



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering



BachelorOppgave utført ved
Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

Sikkerhet, Brannteknikk

Av: Lars Petter Sjøvold

Kand.nr.

6

Haugesund

Våren 2006



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

BACHELOROPPGAVE

Studentens navn: Lars Petter Sjøvold

Linje & studieretning Sikkerhet, Brannteknikk

Oppgavens tittel: **Bruk av analyse ved brannteknisk prosjektering**

Oppgavetekst:

I 1997 ble det innført funksjonsbaserte forskrifter i Norge. Tilhørende veiledning REN '97 gir preaksepterte løsninger for tilfredstillende brannsikkerhet. Preaksepterte løsninger blir ofte vurdert som uflexible og i noen tilfeller fordyrende.

Oppgaven omhandler brannteknisk prosjektering gjennom alternative metoder for å dokumentere tilfredstillende brannsikkerhet. For å illustrere metodene gjennomføres det en case for et kontorbygg.

Endelig oppgave gitt: 02.03

Innleveringsfrist: Fredag 5.mai 2006 kl. 12.00

Intern veileder Stefan Andersson

Ekstern veileder Tore Bratvold, Roar Jørgensen AS

Godkjent av studieansvarlig:
Dato:

Bjane Chr. Hagen
... 21.04.06



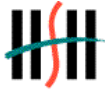
Høgskolen Stord/Haugesund
Avd. Haugesund- Ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering.		Rapportnummer
Utført av Lars Petter Sjøvold		
Linje Sikkerhet		Studieretning Brann
Gradering Åpen	Innlevert Dato 05.05.06	Veileder ved HSH Stefan Andersson
Oppdragsgiver Roar Jørgensen AS		Kontaktperson hos oppdragsgiver Tore Bratvold

Ekstrakt:

Hensikten med prosjektet er å vurdere hvordan bruk av funksjonsbaserte metoder kan øke fleksibiliteten ved brannteknisk prosjektering og hvordan tiltakshaver kan utnytte branntekniske tiltak for å redusere kostnader. Metoden dette er gjennomført på er å gjennomføre et case på bakgrunn av litteraturstudier.

Forskjellige situasjoner og alternative tiltak ble vurdert etter erfaringspriser for å finne det beste alternativet i et kost/ nytte perspektiv.



Forord

Alle studenter skal, som en del av den treårige ingeniørutdanningen, gjennomføre en avsluttende Bacheloroppgave. Tema for oppgaven velges selv, men skal være innenfor fagretningen.

Gjennom faget ”Brannteknisk prosjektering” høsten 2004 og i min jobb som branningeniør ved Roar Jørgensen AS ble jeg oppmerksom på at deler av det teoretiske grunnlaget for de preaksepterte løsningene som anbefales i REN har en ganske utforsket bakgrunn og er kan være lite fleksible. Fleksibiliteten kan man hente i TEK’97 som er en funksjonsbasert forskrift, og kostnader kan bli redusert.

For å kunne vurdere hvordan kost/ nytte effekten utarter seg i praksis fikk jeg et case av Roar Jørgensen AS. Caset er et kontorbygg og danner vurderingsgrunnlaget som prosjektet i oppgaven. Stefan Andersson ved HSH viste interesse for min problemstilling.

Rapporten henvender seg først og fremst til personer som arbeider med prosjektering av branntekniske problem, men også studenter og fagfolk innen brannsikkerhet. Jeg håper at resultatene i rapporten vil kunne bidra til å gi økt forståelse når det gjelder bruk av funksjonskrav ved brannteknisk prosjektering. Dette er framtiden!

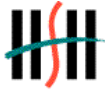
Med fagkyndig hjelp fra mine veiledere, Stefan Andersson ved HSH og Tore Bratvold ved Roar Jørgensen AS, har jeg fått teoretisk og praktisk kunnskap innen bruk av funksjonskrav ved prosjektering, samt økonomiske konsekvenser av tiltak.

