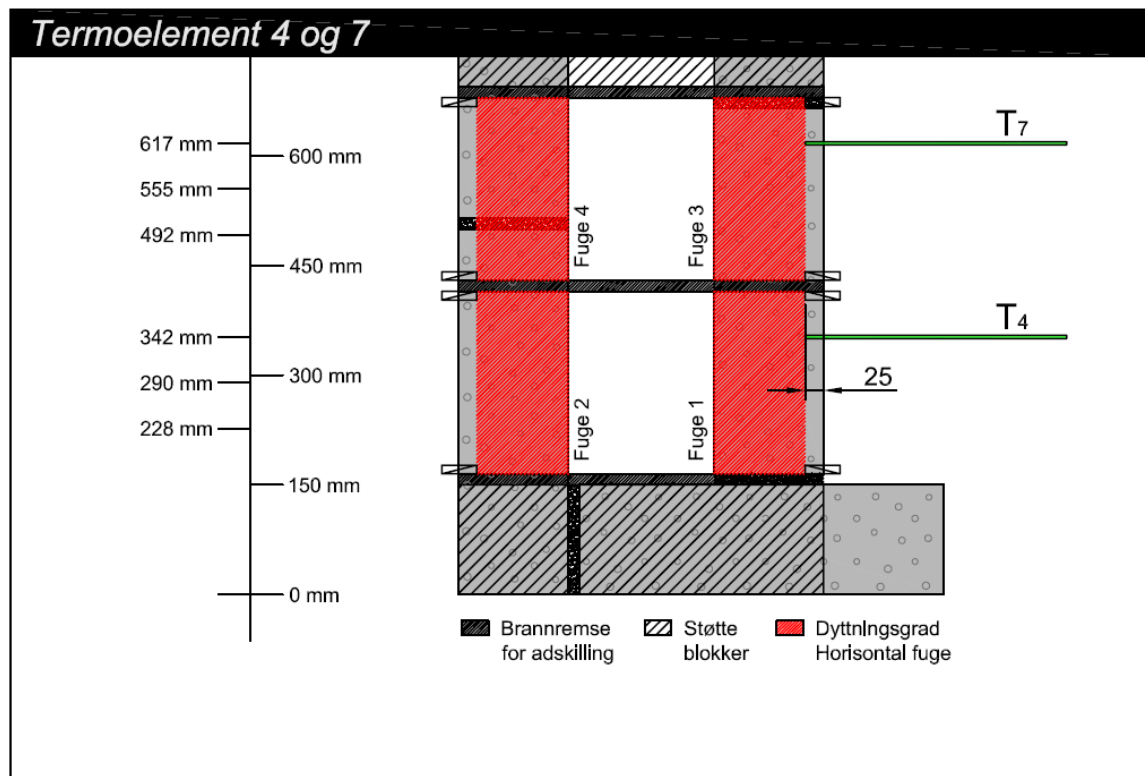
Tabell 13: Resultater i senter av horisontalfuger

Spalte [mm]:	Termoelement 3 [°C]										Termoelement 6 [°C]									
	30		15		30	50	50	30	50	50	30		15		30	50	50	30	50	50
Komprimeringsgrad [%]	40		40		20	20	-	-	40	10	40		40		20	20	-	-	40	5
Bokstavkode	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC
Tid[minutter]	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
0	17,4	14,3	12,5	42,4	13	15,8	14,9	12,8	13,6	94,2	17,7	16,3	12,1	17,9	13,9	15,5	15	13,2	13,8	62,6
5	18,3	14,6	15,1	47,6	17,6	36,5	389,1	13,8	22,6	105,6	18,5	16,4	20,3	33,9	14,3	20,5	42,8	74,9	70,4	78,3
10	29,9	21,6	57,6	66,4	52,1	54,2	553,2	25,2	53,4	146	23,7	18,6	73,2	52,9	35,3	38,1	119,7	97,7	185,3	124,3
15	50,1	40	85	87,1	67,1	67,4	-	90,5	81,4	184,5	38,6	31,1	88,7	74	59,8	61,3	-	98,4	261,8	162,3
20	60,8	59,2	89,9	118,6	88,6	72,8	-	96,6	128,7	218	52,6	46,2	91,5	100,5	86,4	72,2	-	108	321,6	192,1
30	95,6	76	93,7	181,7	129,5	131,8	-	97,4	220,8	275,3	84,6	64,6	93	152,5	151,6	106,8	-	192,8	408,2	242,6
45	206,5	84,9	94,8	256,9	184,3	220,7	-	96,6	324,7	342,1	175,3	108,9	96,4	216,8	235,2	161,3	-	326,5	499,4	302,8
60	539,3	128,9	96,8	308,7	239,4	284,4	-	120,4	394,1	389,5	286,2	161,3	98,2	262,1	297,9	207,8	-	439,3	557,7	348,4
90	697,6	163,8	99,7	393,9	325,6	364,6	-	271,2	477,9	449,8	530,1	232,4	223,5	323,2	381,8	281,8	-	532,5	625,1	410,9

4.2.3 Målinger på ueksponert side av horisontalfuge

Figur 17 viser plassering av termoelement 4 og 7 sett i plan. Tabell 14 viser alle temperaturmålingene til termoelement 4 og 7.

Det vil være den ueksponerte siden av fugen som er kritisk for måling av integritet- og isolasjonsevne. Dersom temperaturen øker med mer enn 180 °C blir fugen betraktet som ikke godkjent i henhold til standarden [25]



Figur 17: Termoelementer på ueksponert side i horisontalfugene



Oppsummering:

Etter 90 minutter er det en lavere temperatur for T₇ enn T₄, selv om komprimeringsgraden er dobbelt så liten. Dette har med at plasseringen av ovnen er nærmere fuge 1.

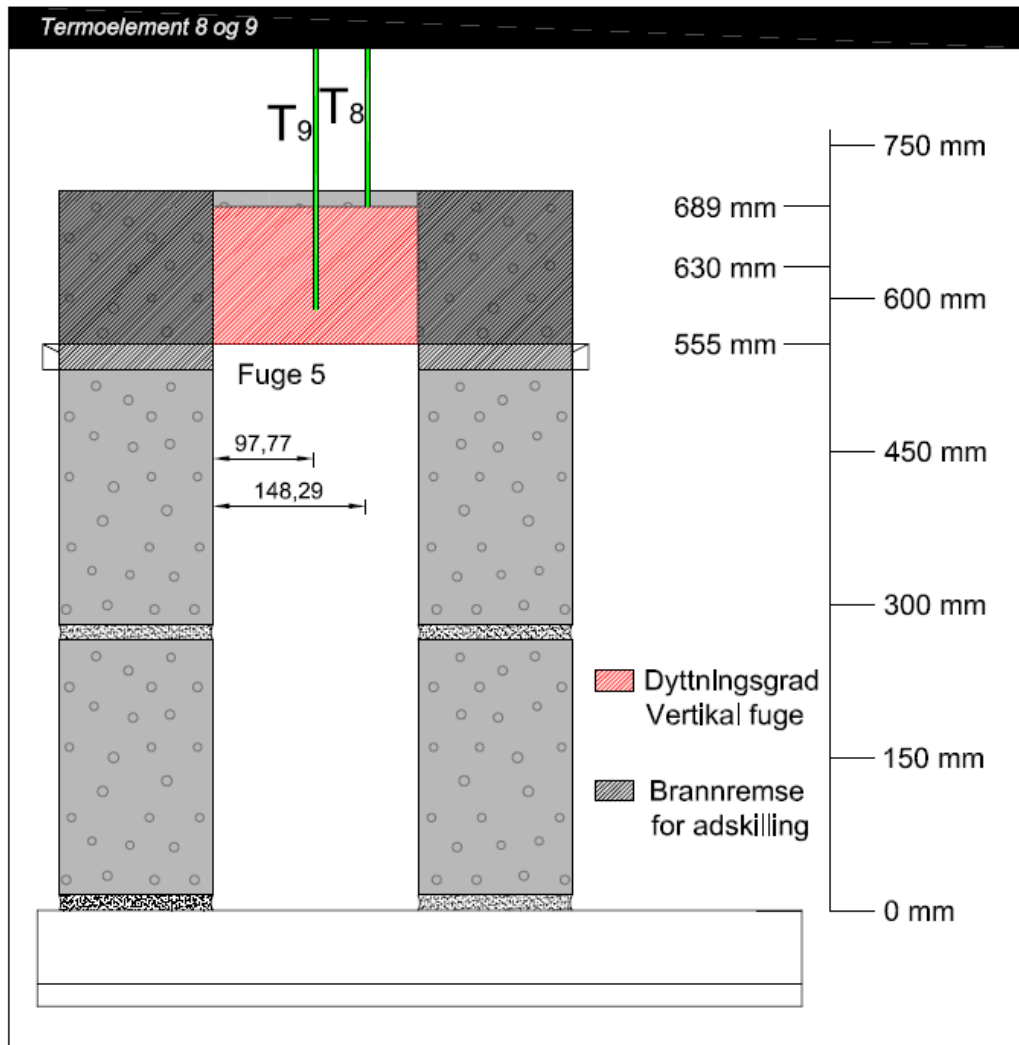
Tabell 14: Resultater uekspnert side horisontalfuger

Spalte [mm]:	Termoelement 4 [°C]										Termoelement 7 [°C]									
	30		15		30	50	50	30	50	50	30	15		30	50	50	30	50	50	
Komprimeringsgrad [%]	40		40		20	20	-	-	40	10	40		40		20	20	-	-	40	5
Bokstavkode	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC
Tid[minutter]	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
0	17	16	12,4	21,3	13,4	13,9	14,4	10,2	12,5	27,5	16,8	16,2	12,1	17,5	13,1	14,3	14,5	9,7	12,6	28,1
5	17,5	16,5	13,3	28,8	13,6	17,3	24,8	11,4	13	37,7	17,8	30,7	12,5	42,4	13,5	14,9	15,3	11,2	21,2	30,1
10	18,4	16,8	14,6	32,7	14,1	18,1	29,6	11,7	13,4	41,8	18,3	26	12,7	48,5	13,6	14,9	15,9	10,8	24,8	37,1
15	22,3	17,2	16,1	33,7	15	17,1	-	12,7	14,5	43,9	18,9	24,3	13,1	49,4	14,1	15,4	-	11,6	25,6	39,2
20	21,3	17,4	21,6	37,8	17,3	18	-	21,5	16,7	46,2	18,4	23,1	16,4	51,6	14,3	17,1	-	11,8	26,3	42,4
30	23,8	19,4	47,7	44,8	27,1	18,4	-	48,3	22,2	51,4	19,2	24,6	33,9	53,9	16,6	20,2	-	13,6	30,5	44,9
45	35,2	30,8	74,6	63,1	43,2	42,6	-	60,3	30,7	64,4	20,1	25,2	56,1	62,8	26,8	25,8	-	15,9	30,5	43,7
60	45,3	39,5	81,9	73,3	53,2	45,8	-	59,9	36,2	80,5	23,5	28,5	66,8	72,1	37,4	30,3	-	17,4	32,6	42,9
90	49,7	42,4	82,8	78,7	61,3	50,6	-	54,7	42,9	111,3	29,8	36,7	59,5	82,9	51,3	35,9	-	22,2	34,1	50,5

4.2.4 Målinger i senter og ueksponert side vertikalfuge

Figur 18 viser plassering av termoelement 8 og 9 sett i plan. Tabell 15 viser alle temperaturmålingene til termoelement 8 og 9.

T_8 måler temperaturen på ueksponert side mens T_9 måler varmegjennomgang i midten av fugen.



Figur 18: Termoelementer i vertikalfugen sett i snitt



Oppsummering:

	Forsøk 10 ble det gjennombrenning i vertikalfugen etter 3 minutter, men dette ble ikke registrert i termoelementene da dette skjedde i et annet punkt enn hvor det ikke befant seg termoelement
	I forsøk 9 og 10 er det stor varmegjennomtrengning etter 90 minutter på over 300 °C

Tabell 15: Resultater vertikalfuger

Spalte [mm]:	Termoelement 8 [°C]										Termoelement 9 [°C]									
	-		20		20	20	-	-	20	20	-		20		20	20	-	-	20	20
Komprimeringsgrad [%]	-		40		20	20	-	-	40	10	-		40		20	20	-	-	40	10
Bokstavkode	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC	GLA	ROC	GLA	ROC	ROC	ROC	PUR	GPG	CON	ROC
Tid[minutter]	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
0	-	-	11,8	16	13,8	13,7	-	-	13	17,8	-	-	11,9	16,5	13,3	13,7	-	-	12,7	18,2
5	-	-	12,2	16,6	14	14,7	-	-	13,5	21,9	-	-	12,7	17,9	13,5	15,4	-	-	14,1	56,2
10	-	-	12,8	18,6	14,3	14,6	-	-	13,9	19,9	-	-	53,4	67,6	18,4	15,2	-	-	49,2	82
15	-	-	13,9	26,4	14,8	14,6	-	-	17,5	27	-	-	84,2	86,4	52,5	15,3	-	-	81,2	85
20	-	-	20,8	34,9	17,1	15,5	-	-	31,1	35,2	-	-	90,3	90,6	80	15,7	-	-	85,7	84,6
30	-	-	48,3	50	32	15,6	-	-	49,2	47	-	-	92,4	93	89,3	16,3	-	-	85,2	134,4
45	-	-	68,3	58	52,4	16,7	-	-	57,8	53,7	-	-	92,5	93,7	91,5	17,3	-	-	133	215,9
60	-	-	71,7	59,2	57,6	16,6	-	-	64,1	59,4	-	-	91,6	93,5	92,5	17	-	-	199,6	288,2
90	-	-	75,4	62,1	64,4	17,2	-	-	68,7	60,2	-	-	112,1	198,1	123,7	17,8	-	-	313,2	398

4.2.5 Ytelseskriterier for isolasjon [I] og integrasjon [E]

Ytelseskriterier ble testet tett opp mot NS-EN 1363-1: Prøving av brannmotstand Del 1: Generelle krav[25]

Ytelseskriteriet for isolasjon var ikke oppfylt dersom varm røyk ut av fugen på uekspontert hadde en høyere differanse på minst 180°C fra omgivelsestemperaturen. Kravet for integritet var observasjoner av flamminger eller at antennelse av bomullsdott som ble eksponert i minst 30 sekunder på de steder hvor mye varm røyk kom ut. [25]

Fra småskalaforsøkene ble både isolasjons- og integritetskriteriet de samme resultatene da det ikke ble målt temperaturer over ytelseskriteriet for termolement på uekspontert side. Ved svikt av integriteten ville også svikt av isolasjonen derfor bli konkludert.

I tabellen under er alle forsøkernes integritet og isolasjonsevner oppsummert i minutter. Resultatene ble gjort ved observasjoner, video og målinger.