Ved gjennomføring av prosjektet har jeg hatt et godt samarbeid med flere personer, og jeg ønsker spesielt å takke:

- Stefan Andersson, min interne veileder for gode råd og hjelp med referanser
- Tore Bratvold, min eksterne veileder fra Roar Jørgensen AS for mye god hjelp
- Ansatte og ledelse ved Roar Jørgensen AS

Lars Petter Sjøvold

Hønefoss
05 mai 2006



Sammendrag

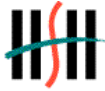
Fram til 1997 har byggeforskrifter vært preget av preaksepterte løsninger som ga detaljerte løsninger for å tilfredsstillende brannsikkerhetskravet. Ved innføring av funksjonsbasert teknisk forskrift til plan og bygningsloven i 1997 ble det gitt åpning for å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet på alternative måter. Det er derfor knyttet stor oppmerksomhet til hvilke løsninger som er mest kosteffektive, samtidig som de holder sikkerheten på et tilfredsstillende nivå.

I litteraturstudiet ble det avdekket at det i Norge er lagt et godt grunnlag for brannteknisk prosjektering ved hjelp av analyse. Allikevel er det et stort forbedringspotensial for standarder, veiledninger, samt kunnskaper og holdninger i bransjen. Ved brannteknisk prosjektering stilles det krav til dokumentering av løsninger. Mengden dokumentasjon vil variere i forhold til byggets kompleksitet og størrelse. Det har også stor betydning om det er prosjektert med utgangspunkt i preaksepterte løsninger eller om det er benyttet analyse som prosjekteringsgrunnlag.

Ved bruk av analyse må det verifiseres om løsningene holder tilfredsstillende sikkerhetsnivå. Dette er en utfordrende del av prosjekteringen da det er store usikkerheter knyttet til elementene i analysen. For at verifiseringen skal kunne vurderes av andre personer må tankegangen til den prosjekterende beskrives med tekst på en god og lettfattelig måte.

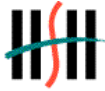
I casen, som er en kontorbygning, er det gjennomført en komparativ analyse i forhold til REN '97. Dette for å kunne vurdere om hvordan kost/nytteforholdet kan påvirkes i praksis. Ved gjennomføringen ble det avdekket hvilke fravik bygningen var tegnet med og hvordan dette påvirket brannsikkerheten i bygningen. Videre ble passende tiltak vurdert i forhold til pris og funksjon. Resultatet av denne analysen var at prosjekterings-, drift- og vedlikeholdskostnaden økte, men dette ble kompensert med at utførelses kostnaden ble redusert. Totalt sett ble kostnaden for brannsikkerheten noe lavere ved funksjonsbasert prosjektering i forhold til bruk av preaksepterte løsninger.

Den store nytten av funksjonsbasert prosjektering gjør seg gjeldene ved komplekse bygninger og hvor den arkitektoniske utformingen er viktig.



Innhold

1. INNLEDNING	7
1.1. GENERELT	7
1.2. BAKGRUNN	7
1.3. FORMÅL OG PROBLEMBESKRIVELSE	7
1.4. BEGRENSNINGER	8
2. METODE	9
2.1. LITTERATURSTUDIER	9
2.2. GJENNOMFØRING AV CASE	9
3. KRAV TIL BRANNSIKKERHET I BYGNINGER	10
3.1. HISTORIKK	10
3.2. LOVER OG FORSKRIFTER	11
3.3. BRANNRÅDGIVERS ROLLE	13
3.4. STATUS FOR BRANNPROSJEKTERING I NORGE	15
4. BRANNTEKNISK PROSJEKTERING	17
4.1. GENERELT	17
4.2. KRAV TIL DOKUMENTASJON	17
4.3. PROSJEKTERINGSMETODE	18
4.4. PREAKSEPTERTE LØSNINGER	20
4.5. FUNKSJONSBASERTE LØSNINGER	21
5. VERIFISERING AV TILFREDSSTILLENDEN SIKKERHETSNIVÅ	25
5.1. GENERELT	25
5.2. VERIFISERINGSMETODER	25
5.3. USIKKERHETER	26
5.4. UTFORDRINGER	26
6. BRANNTEKNISK PROSJEKTERING INTERNASJONALT	28
6.1. GENERELT	28
6.2. HÅNDBØKER	28
7. GJENNOMFØRING AV CASE	30
7.1. INNLEDNING	30
7.2. FREMGANGSMÅTE	32
7.3. RØMNINGSANALYSE	33
7.4. VURDERING AV KOSTNADER	34
7.5. OPPSUMMERING	36
8. DISKUSJON	39
8.1. LITTERATURSTUDIER	39
8.2. CASE	39
8.3. VIDEREFØRING AV PROSJEKT	40
9. KONKLUSJON	41
10. REFERANSER	42