Tabell 16: Tidsoversikt for isolasjon og integritet hendelser

Forsøkstabell Isolasjon og integritet [EI]							
Forsøk	Material	Spalte [mm]	Horisontalfuger				Vertikalfuge
			Fuge.1 [min]	Fuge nr.2 [min]	Fuge 3 [min]	Fuge 4 [min]	Fuge 5 [min]
1	Glava	30	90	90	90	90	-
2	Rockwool	30	90	90	90	90	-
3	Glava	15	90	90	90	90	90
4	Rockwool	15	90	90	90	90	90
5	Rockwool	30	90	90	90	90	90
6	Rockwool	50	90	90	90	90	90
7	Byggskum	50	12	-	-	-	-
8	GPG	30	90	90	90	90	-
9	Conlit	50	90	90	90	90	90
10	Rockwool	50	90	90	90	90	3

Fra tabellen kan en se at svikt i isolasjon og integritet fant sted i forsøk 7 (PUR) og 10 (ROC).

4.2.6 «Worst case» resultater

Forsøkene hvor det ytelseskriteriene ikke ble oppfylt var i forsøk 7 og forsøk 10.

Forsøk 7 ble det gjennombrenning med mye røyk og flamme i fuge 1 etter 12 minutter. Forsøket ble avbrutt etter 12 minutter på grunn av at flammning og røyk var truende for personell.



Bilde 6: Gjennombrenning og utstående flammning i fuge 1 forsøk 7



I forsøk 10 var det gjennomtrengning av varm røyk i fuge 5 (vertikalfuge), dette skjedde etter 3 minutter. Vertikalfugen ble forsterket og forsøket varte i 90 minutter.



Bilde 8: Pilen viser stedet hvor det var svikt i fuge 5 i forsøk 10



Bilde 9: Bomullsdotten etter eksponering

I Bildet nedenfor vises fuge 5 etter avsluttet testing. Det er litt vanskelig å se, men gjennombrenning skjedde på venstre side av fugen.



Bilde 10: Fuge 5 etter forsøket, gjennombrenning og røyk kom ut fra venstre side

Dette tyder på at en komprimeringsgrad på 10 prosent var altfor liten til å få nok steinull fordelt i fugeåpningen slik at hele åpningen ble tettet.

4.2.6 Resultater anbefalt løsning

Etter fullførte forsøk ble det konkludert med at forsøk 6 var den beste løsningen, både for utførelse og motstandsevne. Forsøk 6 var steinull med komprimeringsgrad på 20 prosent i vertikal- og horisontalfuge med en spalteåpning på 50 mm. Forsøket ble utført i 90 minutter.

Bilde 11 viser bilde av fuge 1 etter forsøk 6.



Bilde 11: Fuge 1 fra forsøk 6, fuge 5 datt ned, men kan ses i bakgrunnen

Ut fra bildene kan en se at fugene holdt god motstand i forsøk 6. En kan se at det ikke er forekommet gjennombrenning langt gjennom fugen. Dette indikerer trolig viktigheten av komprimeringsgraden.



4.3 Feilkilder

Når det gjelder forsøkene som er blitt utført vil det kunne være flere feilkilder. Feilkilder går ut på hvor nøyaktigheten faller bort. Dette kan være som følge av feilkilder fra måleutstyr, materiell, konstruksjon, og eventuelt annet.

I vedlegg I er det sammenlignet opp mot en standard hvor noen feilkilder kan bli tolket, dette gjelder for korrekt testing.

4.3.1 Utstyr

Utstyret som blir benyttet kan ha feilkilder for målinger. Det er benyttet termoelementer K-type med 3mm diameter. Disse har en viss treghet når det gjelder tidskonstanten, som sier hvor hurtig temperaturmålingen når 63prosent av den totale endringen i temperaturen. Fra et tidligere laboratorieforsøk med testing av termoelementer fant ble det funnet ut at tidskonstanten var 16 sekunder.

Fra det tidligere laboratorieforsøket viste det at termoelement K-type med 3 mm diameter hadde en større treghet som følge av at den har en større flate å varme opp en et termoelement K-type med 1.6 mm diameter. 3mm termoelement ble benyttet da dette var mer robust og at veileder mente dette ville gi mer realistiske målinger.

4.3.2 Konstruksjon

Selve riggen ble bygget etter beste evne ut ifra en prinsippskisse. Det er foretatt nøyaktighet med at blokker var i vater og lodd og at det var rikelig med mørtel mellom blokkene og glipper som skulle være tette.

Lecablokkene som ble benyttet var universalblokker 150 mm og ikke finblokker. Dette var med på å gi en litt mer konservativ løsning da porene i blokkene ikke var slemmet(tettet). Dette gjorde at blokkene hadde litt ujevne overflater og ikke hadde 100 prosent lik geometri og utforming.

Etter første forsøk hadde riggen allerede fått en kraftig varmpåkjenning. Glipper som var mørtlet hadde smuldret som følge av varmpåkjenningen og dermed oppstod det noen mindre varmelekkasjer i konstruksjonen. Etter forsøk 4 ble øvre blokkskift byttet ut med nye og mørtelen fornyet. Nederste blokker har vært med fra forsøk 1. Det ble benyttet noe brannfuging på utsiden hvor det var større sprekker i mørtelen slik at varmeeffekten ble konsentrert i rommet.

4.3.3 Plassering av utstyr

Når det gjelder plassering av utstyr var plasseringen valgt på basis av kriterier er hvor det var ønsket å gjøre målinger. Plassering av termoelementene var de samme for hvert forsøk. Feilkilden kan ha vært hvis dyttingen av fuger ble dårlig utført, kan det hende at dette var et sted i fugen hvor det ikke var plassert et termoelement. Ut fra dette kan en se at det kunne vært greit å benytte et bevegelig termoelement som var mobilt slik at dette kunne måle røyklekkasjer der disse oppstod.

Det kan også ha vært feilmåling for branntemperaturen da termoelement 10 ikke hadde samme temperaturregistreringer i alle forsøk, se figur 15. Dette kan ha med at termoelementet ikke ble tilstrekkelig dyttet ned i rommet for optimal registrering. Det kan også hende at termoelementet fikk rester av materialer sittende fast på føleområdet, noe som kan ha gitt utslag for lavere temperaturmåling enn det egentlig var.



4.3.4 Utførelse av fuger

Før alle forsøk med glass- og steinull ble massen beregnet med hensyn til hvilken komprimeringsgrad som skulle bli testet. Det ble også skjært til avstandsklosser på 15mm, 30mm og 50mm for å teste ulike høyder på glipper. Massen av materialet som skulle utføres som fuger ble beregnet og veiet opp i gram. For hver gang det ble veid opp ble vekten tarert(nullstilt). Det kan hende at selve vekten hadde en unøyaktighet.

En annen ting kan være at meget små deler av massen falt ut, eller ble mistet etter veiingen, noe som gjorde at fugen ikke ble 100 prosent i henhold til beregnet vekt.

Når det skulle dyttes fuge inn i åpningen prøvde en å fordele massen jevnt over hele området. Noe materiell kan ha vært vanskelig å dytte og dermed ble det ujevnheter. Metoden som ble benyttet var at prøvestykkene til mineralull ble tilskjært i samme dimensjon som lengden og bredden til åpningene samt at massen ble veid nøyaktig etter beregningene.

Når det gjelder avstandsklossene så var disse blitt målt noenlunde nøyaktig. Disse ble noen ganger ikke kuttet helt korrekt og dermed ble det litt helning på de tverliggende blokkene.

4.3.5 Testing

Fremgangsmåten for småskalaforsøkene var ikke i henhold til noen standard. Det var ikke muligheter til å justere ovnstemperaturen i henhold til oppvarmingskurven.

Bomullsdotten som ble benyttet var heller ikke behandlet, kondisjonert eller etter mål som var angitt i standarden.

Fuge 3 og 4 ble heller ikke like utsatt for brannen som fuge 1 og 2 da disse to var nærmere brannstedet, derfor fremkommer noe lavere temperaturpåkjenning for disse.

4.4 Oppsummering forsøk

I dette kapitlet er det gjennomgått alt som har med forsøkene å gjøre:

- Riggen ble bygget opp i materiell som kategoriseres i murkonstruksjoner
- Riggen var konstruert på prinsipp, men gir en mer konservativ brannpåkjenning de første 60 minuttene.
- Det er utført 10 tester med ulike fugeløsninger, testvarighet for hvert forsøk var 90 minutter i utgangspunktet, men fokuset baserte seg for brannmotstanden inntil 60 minutter.
- Det ble benyttet propangass som brensel med en konstant effekt på 30kW.
- Utførte forsøk baserte seg på konservative løsninger, fugemateriell var direkte eksponert for brann uten tildekning.
- Alt fugemateriell som ble testet er material som blir benyttet i praksis på byggeplass



5.0 Diskusjon

Det er nå gjennomgått regelverk, bakgrunn for fuger, aktører som er involvert samt utført småskalaforsøk.

Regelverk i henhold til utførelse og dokumentasjon

Funksjonskrav i TEK10 må oppfylles. VTEK10 angir preaksepterte ytelser som vil tilfredsstillere funksjonskravene gitt av TEK10. Disse er mulig å fravike så lenge andre løsninger kan dokumenteres at de er like gode eller bedre. De deler av en bygningsdel, som for eksempel fuger, må hver for seg bli dokumentert at de oppfyller ytelseskravene for bygningsdelen gitt i veiledningen. Produkter som blir benyttet må dokumenteres at de innehar egenskapene for sitt bruksområde.

Byggeveredirektivet er de som regulerer dokumentasjonskravet til byggevarer. Byggeveredirektivet forutsetter at alle byggeprodukter skal være dokumentert i henhold til retningslinjene til CE-merking. Dette vil si at CE-merking ikke bare gjelder for produserende, men også for utførende. Dette er på grunn av at de utførende aktørene må benytte byggeprodukter som er dokumentert i henhold til CE-merking.

CE-merking er en dokumentasjon av produktegenskaper som gjør det mulig å avgjøre om et produkt tilfredsstiller nasjonale forskriftskrav til sitt bruksområde. SINTEF Byggforsk tester og dokumenterer produktene i Norge. For produkter som testes av SINTEF er det muligheter for å sjekke nasjonale krav i tillegg til retningslinjene til CE-merking.

En stor fordel med en slik ordning er at en slik løsning er «sikker» på grunn av at produsenten eller leverandøren går god for alle kravene som stilles for produktet. Produsenter lager monteringsanvisninger og brukerveiledninger som det er viktig at utførende aktører følger nøye, det er nemlig i detaljene at byggekvaliteten bestemmes, se kapittel 2.9. Ved å benytte en slik løsning slipper den utførende aktøren en stor dokumentasjonsjobb da løsningene ofte er godt nok dokumentert.

Et faremoment med en slik løsning er at slik det kommer frem i spørreundersøkelsen, i intervju med Firesafe og konsulent, er at slurv ved utførelse av fuger forekommer. Dette mener også SINTEF, se kapittel 2.72. Sertifiserte brannsikringsfirmaer som Firesafe slurver sjeldent på grunn av god produktdokumentasjon og kvalitetssikring av det utførte arbeidet.

I større byggverk, tiltaksklasse 2 og 3, er det krav om uavhengig kontroll på temaer som blant annet materialeegenskaper og hovedbæresystem. Uavhengig kontroll kreves i prosjekterings- og utførelsesfasen. En positiv side i dette er at de materialene som blir benyttet (fugemateriell) og som til sammen utgjør en bygningsdel (fuger i murkonstruksjon) må dokumenteres slik at de eventuelle ytelseskravene blir oppfylt. Dette vil gi en større sikkerhet for kvalitetssikring i prosjekterings- og utførelsesfasen. En negativ side med dette vil være at det blir et større arbeid med å dokumentere alle materialer som blir benyttet i en bygningsdel, spesielt når man må dokumentere flere komponenter som utgjør bygningsdelen. Dette gjelder også for betongkonstruksjoner.

SINTEF har utarbeidet en veiledning på hvordan dokumentasjonen på utført arbeid kan gjøres tilstrekkelig. En mulig dokumentasjonsmåte er å benytte monteringsanvisningen fra produsenter av materialene. Det kommer frem i spørreundersøkelsen at det er flere bedrifter som benytter denne måten.

VTEK10 henviser til SINTEF detaljblader som gode verktøy for mulige løsninger. SINTEF har kommet med en veiledning til elementfuger og med denne veiledningen kan det være gode muligheter til å videreutvikle en mulig preakseptert løsning for horisontale og vertikale fuger. SINTEF er de eneste i landet som kan godkjenne og dokumentere sertifiserte løsninger. En stor interessekonflikt vil være at hvis SINTEF blir med på en utarbeidelse av en preakseptert løsning vil det muligens ikke lenger være større behov for sertifiserte løsninger.



Synspunkter fra aktører

Når det gjelder intervjuer og undersøkelser er det flere usikkerhetsmomenter som må tas hensyn til. Dette er blant annet at intervju og undersøkelser ble utført tidlig i prosessen, noe som kan bety noe mangelfull innsikt i temaet. I tillegg ville det kanskje vært andre spørsmål og vinklinger som følge av mer erfaring og forståelse innen temaet.

Ut fra det aktører har svart kommer det frem ulike meninger og synspunkter, dette gjelder hvem som skal utføre arbeidet, hvordan det skal utføres og dokumenteres samt interessen for en preakseptert løsning og en Norsk Standard.

DiBk mener at utførelse etter monteringsanvisninger fra produsenter kan gjøre dokumentasjonen enklere. Når det gjelder utarbeidelse av en Norsk Standard så ville dette kunne være greit å forholde seg til sammen med produktdokumentasjon. For utførelse av fuger og hvem som skal kunne utføre arbeidet burde muligens kompleksiteten og omfanget av arbeidet avgjøre hvem som burde utføre dette arbeidet.

Rockwool nevner at Conlit brannremse solgte dårlig på grunn av at det stod en beskrivelse om hvordan fuging burde utføres i Betongelementboken. Betongelementboken har en eldre beskrivelse på utførelse av fuger, men denne er for tiden satt til ikke gyldig.

I Firesafe har bedriften begynt med internt fagbrev i passiv brannsikring. Dette viser et tydelig fokus på kvalitetssikring på utført arbeid av sertifiserte løsninger. En av produsentene forklarer tydelig at det per i dag ikke er noe problem å starte et firma som utfører passiv brannsikring, med det menes det uten noen form for bakgrunn eller utdanning.

Videre sier konsulent og Firesafe at det slurves med utførelsen av fuger. Dette kan tyde på at det er lite bevissthet om problemstillingen rundt fuging og at det burde være et større fokus og bedre kvalitetssikring.

Det kommer frem i spørreundersøkelsen at 7 av 11 murerbedrifter benytter monteringsanvisningen og produktbeskrivelsen fra leverandører som dokumentasjon før de utfører arbeidet. Videre sier 9 av 10 bedrifter at de har en form for kvalitetssikring av det utførte arbeidet.

I mindre byggeprosjekter hvor bevisstheten på dokumentasjon kan være minimal vil det være mulig å anta at CE-merking ikke er tatt i betraktning.

I undersøkelsen til murerbedriftene ble det gitt en situasjon på en ikke-bærende murkonstruksjon. Spørsmålet handlet om hvilke løsninger som kunne være gode nok i henhold til brannetting (EI). 4 av 11 bedrifter mener at det ikke vil være bra nok med å dytte mineralull og mørtelfuge på hver side. 2 av 11 bedrifter mener at det bør være sertifiserte bedrifter som tar seg av brannettingen. Ut ifra dette er det til sammen 6 av 11 bedrifter som mener at en løsning med mineralull og mørtelfuger ikke er bra nok. Ut ifra resultatene fra småskala-forsøkene kan det være muligheter for at en slik løsning faktisk kan holde stand.

Forsøk

Fuger i praksis vil ha mye større grad til kompleksitet. Dette vil avhenge av lengden på fugen, arbeidshøyden opp til fugen, ujevnheter i fugehøyden og bruk av forskjellige materialer, se kapittel 1.3.

For å illustrere dette ble det laget en fugerigg, se vedlegg A. Hensikten med dette var for å se på hvordan resultatet ved dytting av steinull ble i de forskjellige fugeåpningene over en større lengde.

Resultatet viser at med en fugeåpning på 30 mm var utførelsen av dyttingen nokså enkel samt at det var mulig for en viss kontroll på hvordan isolasjonen ble fordelt i fugeområdet. Sammenlignet med en fugeåpning på 15 mm var utførelsen mer kompleks å utføre. Det var mye vanskeligere å fordele isolasjonen i fugeområdet og få et overblikk på hvordan isolasjonen ble fordelt. Etter utførelsen av fugene ble fugeriggen delt for å se på resultatet av dyttingen. Ut fra resultatene kommer det frem at med en fugehøyde på 15 mm var det stor variasjon på fordelingen av isolasjonen i fugeområdet, se bilder vedlegg A.

Det kommer frem at kraftoverførende fuger (REI) har en mindre fugespalte enn 15 mm. Alle fugesituasjoner der spalten er 15 mm eller mindre vil det sannsynligvis være vanskelig å dytte inn isolasjon. Dyttingen vil dermed ta lenger tid og vil kreve mer nøyaktighet. På en byggeplass vil prinsippet «tid er penger» derfor bli en utfordring. Det vil derfor være behov for en solid kvalitetssikring av fugearbeidet.

Ut fra småskalaforsøkene kommer det frem gode resultater ved å benytte steinull utført med komprimeringsgrad. Variasjon i fugespalten virker avgjørende på hvor mye fugen blir utsatt for brann. Ved 15 mm spalteåpning ble ikke fugene like utsatt for brannpåkjenningen som når det ble gjort forsøk med 30 mm og 50 mm spalte. Dette ble dokumentert ut fra temperaturmålinger, ved observasjon og hvordan fugene så ut etter forsøkene. I alle forsøkene med mineralull ble det observert kald røyk ut av fugene, dette var ikke i strid med ytelseskriteriene gitt av standard for prøving av brannmotstand. Under utførelsen av fugging med slurv, var det små marginer for at fugen ble helt tett for røykgjennomtrengning.

I en ikke-bærende konstruksjon mener både SINTEF og Rockwool at det burde benyttes steinull som fugemateriell. I noen av forsøkene ble det benyttet glassull fra Glava. Glava sier i klartekst at denne type produkt ikke skal benyttes til brannetting. Det ble testet glassull fra Glava, utført med komprimeringsgrad, for å se hva som skjedde med glassullen når den ble eksponert for brann. Fenol, bindeleddet som binder glassulltrådene i dette materialet, hadde en vesentlig større pålitelighet enn det som ble beskrevet i kapittel 4.1.3. Fenol er også benytte som et bindeledd i steinull. Glava sin glassull hadde gode resultater og holdt god stand i den tid forsøkene ble utført.

I praksis og i større skala vil utførelsen av fuger være mye mer kompleks enn utførelsen som ble gjort i riggen. Småskalaforsøket hadde sine fordeler med at fugene var lett tilgjengelige, hadde små volum samt at dyttingen ikke ble for kompleks. Ulempen med forsøket var at testutstyr og konstruksjon ikke var helt i henhold til standarden for prøving av brannmotstand. 5 av 10 forsøk hadde like stor eller større branntemperatur i henhold til oppvarmingskurven inntil 60 minutter, se kapittel 4.2.1 figur 15. Forsøket hvor anbefalt løsnings (forsøk 6) ble utført var brannpåkjenningen større enn oppvarmingskurven inntil 60 minutter var passert.

Forsøkene hvor ytelseskriteriene ble brutt var i forsøk 7 hvor det ble benyttet vanlig byggsaum og i forsøk 10 hvor det var utført en vertikalfuge med steinull med komprimeringsgrad på 10 prosent.

Byggsaummet produserte mye røyk etter veldig kort tid. Røyken skilte seg ut fra de andre forsøkene ved at den var veldig mørk, hadde markant lukt og at luften i rommet ble opplevd som ubehagelig å puste i.

VTEK10 sier det er greit å benytte brennbar isolasjon så lenge denne tildekkes, støpes eller mures inn, men hvis utførelsen av tildekningen av den brennbare isolasjonen er slurvet med, kan dette føre til at den brennbare isolasjonen antennes. SINTEF forklarer tydelig at det slurves på byggeplass, se kapittel 2.7.2.

Ut fra dette så vil det være store usikkerhetsmomenter i henhold til prosjekteringen og utførelsen og hvor god denne løsningen egentlig er.



Det ble også testet FS-GPG brannmasse fra Glava og Conlit brannremse fra Rockwool. Disse produktene hadde meget gode resultater og var veldig brukervennlige.

GPG var pulver som ble blandet med vann og dannet en formbar masse som var lett å arbeide med. Denne ble utført etter monteringsanvisning og blandet som stiv blanding. Det ble benyttet noe steinull som dytningsmotstand.

Conlit brannremse var meget lett å jobbe med. Monteringsanvisningen ble fulgt og massen ble beregnet etter en komprimeringsgrad på 40 prosent som angitt i monteringsanvisningen. Brannremsen var lett å brette og plassere i åpningen.

Resultat fra forsøkene viser at i horisontalfuger holder fugen motstand med 5 prosent komprimeringsgrad ved bruk av steinull, men komprimeringsgraden bør være 10 prosent eller mer for å sikre at det er nok masse for å tette fugeåpningen. For vertikale fuger var steinull med komprimeringsgrad på 10 prosent ikke godt nok. I utførelsen av vertikalfugen ble det vanskelig å fordele massen jevnt i åpningen.

SINTEF har utarbeidet en løsning for elementfuge. Dette går ut på å dytte steinull med densitet på over 30 kg/m³ som har et smeltepunkt på 1000 °C. En positiv side her vil være at det er mulig med en videre utvikling av denne type løsning som er mer tilpasset horisontale fuger i murkonstruksjoner. SINTEF er også de eneste nasjonalt som kan teste og gi godkjent produktdokumentasjon til sertifiserte løsninger.

Anbefaling til løsning for utførelse

Ut ifra resultater fra småskalaforsøkene vil en anbefaling for EI60 bygningsdel være å benytte steinull med en komprimeringsgrad på minst 20 prosent. Dette gjelder for vertikalfuger med spalteåpning på 20 mm og horisontalfuger med en spaltehøyde mellom 15 mm til 50 mm. Videre kan det være hensiktsmessig å forsegle steinullen med en fugemasse som er elastisk og har branntekniske egenskaper. Dette er på grunn av langtidslaster, som for eksempel en situasjon der fugen mellom vegg og etasjeskiller kan ha stor sannsynlighet for nedbøyning.

Merk at fugespalte på 15 mm hadde en vanskelig utførelse når det gjaldt dytting og bretteing av steinull.

Dette gjelder ikke-bærende mur- og betongkonstruksjoner.

Ut ifra resultatene fra småskalaforsøkene vil anbefalingen være et godt utgangspunkt til videre forskning til en preakseptert løsning. Ettersom det kun er utført 2 av 10 tester med vår anbefaling vil dette kreve videre testing i en større skala med et større utvalg tester og kriterier gitt korrekt etter standarder for prøving av brannmotstand.

Det er ikke blitt utført forsøk for bærende konstruksjoner og det er ikke utført noen forsøk der fugespalten er mindre enn 15 mm, derav kan ikke en anbefaling gis på dette området.



6.0 Konklusjon

Ut ifra resultater og undersøkelser bør det kunne utarbeides en preakseptert løsning.

Dokumentasjonsmengden vil bli vesentlig mindre ved å ha en preakseptert løsning. Slik det er per i dag må fugeløsningene dokumenteres tilstrekkelig. Behovet for dokumentasjon i henhold til produkter er at alle produktene er dokumentert etter retningslinjene til CE-merking. SINTEF har en veiledning på hvordan dokumentasjonen kan utføres tilstrekkelig, dette gjelder for utførende. Uavhengig kontroll vil også være med på å kvalitetssikre dokumentasjonen.

SINTEF Byggforsk kunne helt klart være en nøkkel for videre forskning for utarbeiding av en preakseptert løsning for fuger i mur- og betongkonstruksjoner. VTEK10 refererer enkelte ganger til SINTEF Byggforsk detaljblader på grunn av at dette anses som gode løsninger. I en utarbeidelse av en preakseptert løsning vil dette kunne føre til mindre etterspørsel for sertifiserte løsninger.

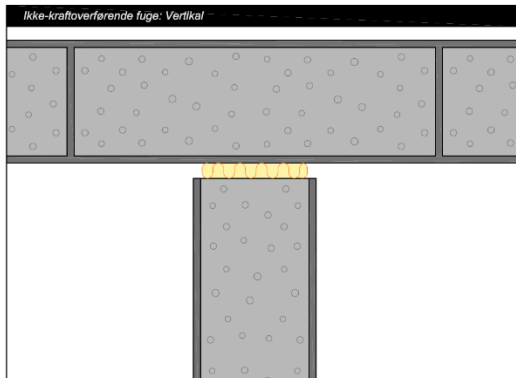
Ut fra hva de forskjellige aktørene mener ser det ut som det er uenigheter på temaet. Dette gjelder hvem og hvordan fuging bør utføres, om fuging oppleves som et problem slik det blir utført per i dag og om muligheten for en preakseptert løsning.

Anbefaling for en fuge i en EI60 konstruksjon vil være steinull utført med en komprimeringsgrad på 20 prosent hvor vertikalfugen har en spalte på 20 mm og horisontalfugen har en spalte mellom 15 mm og 50 mm.

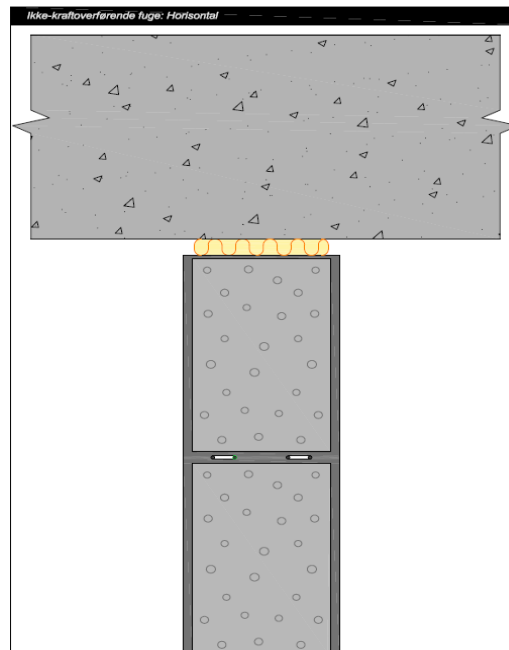
Det anbefales sterkt at småskalaforsøket blir tatt videre og testet med et storskalaforsøk med utstyr og retningslinjer som er angitt i standard for prøving av brannmotstand.

På neste side er en et forslag til en monteringsanvisning på fuge i en EI 60 konstruksjon.

Monteringsanvisning til anbefalt løsning:



Figur 19: Vegg/vegg



Figur 20: Vegg/dekke

Figur 19 viser utførelsen for vertikalfuge i mellom vegger.

Figur 20 viser utførelse for horisontalfuge i mellom vegg og dekke.

- Steinullen skal ha en komprimeringsgrad på minst 20 prosent.
- Eksempel på beregning vises i vedlegg G. For montering av steinullen vil det være en fordel at fugespalten er 20 mm eller mer.
- Denne fugen bør forsegles slik at mineralullen ikke mister sin plass i fugeområdet. Det er viktig at denne forseglingen har egenskaper lik ytelseskravet for bygningsdelen, EI 60.
- For enkel montering tilskjæres og brettes remsene før de dyttes inn, ved større åpninger enn 20 mm dyttes flere lag inn i fugeområdet. Se vedlegg M.
- Påse at skjøtene på remsene blir forskjøvet i fugeområdet.



Referanser

- [1] Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap(DSB) & Statens bygningsetat(BE). Evaluering av brann 9.juni 2007 i Sveio Omsorgssenter.Tønsberg: DSB; 2007
- [2] Weber. Proffhåndbok for Weber.Alnabru:Weber-Norge;-
- [3] Alexander, Sven & Vinje, Leidulv, & Wilberg, John. Betongelementboken, Bind A. Asker: SB Grafisk; [1995; 06.05.2014].
<http://www.informaticsnet.no/>
- [4] Direktoratet for byggekvalitet (DiBk). Byggeteknisk forskrift med veiledning (TEK10). Rev.2013. Norge:DiBk;2010
- [5] Soilammi, Ari. 321.025 Brannsikkerhet. Dokumentasjon av prosjektering, utførelse og kontroll – oversikt. Norge: SINTEF Byggforsk; 2013
- [6] Bjørkman, Wiran R. Preakseptert, hva er nå det da? Norge: Statens Bygningstekniske etat; [2001;15.03.2014].
<http://netmac1.dibk.no/beweb/info/benytt/20013/preakseptert.html>
- [7] Prestemo, Hanne. Introduksjon-byggevevareforordningen. Norge: DiBk;[2013,24.05.2014].
<http://www.virke.no/bransjer/bransjeartikler/Documents/2prosent20Hanneprosent20Prestmoprocent20Prese-ntasjonprosent20Introduksjonprosent20Virke.ppx.pdf>
- [8] Edvartsen, Knut Ivar. 570.001 Dokumentasjon av egenskaper for byggprodukter. Norge: SINTEF Byggforsk; 2008
- [9] Hentet fra forelesning i brannteknisk prosjektering, preaksepterte løsninger, vår 2013, Høgskolen Stord/Haugesund.
- [10] Solvik, Fred & Flakanger, Thor. Plan- og bygningsloven. Norge;[-;14.02.2014]
<http://snl.no/plan- og bygningsloven>
- [11] Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven). Norge: Lovdata;2008
- [12] Direktoratet for byggekvalitet(DiBk). Veiledning, uavhengig kontroll. Norge:DiBk; 2012.
- [13] Statens Bygningstekniske etat. HO: Produktdokumentasjon, temaveiledning. 1 utgave. 1 opplag 11-2206. Oslo: Norsk Byggtjenestes Forlag; 2006
- [14]SINTEF. Byggforsk. Norge;[-;14.02.2014]
<http://www.sintef.no/Byggforsk/>
- [15] Krohn, Jan Chr. 520.320 Brannteknisk klassifisering og dokumentasjon av materialer og bygningsdeler. Norge: SINTEF Byggforsk; 2007
- [16] Krohn, Jan Chr. 520.322 Brannmotstand for vegger. Norge: SINTEF Byggforsk; 2007
- [17] Bjelland, Henrik & Lundby, Bjørn. 321.028 Brannteknisk utførelse. Dokumentasjon og kontroll i byggefaser. Typer og egenskaper. Norge: SINTEF Byggforsk; 2013