Vedleggsliste

Vedlegg: Brannteknisk analyse for case

Figur-, tabell-, og bildeliste

Figurliste

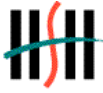
Figur 3-1 Oversikt over lovsystemet, Byggforsk	11
Figur 3-2 Oversikt av lover og forskrifter som styrer bygge- og bruksfasen mht brann, Byggforsk	12
Figur 3-3 Usikker og akkumulerte kostnader	15
Figur 4-1 Nivåer for dokumentasjon av brannsikkerhet, Byggforsk	18
Figur 4-2 Vurdering av brannkonsept ved prosjektering, Byggforsk	19

Tabelliste

Tabell 1 Publikasjoner for preaksepterte løsninger	20
Tabell 2 Analysemetoder	24
Tabell 3 Vurdering av tiltak	33
Tabell 4 Kostnader brannalarmanlegg	34
Tabell 5 Kostnader branndører	35
Tabell 6 Kostnader i fasene	37
Tabell 7 Konklusjon kostnader	37

Bildeliste

Bilde 7-1 Illustrasjon av kontorbygget	30
Bilde 7-2 Plan 1. etasje kontorbygget	31
Bilde 7-3 Plan 2.-5. etasje kontorbygget	31



1. Innledning

1.1. Generelt

Fram til 1997 har byggeforskrifter vært preget av preaksepterte løsninger som ga detaljerte løsninger for å tilfredsstillende brannsikringskravet. Ved innføring av funksjonsbasert teknisk forskrift til plan og bygningsloven i 1997 ble det gitt åpning for å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet på alternative måter. Det er derfor knyttet stor oppmerksomhet til hvilke løsninger som er mest kosteffektive, samtidig som de holder sikkerheten på et tilfredsstillende nivå.

1.2. Bakgrunn

Ved brannteknisk prosjektering av bygninger vil det være flere veier til målet for å prosjektere en tilfredsstillende sikkerhet for den aktuelle bygning. Det er også et hav av mulige løsninger man kan sjonglere med for å oppnå den tilfredsstillende sikkerheten. Utfordringen er å benytte kunnskap og tiltak i et samspill for å finne de gode branntekniske løsningene. Å definere de gode branntekniske løsningene er umulig da det er svært avhengig av inngangsparametrene til prosjektet. Kort sagt er de gode branntekniske løsningene de som tilfredsstiller aktørene i prosjektet. Eksempler på slike forhold kan være:

- Arkitektens visjoner til utforming og utseende
- Byggherrens/ tiltakshaverens visjon til økonomisk resultat
- Brukerens krav til brukbarhet
- Samfunnets krav til sikkerhet

Brannrådgiverens oppgave er å tilfredsstillende alle disse momentene, som kan være en svært kompleks oppgave. Ved innføring av funksjonsbaserte forskrifter i 1997 ble det gitt nye muligheter til å sjonglere med tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet.

1.3. Formål og problembeskrivelse

Hensikten med denne rapporten er å vurdere og belyse brannteknisk prosjektering i praksis. Det skal ved gjennomføring av et litteraturstudie samt en case gjøres en vurdering av hvordan brannteknisk prosjektering gjennomføres ved hjelp av analyse.

Ved innføring av funksjonsbaserte byggeforskrifter vil det tvinges fram mer kunnskap og forståelse om brann og hvilken innvirkning ulike brannverntiltak, personer og aktiviteter har på brannsikkerheten.