- [18] Standard.no. NS-EN 1996 Eudokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner. Norsk Standard; (1996;16.02.2014).
<http://www.standard.no/fagomrader/bygg-anlegg-og-eiendom/eurokoder1/eurokode-6/>
- [19] Johannesen, A., Kristoffersen, L. & Tufte, P.A. Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag. 3 utgave. Oslo: Abstrakt forlag; 2011.
- [20] Dibk. Om oss.
<http://www.dibk.no/no/Systemside/HeaderMenu/Om-oss/> (Lest 26.01.2014)
- [21] Rockwool. Om oss.
<http://www.rockwool.no/om+ROCKWOOL> (Lest 20.03.2014)
- [22] Glava. Om oss.
<http://www.glava.no/om-glava/> (Lest 20.03.2014)
- [23] Firesafe. Om oss.
<http://www.firesafe.no/om-firesafe/> (Lest 20.03.2014)
- [24] CEN/TC. NS-EN 1366-4.2006 + A1 2010: Prøving av brannmotstanden til tekniske installasjoner Del4: Fuger. 2 utgave. Norge: Standard Norge & Standard Online AS;2010
- [25] CEN/TC. NS-EN 1363-1 Prøving av brannmotstand Del 1: Generelle krav. 1 utgave. Norge: Standard Norge& Pronorm AS; 1999
- [26] Hisdal, Jorun-Marie & Kvande, Tor. 571.201 Murverk. Materialer, typer og egenskaper. Norge: SINTEF Byggforsk; 2011
- [27] Weber. Leca universalblokk.
<http://www.weber-norge.no/lecar-blokk/produkter-loesninger/leca-blokker/lecar-universalblokk/lecar-universalblokk.html> (lest 15.02.2014)
- [28] Thue, Jan Vincent. Mørtel. Norge; [-; 08.01.2014].
<http://snl.no/mprosentC3prosentB8rtel>
- [29] Leca. Teknisk håndbok: 4 Prosjektering og utførelse av Leca murverk. Norge: Weber Norge[-; 07.03.2014].
http://www.webernorge.no/fileadmin/user_upload/Brosjyrer/Lecaprozent20tekniskprosent20haandbok/LT Hprosent20kap.prosent204prosent20Prosjekteringprosent20ogprosent20Utfrelseprosent20avprosent20Lecaprozent20murverk.pdf
- [30] Boye Skogstad, Hans. 573.344 Varmeisolasjonsmaterialer. Typer og egenskaper. Norge: SINTEF Byggforsk; 2004
- [31] Reimholdt Bernatek, Erling. Fenol. Norge; [-; 08.01.2014].
<http://snl.no/fenol>
- [32] Rockwool. Conlit brannremse. Rockwool;2009.
<http://download.rockwool.no/media/7770/8-45.pdf>
- [33] Leikanger Friquin, Kathinka. 573.107 Fugeskum av ènkomponent polyuretan. Egenskaper og bruk. Norge: SINTEF Byggforsk; 2003
- [34] Glava A/S. FS GPG. Revisjon 2. Norge: Glava; 2007.
http://www.glava.no/sitefiles/1/dokumenter/ProdDok_1972_1.pdf



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

BMB

[34] Glava A/S. FS GPG. Revisjon 2. Norge: Glava; 2007.

http://www.glava.no/sitefiles/1/dokumenter/ProdDok_1972_1.pdf

[35] Glava A/S. ISOVER FIREPROTECT 150. Revidert 24.04.2014. Norge: Glava; 2014

http://www.glava.no/sitefiles/1/dokumenter/ProdDok_579_1.pdf

[36] Andersen, Jan Erik, Propan, powerpoint,[-; 10.04.2014]

www.branntmannen.no/Files/Filer/Presentasjoner/Propan.ppt

Vedlegg A Fugeriggen

Det er interessant å finne ut om hvordan kvaliteten på dyttingen blir i de forskjellige høydene av fugene. Høyden på fuger varierer alt fra 5 – 30 mm, noen tilfeller kan fugen bli opptil 50 mm.



Høydene på fugene, som ble testet over flere forsøk, var 15- og 30 mm. Lengdene på disse fugene var ikke lengre en 250 mm, i test riggen (adskilt med hard steinull). Se figur 1, skrå pil markert svart.

På denne riggen ble dyttingen av mineralullen i fugene kontrollert grundig, og utført nøyaktig.

For å se hvordan kvaliteten på dyttingen av mineralullen blir i en fugen, ble det laget en fuge rigg. Riggen består av to 48x98 mm hvit, justert trelast. Lengden på riggen er ca. 2 meter.



Fest materiale som ble brukt var, avstandsklosser og skruer. Figur 2, merket med svart pil, en av avstandsklossene. Skruene ble montert i bakkant av riggen.

Riggen ble utført med avstandsklosser på 15- og 30 mm. Dette er en rigg som har en ideell arbeidshøyde, på en bygge plass, vil en fuge som skal tettes, ikke kunne nås uten stilas og i verste fall en arbeidslift.

Mineralullen som ble brukt i fugeåpningene ble veid opp, og tilpasset målene på fugen.



Mineralullen som ble brukt i riggen har en dyttingsgrad på 20 prosent. På både 15- og 30 mm fuge høyde.



Mineralullen ble skåret med en bredde på 100 mm. Dette på grunn av målene på fugedybden.

Forsøk 1

- Høyde på fuge i riggen, 15 mm.
- Mineralullen ble tilpasset dybden på fugen, 100 mm.
- Dyttings grad 20 prosent

Utførelsen av dyttingen var nokså vanskelig, mineralullen hadde densitet på 45 kg/m^3 . Mineralullen ble delt opp i mer passende biter, for å få en mer jevn fordeling i fugen åpningen. Ved å brette mineralullen, og bruke et flatt vinkeljern, var det mulig å dytte veldig tynne, små biter inn i åpningen.

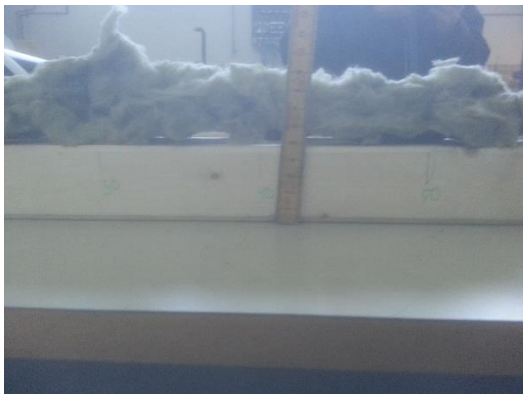
Etter at dyttingen ble avsluttet, ble det venting på at mineralullen skulle, sette seg inne i fuge spalten. Etter en stund skrudde vi opp riggen, for å se på ujevnheter etter dyttingen.



Figur 5 viser forskjellene i høyden, etter at riggen ble delt opp. Det er en differanse opptil 20 mm.

Der høyden på mineralullen er lavest, der mineralullen ikke blir klemt i fugerommet, kan røyken kunne trenge lettere igjennom.

Ved en fuge høyde på 15 mm, er det helt klart vanskeligere å få en god og jevn kvalitet på dyttingen.



Dette partiet, figur 6, har en større mengde mineralull i fugen. Her var kvaliteten på dyttingen bedre enn forrige parti, figur 5.



Figur 7, viser en mer jevn dyttings kvalitet enn på figur 5. Men ikke bedre enn figur 6.

Enkelte steder blir kvaliteten på dyttingen dårligere, noe av dette kan skyldes at høyden på fugen er for liten, til å få brettet mineralullen og dytte inn i åpningen.

Forsøk 2

- Høyde på fuge i riggen, 30 mm.
- Mineralullen ble tilpasset dybden på fugen, 100 mm.
- Dyttings grad 20 prosent

Utførelsen av dyttingen var nokså lett, mineralullen hadde densitet på 45 kg/m^3 . Mineralullen ble igjen delt opp i mer passende biter, for å få en mer jevn fordeling i fugen åpningen.



Ved å brette mineralullen, og bruke hendene, var det mulig å dytte bitene inn i åpningen. Dette ga større kontroll på hvordan mineralullen ble dyttet og plassert inn i åpningen.

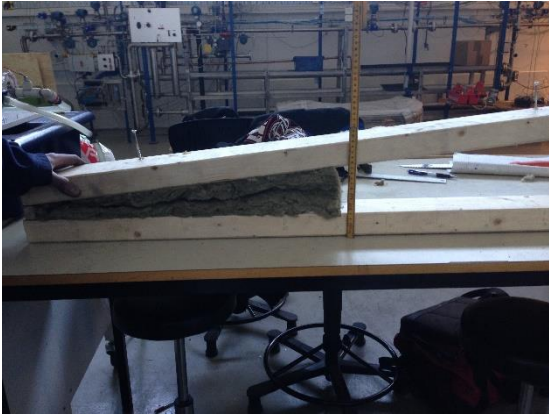


Når fuge høyden var så stor som 30 mm, ble mineralullen delt opp, og brettet. Det gikk to remser inn i dybden på fugen.



Etter dytting av mineralull, ble riggen skrudd opp. Det var interessant til å se hvor bra de brettede mineralull biten tettet, derfor ble øverste delen av riggen holdt igjen i venstre ende (se figur 10, hånden, venstre side).

Ved å løfte den andre enden, vil riggen sprike, slik at det er mulig å se om mineralullen tetter.



Fra en fuge høyde på 30 mm, spriker fuge på figur 11, ca. 90 mm, enda holder mineralullen sin fasong, og ligger i ro.

Dette kan gi et bra resultat, ved at mineralullen presser seg imot de overflatene i fugene som ikke er homogene (flater som er ujevne).



Et sprik på rundt 120 mm, viser figur 12. Mineralullen klemte nok alle overflater opptil et sprik på 100 mm mest trolig.

Vedlegg B Intervju DiBk

Det ble foretatt et lite intervju med Trond S, Andersen som er ansatt i DiBk avdeling for bygg og byggeprosess angående fuger.

1. Hva står det allerede beskrevet i forskrifter og veiledninger angående utføring og dokumentasjon for fuging i mur og betong konstruksjoner?

Tekniske løsninger er ikke den del av regelverket. TEK10 angir funksjonskrav (også noen ytelseskrav), mens VTEK angir preaksepterte ytelser. Ellers er TEK kapittel 2 og 3 relevant i forhold til dokumentasjon.

2. Mener Dere at det bør være en norsk standard på dette området?

En standard kan være grei å forholde seg til sammen med produktdokumentasjon.

3. Hvilke alternativer for pre-aksepterte løsninger mener du er god nok? (Type mørtelfuger, dytting av mineralull, glassull, steinull utført av murere på byggeplass ...?)

Litt usikker på hva som menes med spørsmålet. Preaksepterte ytelser for fuging angis ikke i regelverket, men krav til brannmotstand skal ivaretas. Det tenkes kanskje på alternativer for tekniske løsninger?

4. Vil du mene at sertifiserte løsninger er gode nok og bør benyttes?

Sertifiserte løsninger med monteringsanvisning letter dokumentasjonsjobben.

5. Hva bør dokumenteres ved utførelse av fuging?

At monteringsanvisninger er fulgt og at produktene har dokumenterte egenskaper.

6. Hvorfor mener du at er det ikke gjort rede for en spesifikk pre-akseptert løsning i veiledningen for funksjonskravene i TEK10 på dette området? Er det behov for dette?

TEK10 angir ikke tekniske løsninger, det er ikke en del av regelverket.

7. I så fall, hva må til for at det legges grunnlag for en spesifisert pre-aksepterte løsning? (Brannhendelser, felles enighet blant partene, annet?)

Se svar på spørsmål 6.

8. Ved en veiledning for en eventuell pre-akseptert løsning, bør denne være generell for alle typer skillende vegger, eller spesifikk for hver skillevegg med ulik brannmotstand?

Det kan være noe produktavhengig

9. Hvor stor vil dokumenteringsbyrden være etter den nye byggevareforordningen?

Det fremkommer etter forskriften og kommende veiledning til denne. Dokumentasjonsbehovet er stort sett det samme som tidligere.

10. Finnes det noen løsninger fra utlandet som du mener vil være aktuelle for en norsk standard?

Det er helt sikkert dokumenterte tekniske løsninger utenlands som kan benyttes her.

11. Mener dere at fuger bør utføres av firmaer med spesialkompetanse, ansvarsrett og at det skal være uavhengig kontroll?

Det kommer helt an på kompleksiteten.

12. Ser dere et problem med dagens fugeløsninger som blir utført i dag?

Ikke om det velges dokumenterte løsninger.

**13. Hva mener du ligger til grunn for at det ikke er utarbeidet en norsk standard på området?
(Interessekonflikter, økonomi, monopol?)**

Det kan ha sin sammenheng i at det er flust av produkter å velge imellom og med forskjellige egenskaper

Vedlegg.C Intervju produsere

Per dags dato er Rockwools slagord «Brannsikker Isolasjon». AS ROCKWOOL er et heleiet norsk datterselskap av ROCKWOOL International A/S, verdens største steinullprodusent med salgskontor i over 40 land, og 27 fabrikker i 17 land. Rockwool har to produkter som kan benyttes i horisontale fuger: Conlit brannremse og Rockwool tetteremse. Conlit brannremse hadde SINTEF godkjenning for noen år siden, men godkjenningen gjelder ikke lenger i 2014. Conlit har senere blitt testet i Dansk branninstitutt, tilsvarende brannlaboratoriet til SINTEF, der den har fått godkjenning. Allikevel har Conlit brannremse blitt fjernet fra Rockwools sine nettsider, men det er likevel muligheter til å få tak i det.

Det vil være Rockwools steinull som blir benyttet i forsøkene.

Firmaet GLAVA AS er et norsk privateid industriselskap, der glassull er hovedproduktet. Ordet GLAVA er sammensatt av ordet glassvatt. GLAVA omtaler seg selv som «Ekspert på norske forhold siden 1935». Utenom glassull, som blir benyttet i forsøkene, har GLAVA akrylmasse som kan benyttes til brannsikker tetting av fuger.

Firesafe er totalleverandør innen brannsikring med aktiviteter som brannteknisk rådgiving, utførelse, kontroll og service, og salg av spesialprodukter innen brann. Firesafe AS har sentral godkjenning for ansvarsrett etter plan- og bygningsloven innen følgende områder:

- Søker i tiltaksklasse 2
- Prosjektering av Brannkonsept i tiltaksklasse 3
- Prosjektering av Brannalarm, nødlys og ledesystem i tiltaksklasse 3
- Utførelse av overordnet ansvar for utførelse (bygninger, anlegg eller konstruksjon, tekniske installasjoner) i tiltaksklasse 2
- Kontroll av Brannsikkerhet i tiltaksklasse 3

Firesafe selger og benytter produkter fra blant annet av Rockwool og Glava

Det finnes ikke noe regelverk direkte om utførelse av fuging. Det finnes heller ingen Norsk Standard. Hva mener du om dette? Vil det være nødvendig med en standard?

På dette spørsmålet er Glava og Rockwool uenige. Glava mener at burde gjøres en standard, mens Rockwool mener at det er produsenten eller leverandøren som bør bestemme hvordan dette skal utføres.

Hva mener du om fuging med gamle preaksepterte løsninger? Dytting av mineralull og mørtelfuge på begge sider?

Firesafe og Glava er enige om at en mørtelfuge var lite fleksibelt, og at dette kommer til å sprekke opp i lengden. Isteden mener de at fugemasse som GPG, Akrylmasse og Silikon, med bakfylling, burde brukes fremfor mørtelfuge.

Rockwool savner dokumentasjon på området. Trond Olsson mener at det godt kan være at denne løsningen er bra nok, men da trengs det mer dokumentasjon og testing. Rockwool solgte dårlig med Conlit brannremse, på grunn av at det stod en beskrivelse om hvordan fuging burde utføres i betongelementboken. Dette mener Trond Olsson var for tynt, på grunn av at det ikke lå en test i grunn som viste at beskrivelsen i betongelementboken var god nok.

Rockwool driver med noe annet enn brannsikring, så det er ikke så rart at ikke Conliten har blitt tatt opp på nytt. Derfor er det viktig med sårne som oss som har dette som hovedfokus og kan dette. Vi vil bruke penger på å forske og få våre produkter godkjent.
(Jarle Sandal, Firesafe, 2014)

I henhold til byggeprosjekter med Leca innervegg, hvem mener du burde ta seg av denne biten? (Firmaer med spesialkompetanse innen fuging, murere etc?) I tilfelle, hvordan utfører dere dette?

Glava mener at det beste alternative vil være at dette burde ligge under murerutdanningen.

Du har brannskaper som driver med dette, driver med tetting og fuging, men du kan starte et slikt firma i morgen uten at noen hever øyenbrynene av det, det er ingen utdannelse.

(Henrik Norland, Glava, 2014)

Firesafe mener at ettersom murerens fokus ligger i å få veggen kosmetisk, blir ofte brann, røyk og gass glemt. Firesafe mener at firmaer med kompetanse og har brann som fag burde utføre dette. Jarle Sandal har mange skrekkehistorier med slurv på byggeplassen. Firesafe har begynt med et internt fagbrev for passiv brannsikring. Trond Olsson i Rockwool mener at firmaer i bakhånd må stå med ansvarsrett som utførende, og at de må ha rutiner på å kontrollere at jobben blir gjort riktig.

Følger det med en monteringsanvisning på produktene deres eller er dette «idiotsikkert»?

For å bruke produktene til Glava, Rockwool og Firesafe må utførelsen være slik monteringsanvisningen viser, dette er ikke idiotsikkert.

Monteringsanvisningen i seg selv er sikker, men setter du en mann som ikke kan dette, så er det usikkert. Avhengig av at han gjør en god jobb, og det er viktig at han blir fulgt opp skikkelig, kvalitetssikret (Jarle Sandal, Firesafe, 2014)

Vedlegg.D Intervju konsulent

Det ble foretatt et intervju med Stefan Andersson (Norconsult og HSH)

1. Kjenner du til fuging i mur og betongkonstruksjoner?

Ja.

2. Hva mener du er viktigheten for utførelse og dokumentasjon av fuger?

Litt usikker på om jeg tolker spørsmålet korrekt, men samsvar mellom utførelse og monteringsanvisning er alltid viktig, samt at det fremstår som helt tett.

3. Har du opplevd tilfeller hvor dårlig fuging har ført til at røyk/brannspredning?

Ja mange ganger. Spredning forbi utettheter i tilslutninger mellom bygningsdeler (vegg/tak for eksempel) i mur/betong pleier dog som oftest å begrense seg til røyklekkasje. Vanlige gjennomføringer pleier å være mer utsatt for omfattende røykspredning og iblant brannspredning.

4. Har du, ved tilstandsvurdering av passiv brannsikring, funnet avvik/fravik i denne sammenheng?

Ja.

5. Mener du at det burde kunne utarbeides en pre-akseptert løsning som inngår i en norsk standard for dokumentasjon og utførelse, eller bør sertifiserte firmaer med spesialkompetanse utføre jobben?

Det første alternativet. Spesialfirma er fine å ha, men bredden av norsk byggebransje må kunne gjøre dette rett uten å måtte bruke spesialfirma.

6. Er dokumentasjon og utførelse av fuging noe du opplever som et problem i dag?

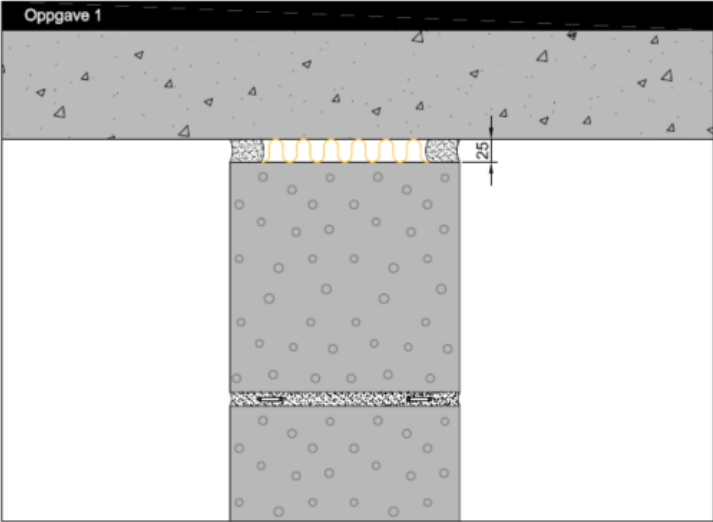
I viss grad ja.

7. Hva mener du ligger til grunn for at det ikke er utarbeidet en norsk standard på området? (Interessekonflikter, økonomi, monopol, eventuelle preaksepterte løsninger ikke gode nok?)

Jeg tror at det er lite bevissthet om problemstillingen.

Vedlegg.E Spørreundersøkelse utførende

Spørreundersøkelse av de utførende		
Spørsmål	Svaralternativer	Antallet svarte
Hvor mange års erfaring har dere i byggebransjen?	a. 0-5 år b. 5-10 år c. Mer enn 10 år	1 av 11 0 av 11 10 av 11
Hvor mange ansatte?	a. 1-5 personer b. 6-10 personer c. Mer enn 10 personer	6 av 11 2 av 11 3 av 11
Har dere sentral godkjenning på utførende?	a. Ja, på mur- og betongkonstruksjon i tiltaksklasse 1 b. Ja, på mur- og betongkonstruksjoner tiltaksklasse 2 c. Ja, på mur- og betongkonstruksjoner tiltaksklasse 3 d. Nei, har ikke godkjenning	3 av 11 6 av 11 1 av 11 1 av 11
Har dere sentral godkjenning på prosjekterende?	a. Ja, på mur- og betongkonstruksjon i tiltaksklasse 1 b. Ja, på mur- og betongkonstruksjoner tiltaksklasse 2 c. Ja, på mur- og betongkonstruksjoner tiltaksklasse 3 d. Nei, har ikke godkjenning	4 av 11 0 av 11 0 av 11 7 av 11
Følger dere noen veiledninger når det gjelder fuging?	a. Norsk Standard b. Veiledning til teknisk forskrift (VTEK 10) c. SINTEF veiledning d. SINTEF detaljblader e. Annen veiledning	5 av 10 0 av 10 1 av 10 4 av 10 0 av 10
Dokumenterer dere løsninger før de utføres på byggeplassen	a. Kun produktegenskapene som følger fra leverandør b. Nei, dette er idiotsikkert (Er vanskelig å gjøre feil) c. Nei, følger Norsk Standard (Løsning er dokumentert godt nok) d. Ikke behov for dette e. Annet	7 av 11 0 av 11 3 av 11 0 av 11 1 av 11
	a. Ja, med sjekklister (En uavhengig person bedriften) b. Ja, med en observasjonskontroll (Ser over det utførte arbeidet)	5 av 10 4 av 10

Dokumenterer dere løsninger som blir utført på byggeplassen	c. Nei, dette idiotsikkert (Er vanskelig å gjøre feil) d. Nei, følger Norsk Standard (Løsning dokumentert godt nok) e. Ikke behov for dette	0 av 10 1 av 10 0 av 10
<p>Bilde som blir vist i spørreundersøkelsen: Ved en feil utførelse, av denne veggkonstruksjonen.</p> 		
Tror dere at en brann kan spre seg gjennom en konstruksjon vist som bilde over?	a. Ja b. Nei c. Vet ikke	6 av 11 4 av 11 1 av 11
Oppgave 1 viser en løsning på fugetetting. Hvilken påstand er riktig.	a. Dette er godt nok med mørtelfuger og dytting av glassull b. Dette er godt nok, med mørtelfuger og dytting av steinull	1 av 11 4 av 11

	<ul style="list-style-type: none"> c. Dette er godt nok med kun mørtelfuge på hver side d. Dette må utføres av bedrifter med ansvarsrett og kompetanse e. Det er ikke godt nok med mørtelfuger og dytting av mineralull f. Vet ikke 	<ul style="list-style-type: none"> 0 av 11 2 av 11 4 av 11 0 av 11
<p>Mineralullen blir i denne situasjonen: <i>I spørsmål 9, har vi en situasjon hvor det er dyttet isolasjon av mineralull, og mørtelfuger på hver side. Hvis du/dere har valgt 9a eller 9b, handler dette spørsmålet om «dytting» av mineralull.</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> a. Komprimert minst 60 prosent av volumet i åpningen. b. Komprimert mer enn 40 prosent av volumet i åpningen. c. Komprimert mindre enn 40 prosent av volumet i åpningen. d. Dette blir ikke utført nøyaktig på byggeplassen. e. Dette har ingen betydning for veggens brannegenskaper. f. Vet ikke 	<ul style="list-style-type: none"> 1 av 9 2 av 9 1 av 9 2 av 9 2 av 9 1 av 9

Vedlegg F Utstyrliste forsøk

Produkt	Dimensjoner [mm]	Mengde	Kommentar
Riggen			
Leca: Tilpasningsblokker	150x250x500 [mm ³]	30 stk. + 3 til testing	3 [N/mm ²] / 770 [kg/m ³]: Disse må bestilles, slik at blokkene kan tørke, husk 15prosent.
Leca mørtel	Weber mix M5	2 stk.	Trykkfasthet: 5 N/mm ² Skal kun blandes med vann.
Bjelkelag	98x48 [mm ²]	5800 [mm]	En lengde på 3,5 meter En lengde på 3,0 meter
Branngipsplate	1200x2400x15 [mm ³]	1 stk.	Denne skal deles på midten: 2x 1200x1200
Sponplater	600x2400 [mm ²]	2 stk.	To lag med sponplate, på grunn av oppbyggelse fra europallen. Disse lagene skal forsikre at ikke mørtel fugene blir ødelagt, om flytting av rigg.
Skruer	-	-	-Liten pakke til bjelkelaget min. lengde 120 mm. -Liten pakke med sponplate skruer, husk to lag. -Liten pakke gipsskruer, husk to lag.
Vinkeljern	50x50 [mm ²]	8stk.	For innfesting av bjelkelaget til pallan.
Termoelement	3 mm	10 stk	Type K
Støtteramme for termoelement	-	-	Ramme av planker, både for vertikale og horisontale fuger
Propanbrenner	240*140*150 [mm ³]	1 stk	-
Propan	-	-	Propan til å holde i 90 min per forsøk
Propantank	-	2 stk	Propantankene blir satt i hver sitt kar med vann, for avkjøling. Propan har et kokepunkt på - 42°C, så tilførsel av vann på 10 °C vil hjelpe som oppvarming av tanken, som gjør at gasstrømmen øker. [36]
Referanseindikator for gasstrøm	-	-	-
Logger	-	1 stk	Fluke Hydra series 2.
Brannlab50	-	-	Program som benyttes til loggeren
PC	-	-	Dell
Forsøk			
Fugeløsninger	-	-	Ligger i kapittel 4.1.7
Bomull med klemme å holde i	-	-	Ser på antennelse av bomull [E]. Ikke forhåndsbehandlet.
Videokamera	-	1 stk	Canon HD Legeria HF G10
Fotokamera	-	1 stk	Canon EDS 11000

Vekt	-	1 stk	Nøyaktig vekt for å male opp mineralullmassen
Avstandsklosser	48* 25*5 [mm ³] 48*25*10 [mm ³] 48*25*15[mm ³] 48*25*30 [mm ³] 48*25*50[mm ³]	8 stk 8 stk 8 stk 8 stk 8 stk	Avstandsklosser blir brukt for å måle høyden til fugen. Disse ble skyvet 25 mm inn bakfra.
Meterstokk	-	1 stk	Brukes for å måle hvor mye fugen har krympet
Postit lapper	-	5 stk	Brukes for å skille blokkene

Vedlegg.G Eksempel på utregning for steinull med komprimeringsgrad

Eksempel på utregning av Rockwool steinull 40prosent komprimeringsgrad

$$\text{Fugelengde: } L = 0,25\text{m}$$

$$\text{Fugebredde: } B = 0,125\text{m}$$

$$\text{Spaltehøyde: } H = 0,05\text{m}$$

$$\text{Volum fuge} = L \cdot B \cdot H = 0,25 \cdot 0,125 \cdot 0,05 = 0,00156\text{m}^3$$

Dette er ordinærvolumet, ut fra dette blir massen med steinull beregnet

$$\text{Densitet steinull: } \rho = 45 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Masse steinull: } m = \rho \cdot V = 45 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00156\text{m}^3 = 0,0702\text{kg}$$

Dette er masse i henhold til ordinærvolumet, nå skal dette volumet beregnes ut ifra en 40prosent komprimeringsgrad

$$\text{Masse med som skal komprimeres 40prosent} = \frac{\text{Ordinær masse}}{(1 - 0,4)} = \frac{0,0702}{(1 - 0,4)} = 0,117\text{kg}$$

Dette er den nye massen som skal komprimeres 40prosent. Ordinærmassen er 60prosent av denne

$$\frac{0,0702\text{kg}}{0,117\text{kg}} = 0,6$$

Vedlegg H Beregningsmodell for forsøk

Beregningsmodell for forsøk										
Forsøk	Fuge	Material	Densitet [kg/m ³]	Lengde [m]	Bredde [m]	Spalte [m]	⁽¹⁾ Volum [m]	⁽²⁾ Masse [kg]	Dytningsgrad [0-1]	⁽³⁾ Masse med dytningsgrad [kg]
Forsøk 1	Fuge 1 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0188	0,4000	0,0313
	Fuge 2 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0188	0,4000	0,0313
	Fuge 3 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0188	0,4000	0,0313
	Fuge 4 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0188	0,4000	0,0313
	Fuge 5 (vertikal)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsøk 2	Fuge 1 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,4000	0,0703
	Fuge 2 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,4000	0,0703
	Fuge 3 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,4000	0,0703
	Fuge 4 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,4000	0,0703
	Fuge 5 (vertikal)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsøk 3	Fuge 1 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0094	0,4000	0,0156
	Fuge 2 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0094	0,4000	0,0156
	Fuge 3 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0094	0,4000	0,0156
	Fuge 4 (horisontal)	Glava glassull	20	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0094	0,4000	0,0156
	Fuge 5 (vertikal)	Glava glassull	20	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0120	0,4000	0,0200
Forsøk 4	Fuge 1 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0211	0,4000	0,0352
	Fuge 2 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0211	0,4000	0,0352
	Fuge 3 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0211	0,4000	0,0352
	Fuge 4 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,015	0,00047	0,0211	0,4000	0,0352
	Fuge 5 (vertikal)	Rockwool steinull	45	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0270	0,4000	0,0450
Forsøk 5	Fuge 1 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,2000	0,0527
	Fuge 2 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,2000	0,0527
	Fuge 3 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,2000	0,0527
	Fuge 4 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,030	0,00094	0,0422	0,2000	0,0527
	Fuge 5 (vertikal)	Rockwool steinull	45	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0270	0,2000	0,0338
Forsøk 6	Fuge 1 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,2000	0,0879
	Fuge 2 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,2000	0,0879
	Fuge 3 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,2000	0,0879
	Fuge 4 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,2000	0,0879
	Fuge 5 (vertikal)	Rockwool steinull	45	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0270	0,2000	0,0338