Mange mener at preaksepterte løsninger gitt i veiledning til teknisk forskrift av 1997 er alt for generelle. Dette kan i enkelte tilfeller føre til at preaksepterte løsninger blir konservative, i forhold til bygningens utforming og størrelse. Målet med funksjonsbaserte løsninger blir derfor å finne andre og mer kostnadseffektive måter å oppnå en tilfredsstillende brannsikkerhet på i en bygning. Dette kan gjennomføres ved å vurdere hvilke aktive og passive brannsikringstiltak som er best egnet i bygningen, i et kost/ nytte perspektiv.



1.4. Begrensninger

Det ble gjort noen forenklinger for å begrense problemstillingen i dette prosjektet. Disse er:

- Brannsikkerhet vurderes kun for bygninger
- Rapporten omhandler i hovedsak nye bygninger
- Tar kun for seg ett case
- Caset omhandler kun rømningsanalyse, og ingen fullstendig prosjektering
- Metoder for å dokumentere tilfredsstillende brannsikkerhet for caset kommer frem i den vedlagte analysen
- Det er kun benyttet overslagspriser ved kostnadsvurderingen i caset, ingen fullstendig kostnadsanalyse
- Det gjennomføres ikke analyse av alle alternative løsninger for caset



2. Metode

For å kunne løse oppgaven ble den delt inn i to faser, litteraturstudier og gjennomføring av case. Mye av arbeidet foregår simultant mellom disse delene og tanken bak dette er at en systematisk arbeidsgang skal sikre god kvalitet på oppgaven.

2.1. Litteraturstudier

Litteraturstudiene skal gi et godt teoretisk underlag i forhold til å møte den aktuelle problemstillingen. Studier av utgivelser, krav i ulike land etc. gir retningslinjer om hvordan oppgaven skal løses. I tillegg gir slike studier økt innsikt og økt egeninteresse. Litteraturstudiene omhandles i hovedsak fra kapittel 3 til 6.

Det er viktig å begrense disse studiene, det vil si å finne det som er relevant for å løse oppgaven. Dette igjen for å oppnå en effektiv arbeidsgang. Det er i hovedsak benyttet rapporter som ble tilsendt fra veiledere. I tillegg har tidligere forelesningsnotater og rapporter fra HSH vært til nytte.

2.2. Gjennomføring av case

En viktig del i gjennomføringen av oppgaven er caset. Caset består av et kontorbygg med 5 etasjer i tillegg til kjeller. Målet med casen er å gjennomføre en rømningsanalyse for å benytte den kunnskap som ble ervervet i litteraturstudiene i praksis. Et annet mål er å vurdere alternative løsninger og kostnader i byggeprosessen i et kost/ nytte perspektiv. Det underliggende kravet er at brannsikkerheten holdes like god eller bedre i forhold til preakseptert løsning i REN '97.

For å gjennomføre rømningsanalysen benyttes både kvalitative og kvantitative analysemetoder. Dette for å kunne sammenligne sikkerhetsnivået på valgt løsning mot preakseptert nivå. I den kvalitative analysen ble det benyttet anerkjente simuleringsverktøy som Simulex og Argos.

Ved vurdering av kost/ nytteforholdet mellom bruk av preaksepterte løsninger og funksjonsbaserte løsninger legges kostnadsoverslag til grunn. Kostnadsoverslagene baserer seg på erfaringspriser fra Roar Jørgensen AS.

Casen er kun omhandlet i kapittel 7 og i vedlagte branntekniske analyse. Forhold i casen er ikke vurdert i kapittel 3-6.



3. Krav til brannsikkerhet i bygninger

Hensikten med dette kapittelet er å gi forståelse av oppgavens problemstilling og en generell innføring i historikk og brannteknisk prosjektering. Ved å gi en oppsummering av hvordan faget har utviklet seg, samt hvilke lover og forskrifter som regulerer byggeprosessen legger dette et godt grunnlag for hvordan faget håndteres av samfunnet.

3.1. Historikk

For å få en forståelse av hvordan faget brannteknisk prosjektering har utviklet seg tar dette kapittelet for seg en oppsummering av milepæler gjennom historien [3].