(4) Forsøk 7	Fuge 1 (horisontal)	Byggeskum	-	0,2500	0,1250	0,0500	0,0016	-	-	-
	Fuge 2 (horisontal)	Byggeskum	-	0,2500	0,1250	0,0500	0,0016	-	-	-
	Fuge 3 (horisontal)	Byggeskum	-	0,2500	0,1250	0,0500	0,0016	-	-	-
	Fuge 4 (horisontal)	Byggeskum	-	0,2500	0,1250	0,0500	0,0016	-	-	-
	Fuge 5 (vertikal)	Byggeskum	-	-	-	-	-	-	-	-
(5) Forsøk 8	Fuge 1 (horisontal)	Glava FS-GPG brannmasse	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fuge 2 (horisontal)	Glava FS-GPG brannmasse	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fuge 3 (horisontal)	Glava FS-GPG brannmasse	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fuge 4 (horisontal)	Glava FS-GPG brannmasse	-	-	-	-	-	-	-	-
	Fuge 5 (vertikal)	Glava FS-GPG brannmasse	-	-	-	-	-	-	-	-
Forsøk 9	Fuge 1 (horisontal)	Conlit brannremse	40	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0625	0,4000	0,1042
	Fuge 2 (horisontal)	Conlit brannremse	40	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0625	0,4000	0,1042
	Fuge 3 (horisontal)	Conlit brannremse	40	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0625	0,4000	0,1042
	Fuge 4 (horisontal)	Conlit brannremse	40	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0625	0,4000	0,1042
	Fuge 5 (vertikal)	Conlit brannremse	40	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0240	0,4000	0,0400
Forsøk 10	Fuge 1 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,1000	0,0781
	Fuge 2 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,1000	0,0781
	Fuge 3 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,0500	0,0740
	Fuge 4 (horisontal)	Rockwool steinull	45	0,250	0,125	0,050	0,00156	0,0703	0,0500	0,0740
	Fuge 5 (vertikal)	Rockwool steinull	45	0,200	0,150	0,020	0,00060	0,0270	0,1000	0,0300

⁽¹⁾Beregning av volumet: Lengde x Bredde x Spalte= m³ => Dette gir volumet av fugeområdet

⁽²⁾Beregning av masse: Densitet x Volum= kg => Dette gir hvor mye masse som vil inngå i volumet

⁽³⁾Beregning av masse med dytningsgrad: Masse/(1-Dytningsgrad)= kg => Dette gir masse med hensyn til dytningsgrad, benytter verdier mellom 0 og 1 (gjenspeiler prosentdel)

⁽⁴⁾Forsøk 7 byggeskum ble ikke mengdeberegnet, kun horisontale fuger ble utført, det ble sprayet skum slik at volumet ble fylt opp, herdet i 3 dager

⁽⁵⁾Forsøk 8 Glava FS-GPG brannmasse ble ikke mengdeberenget, blandet etter hard blaning, kun horisontale fuger ble utført, fulgte monteringsanvisning, benyttet steinull bak for dyttemotstand, fylte fugevolum med masse

Vedlegg I Testing opp mot standarder

Testing opp mot standard		
Norsk Standard	Testrigg	Kommentar
4.0 Prøvingsutstyr		
⁽¹⁾ Avstand mellom hver fugekant skal være minimum 200 mm. Da må innvendige dimensjoner i testovnen være 1 m x 1 m x 0,75	Nei	Har 20 mm mellom fugene, skilt med brannremse. Testovnen vi benytter har indre dimensjon 0,24 m x 0,14 m x 0,15 m
⁽²⁾ 4.1 Generelt		
a) Spesialkonstruert ovn som brukes til å utsette prøvelegemet for prøvingsbetingelsene	a) Ja.	a) Benytter en egen spesialkonstruert ovn basert på prinsippskisse
b) Reguleringsutstyr for å kunne regulere ovnstemperaturen slik det kreves	b) Ja	b) Kan justere gasstrømmen, men ikke styre temperaturen direkte
c) Utstyr for å regulere og overvåke trykket fra de varme gassene i ovnen slik det kreves	c) Nei	c) Ikke relevant
d) En ramme som prøvingskonstruksjonen kan monteres i, og som kan plasseres slik i ovnen at tilstrekkelig varme-, trykk- og opplagringsbetingelser kan utvikles;	d) Nei	d) Ikke relevant
e) En innretning for å belaste og innspenne prøvelegemet og for å regulere og overvåke lasten.	e) Nei	e) Ikke relevant
f) Utstyr for å måle temperaturen i ovnen og på prøvelegemets ueksponerte side, og om nødvendig i prøvelegemet.	f) Ja	f) Benyttet termoelementer, men ikke alle i henhold til standard
g) utstyr for å måle bøyningen i prøvelegemet	g) Nei	g) Ikke relevant

h) Utstyr for å bedømme integriteten [E] og for å fastslå om ytelseskriteriene som er beskrevet i punkt 11 er oppfylt;	h) Ja	h) Ubehandlet og ikke kondisjonert bomullsdott
i) Utstyr for å fastslå medgått tid;	i) Ja	i) Logger med logging hver 5 sekund
j) Utstyr for å måle oksygenkonsentrasjonen i ovnen	j) Nei	j) Ikke relevant
(2)4.2 Ovn		
a) Varme opp vertikale eller horisontale skillende bygningsdeler på en side	a) Ja	a) Alle innvendige sider
b) Varme opp søyler på alle sider	b) Nei	b) Ikke relevant
c) Varme opp vegger på mer enn en side, eller	c) Nei	c) Ikke relevant
d) Varme opp bjelker på tre eller fire sider avhengig av hva som er aktuelt	d) Nei	d) Ikke relevant
(2)4.5 Utstyr temperatur		
4.5.1.1 Ovnstermoelement		
Platetermoelementer	Nei	Vanlig 3mm diameter K-type termoelementer
4.5.1.2 Termoelementer ueksponert side		
Skivetermoelement	Nei	Vanlig 3mm diameter K-type termoelementer
4.5.1.3 Innvendige termoelementer		
Termoelementer tilpasset måling av innvendig temperatur på et prøvelegeme eller et bestemt komponent	Ja	Vanlig 3mm diameter K-type termoelementer, p.g.a tåler mye og robust.
4.5.1.5 Termoelement for måling av romtemperatur		
Termoelementet skal ha nominelle diameter på 3mm, et mineralsk isoasjonsmateriale og en rustfri stålmantel av type-K, som er definert i NEK EN 60584-1	Uvisst	Vanlig 3mm diameter K-type termoelementer

4.5.5 Integritet		
4.5.5.1 Bomulldott		
Bomulldotten må bestå av 100prosent nye, ubehandlede, ufargede og myke bomullsfbre med nominell tykkelse 20mm, en flate med målene 100mmx 100mm og en masse på mellom 3 og 4 gram. Den skal kondisjoneres før bruk i en ovn ved $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$ i minst 30 minutter.	Ja	Benyttet bomulldott ,men ikke i henhold som beskrevet i standard. Kunne tatt fra pakke uten kondisjonering og eksakte mål
⁽²⁾4.6 Måleutstyrets presisjon		
For prøving av brannprøvninger skal måleutstyret oppfylle a) Temperaturmåling: Ovn $\pm 15^{\circ}\text{C}$ Omgivelse og ueksponert side $\pm 4^{\circ}\text{C}$ Andre $\pm 10^{\circ}\text{C}$	a) Ikke testet	a) Ikke testet da testingen er basert som prinsipptesting.
⁽²⁾5.0 Prøvebetingelser		
5.1 Ovnstemperatur		
Ovnens middeltemperatur skal overvåkes og reguleres slik at den følger forholdet $T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$	Delvis	Se tabell tabell 8 i rapport for sammenligning.
5.6 Romtemperaturbetingelser		
Lufttemperatur skal være $20 \pm 10^{\circ}\text{C}$,	Ja	Omgivelsestemperatur anses ok
6.0 Prøvelegemer		
⁽¹⁾6.1 Generell		
Testlegemene skal være lineære fugetetninger	Ja	Ok
⁽²⁾6.2 Størrelse		
a) Prøvelegemene skal normalt ha full størrelse b) Lengden for ikke bevegende fuger skal være minimum 900 mm c) Typisk minimum lengde:bredde forhold for fuger er 10:1	a) Ja b) Nei c) Nei	a) Anses ok b) Lengden for hver fuge som blir testet er 250mm. c) Vi har 2:1 forhold på fugene

⁽¹⁾6.3 Antall		
For vertikale tester av fuger skal det utføres to tester med hvor det skal være branneksponeering på hver sin side for hvert forsøk.	Nei	Vi tester opp til 4 horisontale og like prøvelegemer samt 1 vertikal fuge.
For praktiske situasjoner hvor risiko anses å være fra en side eller hvis den lineære fugen er fullt symmetrisk, skal kun et prøvelegemet bli testet med den relevante siden hvor brannen er	Ja	Våre forsøk går på brann i et rom og fugeprøvene som er utført blir eksponert fra innsiden av rommet kun på en side.
Dersom horisontale fuger skal bli testet må denne bli eksponert fra undersiden	Ja	Horisontale fuger er testet med brann som har lavere høyde.
⁽²⁾6.3 Utførelse		
Materialer som brukes i byggingen av prøvelegeme, skal være representative for bruken av bygningsdelen i praksis	Ja	Anses ok
⁽²⁾6.4 Konstruksjon		
Konstruksjons- og monteringsmetoden skal representativ for bruken av bygningsdelen i praksis, og kvaliteten på utførelsen skal være slik den vanligvis er i bygningen	Delvis	Småskala er utført på samme måte, men er mye enklere å utføre på grunn mindre kompleksitet
⁽²⁾6.5 Verifikasjon		
Før prøvingen skal oppdragsgiveren gi prøvingslaboratoriet en beskrivelse av alle konstruksjonsdetaljer, tegninger og en fortegnelse over alle de viktigste komponentene og deres produsent/leverandør samt en monteringsveiledning	Uviss	Forsøkene tar basis i prinsippkisser og alminnelige produkter som er typiske for bruken
7.0 Installering av prøvelegeme		
⁽¹⁾7.1 Generelt		
Prøvelegemet skal så langt det er mulig monteres på en måte som er representativ for bruken i praksis. Detaljerte prosedyrer for montering av forskjellige typer prøvelegemer er gitt i den aktuelle prøvingsmetoden	Ja	Det ble foretatt metoder som ble antatt best egnet for tetting.
7.2 Støttekonstruksjoner		
⁽¹⁾7.2.1 Generelt		

Avhengig av typen prøvelegemer som prøves, kan det være nødvendig å montere det i en støttekonstruksjon	Ja	Benyttet standard Lecablokker
⁽¹⁾ 7.2.2 Standard støttekonstruksjoner		
Veggkonstruksjon med lav densitet ($650 \pm 200 \text{ kg/m}^3$)	Ja	Leca universalblokker 15 cm har 770 kg/m^3
Gulvkonstruksjoner: Tetthet: $650 \pm 200 \text{ kg/m}^3$, eller $2400 \pm 200 \text{ kg/m}^3$	Nei	Benyttet brannhemmende plate
⁽¹⁾ 7.3 Test konstruksjon		
Den lineære tettingen skal monteres i henhold til produsentens instruksjoner. Installasjonsprosedyrene skal være beskrevet i testen	Ja	
⁽²⁾ 8.0 Kondisjonering		
8.1 Prøvelegeme		
På prøvingstidspunktet skal prøvelegemets fasthet og fuktinnhold være tilnærmet lik slik det forventes i normal bruk. Prøvelegemets skal fortrinnsvis ikke prøves før det har nådd en likevekt etter lagring i omgivelsesluft med luftfuktighet på 50prosent og temperatur 23 °C.	Uvisst	
8.2 Støttekonstruksjoner		
Støttekonstruksjon trenger ikke være full kondisjonert	Ja	
9.0 Bruk av måleutstyr		
9.1 Termoelementer		
⁽²⁾ 9.1.1 Ovsntermoelementer		
Platetermoelementer	Nei	Ikke benyttet
⁽²⁾ 9.1.2 Termoelementer på uekspontert side		
Generelt		
Termoelementer plassering	Nei	Går ut etter egne ønskede målinger for plassering (se tegning)
⁽²⁾ 10. Testprosedyre		
10.3 Prøvingens start		
Høyst 5 minutter før prøvingen starter skal de opprinnelige temperaturen som alle termoelementene har, kontrolleres før for å sikre konsistens og referanseverdiene skal bestemmes	Ja	
	Ja	