Det første som finnes av lover som regulerer brannsikkerhet i Norge er Magnus Lagabøters bylov som kom i 1276. Denne loven ga føringer for å legge til rette for beredskapsarbeid som for eksempel hvor det skulle finnes vann i form av brønner, stiger, brannhaker og store kar. I denne forbindelse sa den også noe om hvor håndverkerne skulle holde til. Fram til brannloven av 1908 kom ble det i hovedsak gitt styringer lokalt, spesielt i byer, på grunnlag av katastrofale erfaringer. Ett eksempel på dette er byen Bergen som etter en bybrann i 1582 innførte krav om at eksisterende allmenninger skulle utvides og nye skulle opprettes. Dette var ikke et godt nok tiltak da nesten hele byen brant ned i 1623. Resultatet av dette var at en dansk ingeniør ble gitt i oppdrag å lage en reguleringsplan for Bergen. Resultatet av reguleringsplanen var at allmenningene og hovedgatene ble utvidet, samt at det ble gitt føringer på at takene skulle tekkes med takstein. Fram til nå var det vanlig å tekke takene med never og andre brennbare materialer.

Det første vendepunktet kom ved brannloven i 1908 etter en storbrann i Ålesund. For å begrense slike store bybranner ble det innført en muretvang bestemmelse for hus i byer og i annen tettbebyggelse. Loven omhandlet også kommunenes plikt til å utvide sine forebyggende oppgaver som brannvern generelt, tilsyn og feiing. Den ga også føringer til huseiere og til utskrivning av mannskaper.

Det andre vendepunktet var lov om brannvern som kom i 1954 som var den første loven som gjaldt hele landet. Denne loven var også mer spesifikk for brannvern, samt at alle kommuner skulle ha brannvesen, brannstyre og brannsjef. De påfølgende lovene kom i 1970 og i 1987. Utviklingen var at lovene ga flere og flere føringer som betraktes som preaksepterte løsninger. Med preaksepterte løsninger menes løsninger som er anbefalte av myndighetene. Årsaken for dette var at erfaringsgrunnlaget hadde økt gjennom flere år med bevisst vurdering av brannvern. Historien hadde vist at branner kunne føre til store katastrofer. I denne perioden lå ansvaret hos kommunen som skulle følge byggeprosessen for å kontrollere at kravene var tilfredstilt.

Det tredje vendepunktet kom med Tekniske forskrifter til plan og bygningsloven av 1997 (TEK '97) [2]. Dette var Norges første rene funksjonsbaserte byggeforskrift mht brannteknikk. Med funksjonsbasert menes det at kravene angis som funksjonskrav og ikke spesifikke løsninger. Forskriften kom med en veiledning med preaksepterte løsninger (REN '97) [1] som kunne benyttes ved brannteknisk prosjektering. Den norske forskriften føyer seg i rekken av internasjonale forskrifter som er funksjonsbaserte. Grunnen til at en slik forskrift kan innføres i Norge på dette tidspunkt er at erfaringsgrunnlag og teknologi gir grunnlag for

dokumentasjon gjennom analyse. Ved innføring av TEK '97 ble ansvaret gitt til aktører i bransjen via godkjenninger sentralt eller kommunalt.

Som det kommer fram i denne oppsummeringen av utvikling av brann som element i byggeprosessen er det erfaring som i hovedsak gir grunnlag for utviklingen. Det er først i nyere tid at fenomenet brann har fått en teoretisk tilnærming. Tross alt er brann dynamikk og brannteknikk generelt et meget uforutsigbart fag og har en høy grad av unøyaktighet. Det er nok derfor at de anbefalte løsninger i veiledningen til teknisk forskrift [1] er erfaringsbaserte og har vist seg gjennom mange år å gi tilfredsstillende sikkerhet.

3.2. Lover og forskrifter

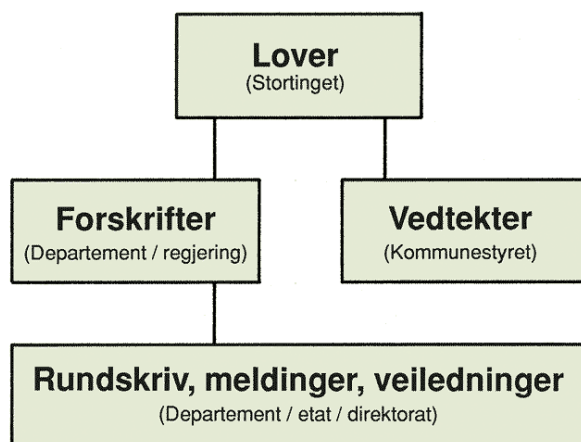
Dette kapitlet skal gi en generell innføring i lover og forskrifter som regulerer byggeprosessen. Brannteknisk prosjektering er kun en liten del av selve prosessen, men må forholde seg til de samme lover og forskrifter som alle andre fag for bygg og anlegg.