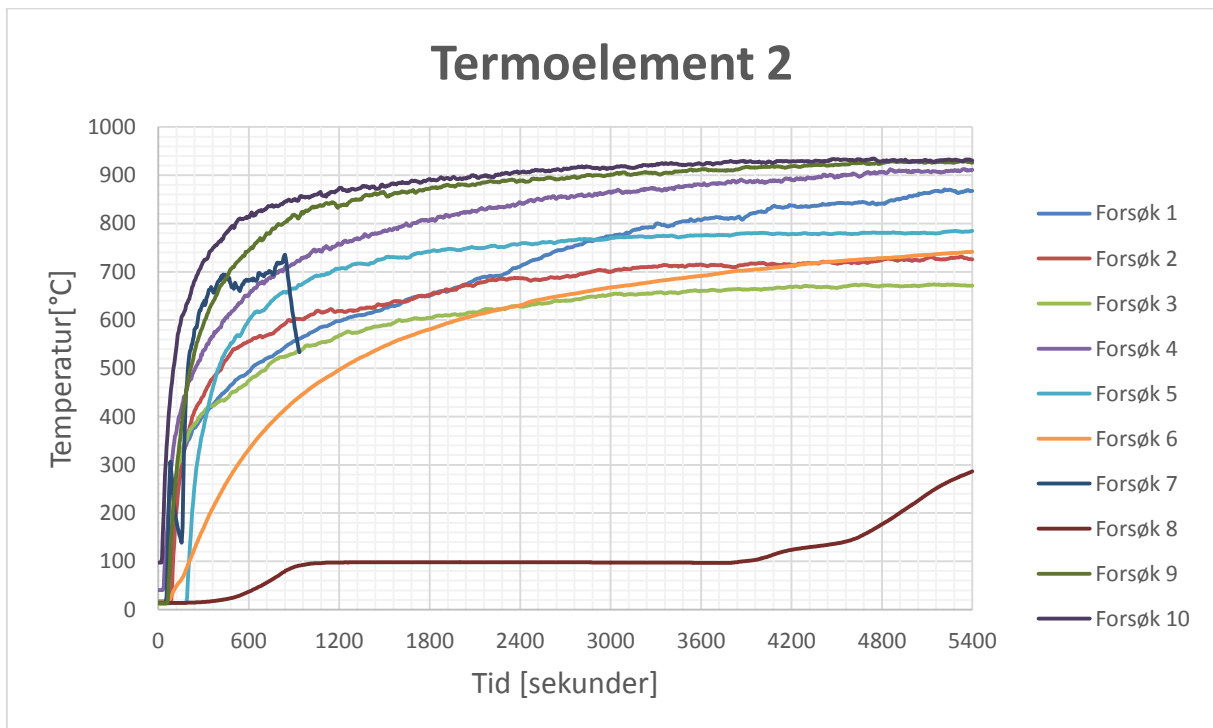
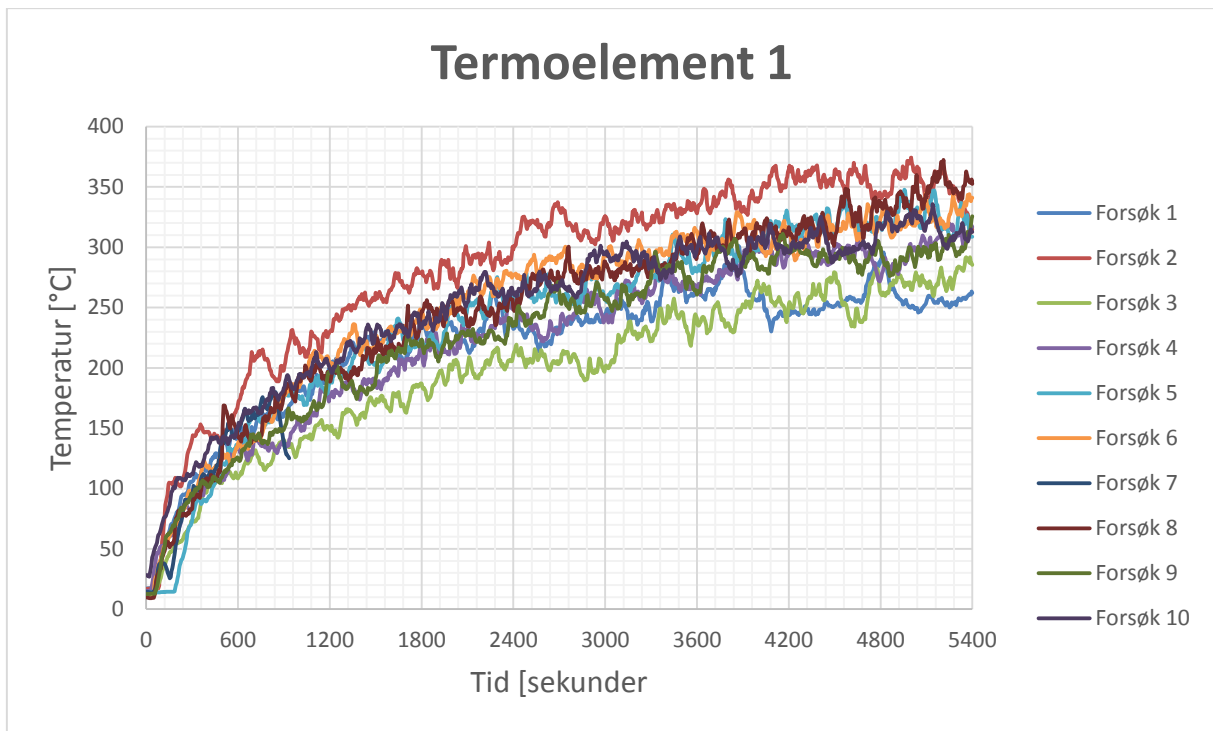
Middeltemperatur innvendig og utvendig skal være $20 \pm 10^{\circ}\text{C}$, den skal ikke avvike fra den opprinnelige romtemperaturen med mer enn 5°C		
Termoelementenes temperatur skal være $30 \pm 20^{\circ}\text{C}$	Ja	Vi startet før angitt temperatur
Prøvingen skal starte når ovnstemperaturelementene overskrider 50°C	Nei	
10.4 Målinger og observasjoner		
10.1 Temperaturer		
Temperaturen i alle termoelementene skal måles og registreres i intervaller på høyst 1 minutt i oppvarmingsperioden.	Ja	Vi målte hvert 5 sekund ved bruk av logger og programvare.
10.4.5 Integritet		
10.4.5.1 Generelt		
Skillende bygningsdeler integritet bedømmes under prøvingen ved bruk av bomullsdotter og ved å overvåke prøvelegemet for å oppdage vedvarende flammings.	Ja	
10.4.5.2 Bomullsdott		
En bomullsdott skal holde på plass ved hjelp rammen den er montert i, mot prøvelegemets overflate i høyst 30 sekunder eller til bomullsdotten er antent (definert som glødning eller flammings)	Nei	Ingen ramme, men har benyttet 30 sekunder som tid for testingen
Forkulling av bomullsdotten uten flammings eller glødning overses	Ja	
Plasseringen kan justeres for å oppnå mest mulig effekt av de varme gassene	Ja	Benyttet klype for å holde bomullsdotten, dette gjorde at bomullsdotten var mobil.
10.4.5.4 Flammings		
Forekomsten og varigheten av flammings på den ueksponerte siden samt stedet der flammings oppstår skal registreres	Ja	
10.4.7 Generell oppførsel		
Det skal gjøres observasjoner av prøvelegemets generelle oppførsel under prøvingen, og fenomener som røykutslipp og sprekking, smelting, mykgjøring, avskalling eller forkulling av	Ja	

prøvelegemets materiale skal registreres		
10.5 Avslutning av prøvingen		
Prøvingen avsluttes som følge av en eller flere av disse årsakene		
a) Personalets sikkerhet eller nær forestående skade på utstyr	a) Ja	
b) Oppnåelse av valgte kriterier	b) Ja	
c) Anmodning fra oppdragsgiver	c) Ja	
11 Ytelseskriterier		
⁽¹⁾ 11.1 Isolasjon		
Termoelementer på ueksponert side skal ikke oppnå mer enn 180°C mer enn den opprinnelige temperaturen.	Ja	Har sjekket resultater
⁽²⁾ 11.2 Integritet		
Dette er tiden i hele minutter der prøvelegemet fortsetter å opprettholde sin skillende funksjon under prøvingen uten å:		
a) Forårsake antennelse av bomulldotten som er påført i samsvar med 10.4.5.2, eller	a) Ja	Ikke benyttet
b) Tillate innføring av spaltemåler eller	b) Nei	
c) Resultere i vedvarende flammig	c) Ja	
⁽¹⁾ 11.3 Uttrykking av resultater		
Resultatene skal angis i form av medgått tid til nærmeste fullført minutt av test mellom oppstart av testen og den tiden hvor integriteten og isolasjonskriteriet ikke lenger er oppfylt i samsvar med bestemmelsene i denne europeiske standarden. Hvis flere sel inngår i en enkelt test, da	Ja	

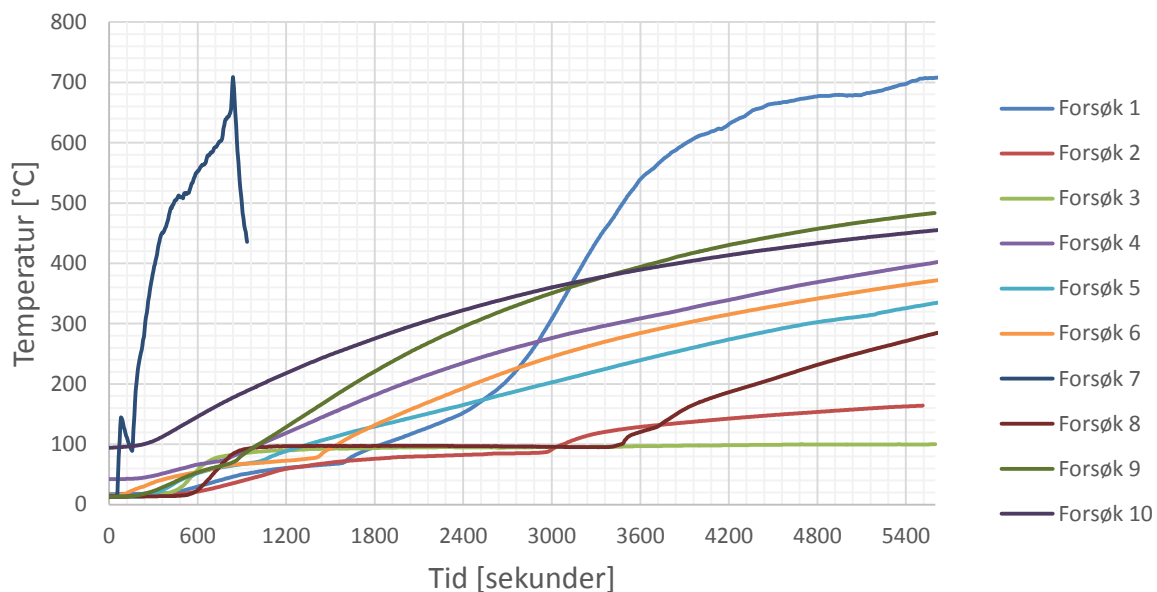
ytelsen til hver lineære tetting skal dømmes individuelt		
⁽²⁾ 11.4 Konsekvenser av å ikke oppfylle visse ytelseskriterier		
<p>Ytelseskriteriene «isolasjonsevne» og «integritet» skal uten videre anses å ikke være oppfylt når kriteriet «bæreevne» ikke lenger er oppfylt.</p> <p>Ytelsesevne «isolasjonsevne» skal uten videre anses ikke å være oppfylt når kriteriet «integritet» ikke lenger er oppfylt</p>	Ja	

¹NS-EN 1366-4:2006 +A1:2010 [24] ²NS-EN 1363-1 [25]

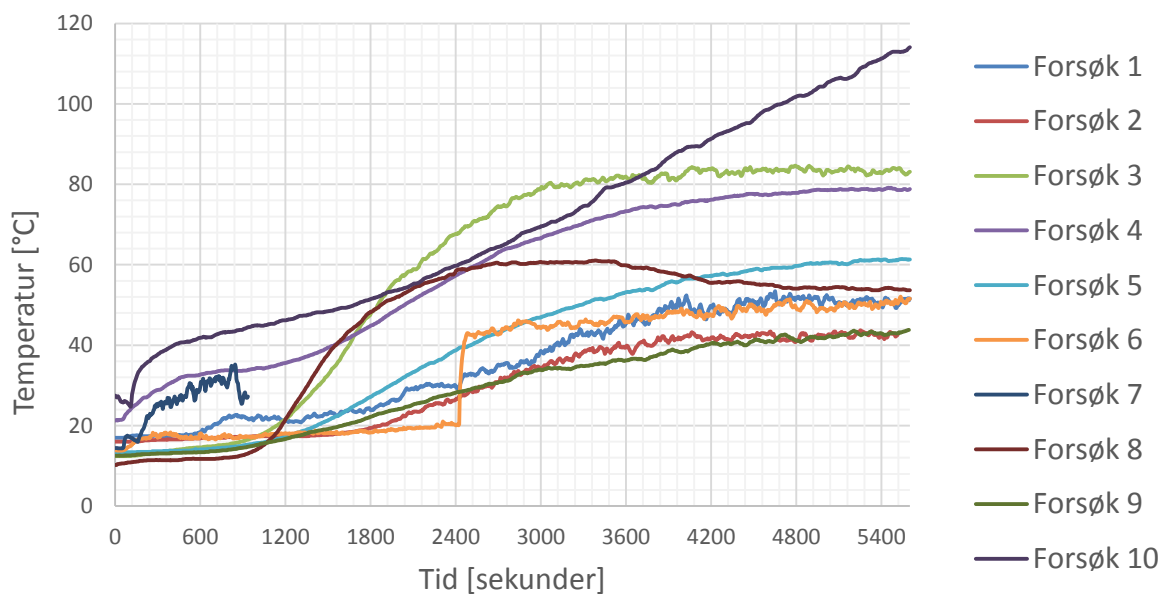
Vedlegg J Grafer for hvert termoelement for hvert forsøk sammenlignet



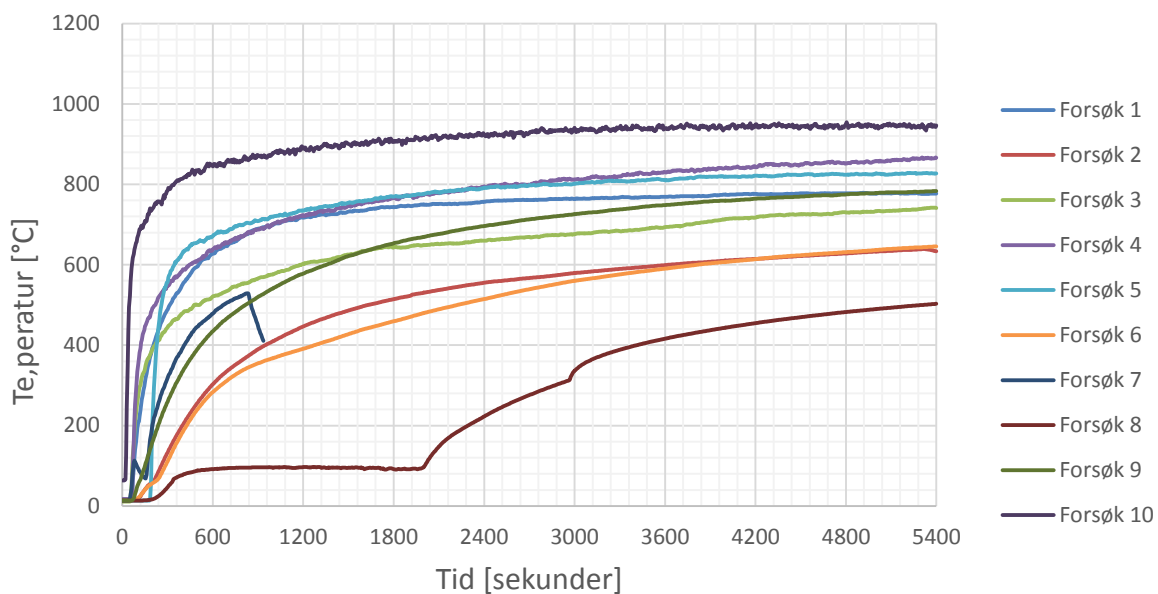
Termoelement 3



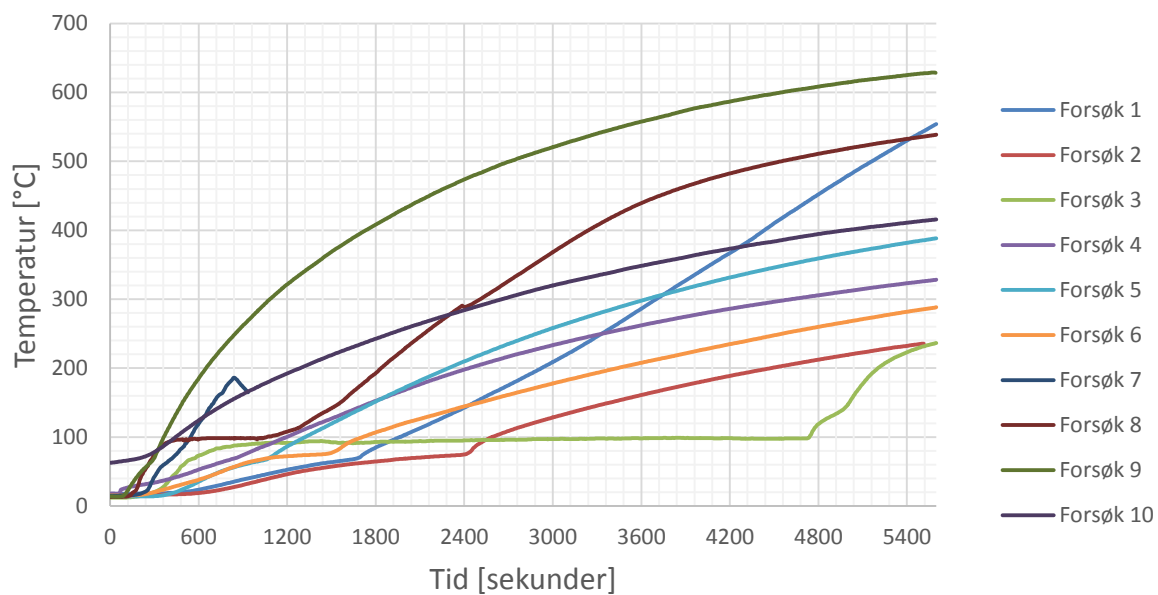
Termoelement 4



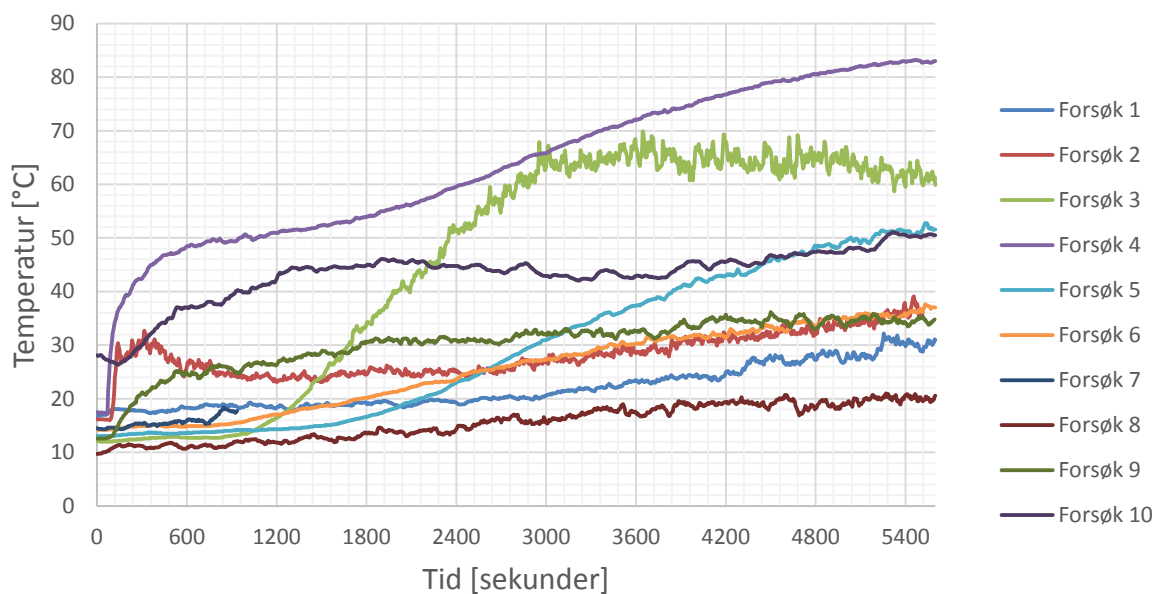
Termoelement 5



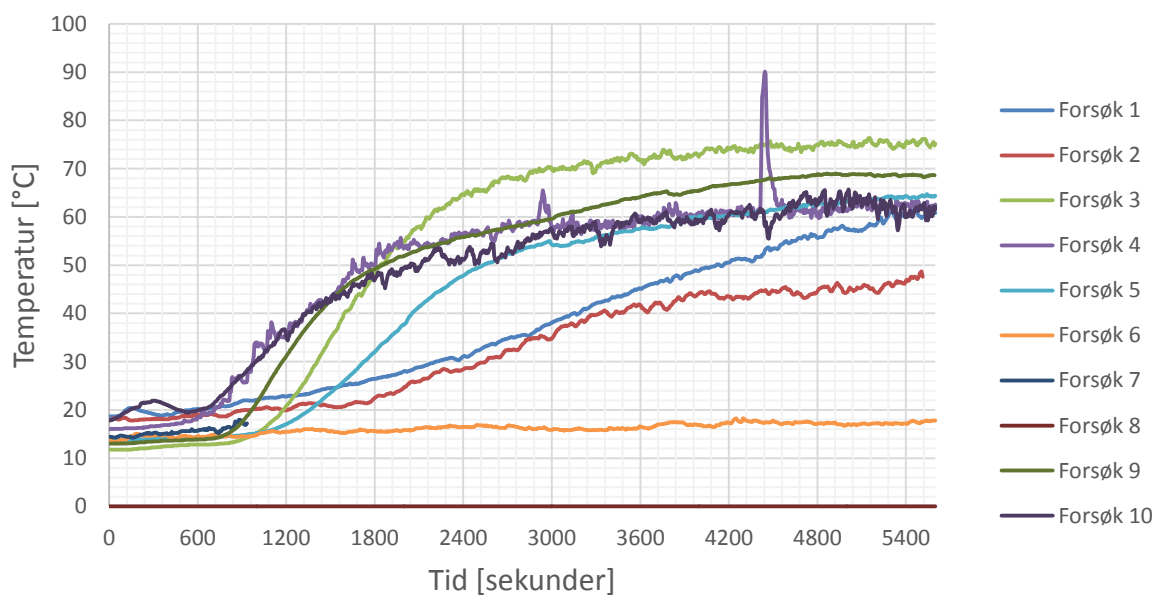
Termoelement 6



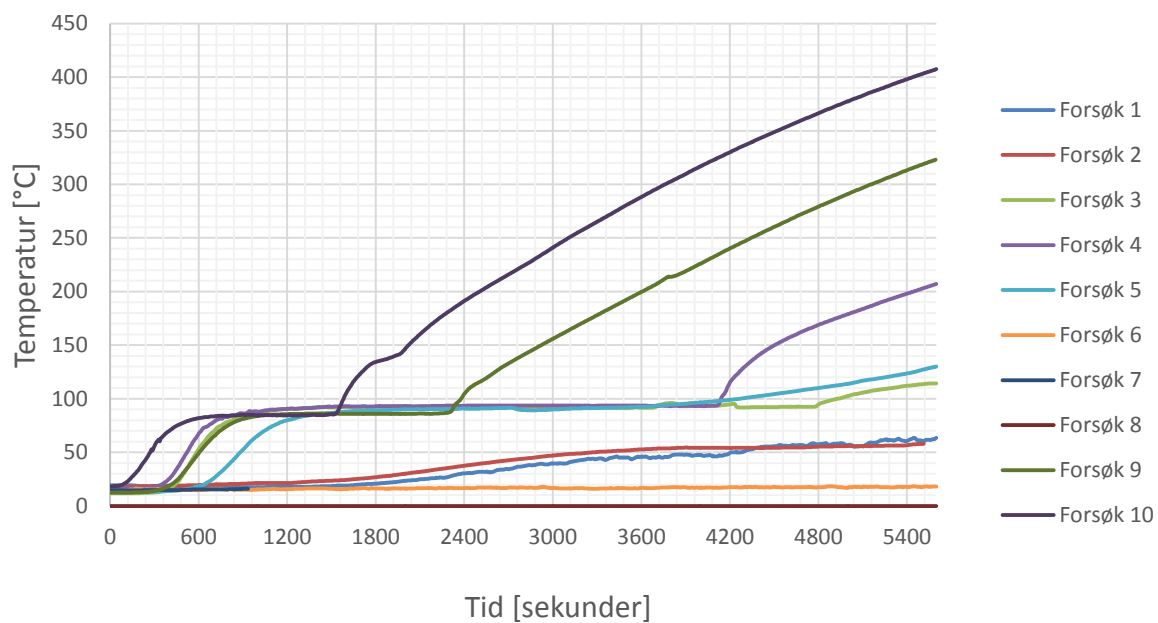
Termoelement 7



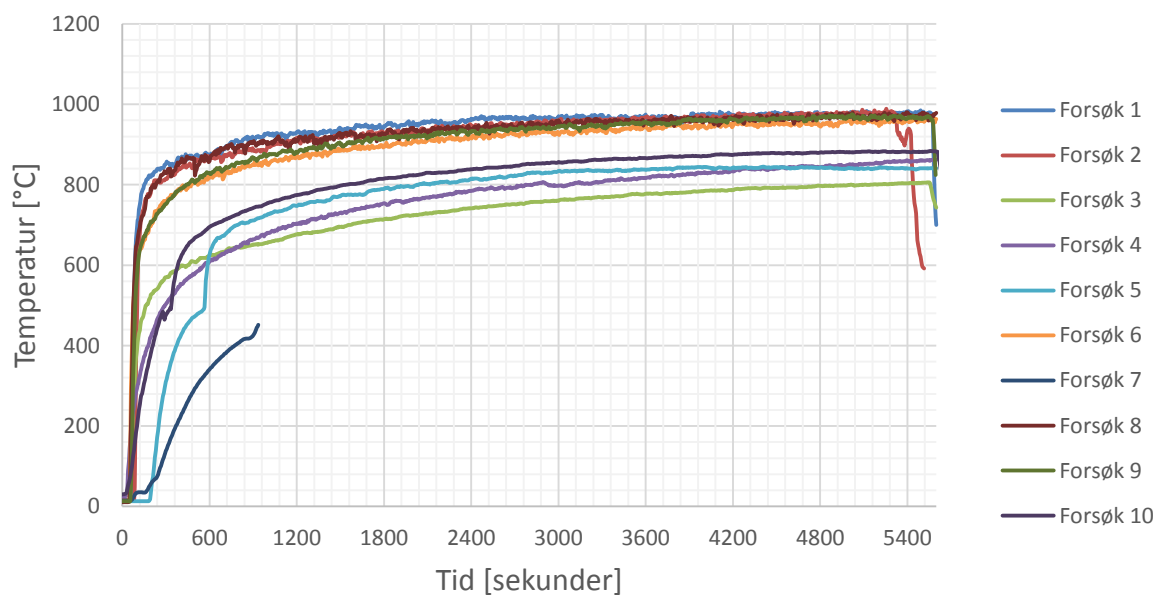
Termoelement 8



Termoelement 9



Termoelement 10



Vedlegg K Sikker jobbanalyse (SJA)

Sikker Jobbanalyse

Deltagere:

Thomas Gunneng
Svein Erik Schmall
Marius Bjelde Andersen

Sikker jobb analyse til følgende:

-Oppbygning av riggen
-Bruk av riggen
-Brannforløp

SJA Dato:

07.02.2014

Deloppgaver	Hva kan føre til uønsket hendelse?	Forebyggende tiltak
<p>Bygging av riggen</p> <p><u>Bygging av plattform:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Europall Std. mål- Vinkeljern- Bjelkelag 48X98 mm- 2x sponplatelag 22mm- Brannhemmende plate 50 mm <p><u>Bygging av Leca test rommet:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Mørtel fuger- To skift med leca blokker 150x250x500 mm (Vegg)- Avstandsklosser div. størrelse- Ett skift Leca blokker løst på toppen av riggen 150x250x500 mm (Tak)- Fuger div. materialer	<p>Kutte seg på håndsagen, midlertidig hørselsskader.</p> <p>Tunge løft</p> <p>Miste materialer på føtter</p> <p>Puste inn mørtel støv</p> <p>Mørtel i øynene</p> <p>Puste inn isolasjon støv</p>	<p>Vi skal være to når vi sager, så den ene kan holde og den andre kan fokusere på sagingen.</p> <p>Bruk verneutstyr: Vernebriller, hansker, støvmaske, vernesko og hørselsvern.</p>
<p><u>Brenning av fuger:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Påtenning av gassen	<p>Gasslekasje</p>	<p>Pass på at gassen er avstengt når det ikke skal brenne.</p> <p>Ha på avtrekksvifte.</p> <p>Ha klart slukkeutstyr, her brukes brannslange.</p>
<p><u>Brannforløp:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Brenning av fuger	<p>Brann ute av kontroll</p>	<p>Ha klar brannslange, bruk verneutstyr, pass på avstand til brannen.</p> <p>Bruk avtrekksvifte for å transportere røyk ut av rommet.</p> <p>Flytt brennbare gjenstander i umiddelbar nærhet til veggen før brenning starter.</p> <p>Plasser gasstanker i fornuftig avstand til brannen.</p> <p>Evakuer umiddelbart hvis forholdene anses som farlig.</p>

Vedlegg L Beregningsmodell for nødvendig mengde brensel (propan)

Propan kjemisk formel: $C_3H_8 = 3 \cdot 12 \text{ g/mol} + 8 \cdot 1 \text{ g/mol} = 44 \text{ g/mol}$

Ønsket effekt:

$$\dot{Q} = 33 \text{ kW} = 33 \text{ kJ/s}$$

Total brannenergi per minutt:

$$\dot{Q}_{\text{minute}} = 33 \text{ kJ/s} \cdot 60 \text{ s} = 1800 \text{ kJ}$$

Forbrenningsvarme propan:

$$\Delta H_c = 2044 \text{ kJ/mol}$$

Antall nødvendig mol:

$$n = \frac{\dot{Q}_{\text{minute}}}{\Delta H_c} = \frac{1800 \text{ kJ}}{2044 \text{ kJ/mol}} = 0,8806 \text{ mol}$$

Benytter den ideelle gassloven:

$$pV = nRT$$

Verdier:

$$p = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pascal (atmosfærisk trykk)}$$

$$V = \text{volum for gass (m}^3\text{)}$$

$$n = 0,8806 \text{ moll (amount moll of gass)}$$

$$R = 8,3145 \text{ J/molK (ideel gasskonstant)}$$

$$T = 293,15 \text{ K (omgivelsetemperatur)}$$

Tilpasning av formel:

$$V = \frac{nRT}{p}$$

$$V = \frac{0,8806 \text{ mol} \cdot 8,3145 \text{ J/molK} \cdot 293,15 \text{ K}}{1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}}$$

$$V = 0,0212 \text{ m}^3 = \underline{\underline{21,2 \text{ liter per minutt}}}$$

Vedlegg M: Et eksempel på tilskjæring av steinull