For å gi en oversikt over hvordan byggeprosessen håndteres gis det i dette kapitlet en kort oppsummering av hvilke lover og forskrifter man må forholde seg til i byggesaksgangen og hvorfor. Som nevnt i kap 3.1 ble dagens gjeldene lover/ forskrifter innført i 1997. Ved innføring av disse ble forskriftene forandret fra mer eller mindre å bestå av preaksepterte løsninger til å bli funksjonsbaserte.

Plan og bygningsloven av 1997 (PBL) [13] er den overordnede loven i byggeprosessen. De mest sentrale forskriftene til PBL er:

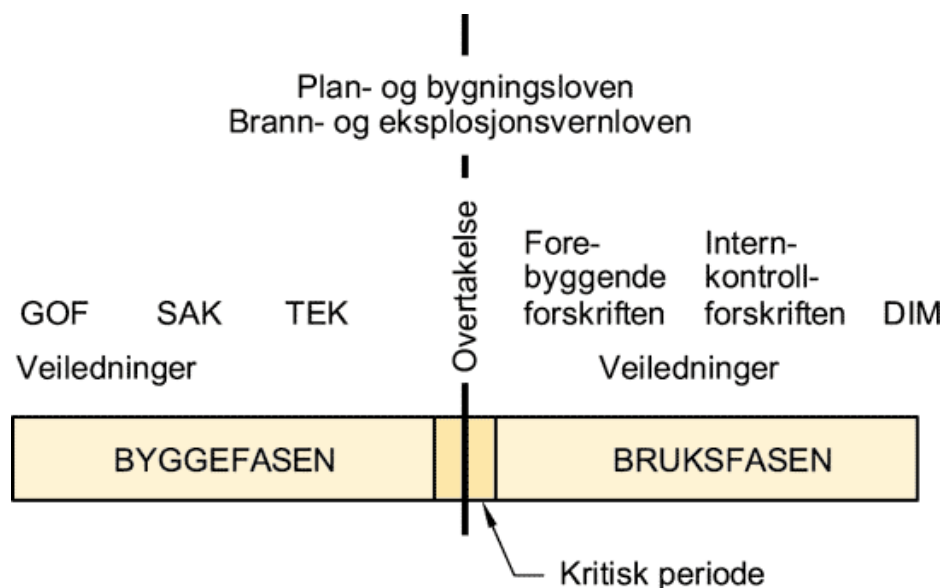
- Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett (GOF) [12] med veiledning
- Forskrift om saksbehandling og kontroll (SAK) [11] med veiledning
- Teknisk forskrift til PBL (TEK) [2] med veiledning
- Spesifikke lover for brann

For å illustrere hvordan lover, forskrifter, veiledninger og meldinger forholder seg til hverandre henvises det til figuren under.



Figur 3-1 Oversikt over lovsystemet, Byggforsk

I hvilken fase lovene, forskriftene og veiledningene gjelder illustreres på figuren under.



Figur 3-2 Oversikt av lover og forskrifter som styrer bygge- og bruksfasen mht brann, Byggforsk

Det er lagd fargekoder for å skille de ulike publikasjonene fra hverandre:

Lover	–	Rød
Forskrifter	–	Gul
Veiledninger	–	Grønn
Meldinger	–	Blå

I de påfølgende kapitlene beskrives formål og funksjon av hver av disse forskriftene og spesifikke lover for brann.

3.2.1. Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett (GOF)

Målet til denne forskriften [12] er å sikre at foretak/aktører har kvalifikasjonene til å ivareta kravene og opptre ansvarlig iht PBL som:

- Søker (SØK)
- Prosjekterende (PRO)
- Kontrollerende (KPR)
- Utførende (UTF)

Alle søknadspliktige tiltak skal ha ansvarlige firmaer for kodene over. Godkjenningen kan være lokal fra den aktuelle kommunen eller sentral fra Statens Bygningstekniske etat. Lokal godkjenning er lovpålagt, men sentral godkjenning er frivillig. Kvalifikasjonene skal bedømmes etter en samlet vurdering av foretakets organisasjon, foretakssystem og den faglige ledelses utdanning/ praksis.

3.2.2. Forskrift om saksbehandling og kontroll (SAK)

Målet med denne forskrift [11] er å sikre effektiv/ forsvarlig saksbehandling og gjennomføring i byggesaker for å tilfredsstille samfunnets interesser gjennom at det ferdige byggverk innehar god kvalitet.



Forskriften skal gi grunnlag for:

- Godt forberedte søknader og/ eller meldinger fra firmaer til kommune
- En hensiktsmessig arbeids- og ansvarsfordeling i prosjekter og tiltak
- Et effektivt kommunalt tilsyn

Søknadsppliktige tiltak skal planlegges, gjennomføres og dokumenteres etter reglene i denne forskrift. Kontrollen som normalt gjennomføres internt i firmaet, men kan også gjennomføres av et uavhengig firma ved behov eller ved pålegg fra kommunen. Kontrollen skal også sikre at krav til tiltaket er oppfylt, gjennom at tillatelser og bestemmelser gitt i eller i medhold av PBL er funnet i orden. Den skal også sikre at tiltaket er prosjektert fullt ut og utføres i henhold til prosjekteringen. Tekniske og funksjonsmessige funksjonskrav til byggeverk er gitt i denne forskriften. Branntekniske krav er spesielt angitt.

3.2.3. Teknisk forskrift til PBL (TEK)

Målet med denne forskrift [2] er å sette krav til byggverk og produkter til byggverk i henhold til PBL. Forskriften er gitt til gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i PBL og for gjennomføring av Norges forpliktelser etter EØS-avtalen for krav til byggverk og produkter til byggverk.

3.2.4. Spesifikke lover for brannteknikk

For brannteknikk er det i tillegg til PBL med forskrifter flere lover og forskrifter man må forholde seg til. De viktigste er:

- Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (Brann- og eksplosjonsvernloven)
- Forskrift om brannfarlig vare
- Forskrift om brannforbyggende tiltak og tilsyn
- Intern-kontroll forskriften

Disse forskriftene må brannprosjekterende også forholde seg til, men disse trer ikke i kraft før ferdigattesten eventuelt midlertidig brukstillatelse gis. Ferdigattesten er en form for brukstillatelse til bygningen som beviser at byggeprosessen er ferdig og man går over til bruksfasen. Og det er i bruksfasen at disse lovene trer i kraft. Intern-kontroll forskriften gjelder også under planlegging og bygging. Det er derfor viktig at den ansvarlig prosjekterende for brannteknikk kjenner disse lovene og vet hvilke krav de stiller. Det er også et krav at prosjekteringsgrunnlaget følger bygget i bruksfasen i form av FDV dokumentasjon slik at prosjekteringsgrunnlag kan kontrolleres ved behov [14]. Derfor må beskrivelse av forutsetninger for bruk av bygget inngå i dokumentasjonen [1].

3.3. Brannrådgivers rolle

For å gi et generelt inntrykk av brannrådgivers rolle i byggeprosessen, tar dette kapittelet for seg hvilke forhold og utfordringer rådgiveren må hankses med. Hensikten med brannteknisk prosjektering er å finne gode branntekniske løsninger for det respektive bygget som prosjekteres. Det vil si at bygningen utformes på en slik måte at hvis det begynner å brenne er tiltakene prosjektert med et bevisst forhold til konsekvensene som kan skje. Dette gjøres fordi det er samfunnsøkonomisk å ta høyde for at en bygning kan brenne, i forhold til at mange liv og store verdier går tapt hvis det brenner.



For å finne gode branntekniske konsepter er det flere momenter som gjør seg gjeldene:

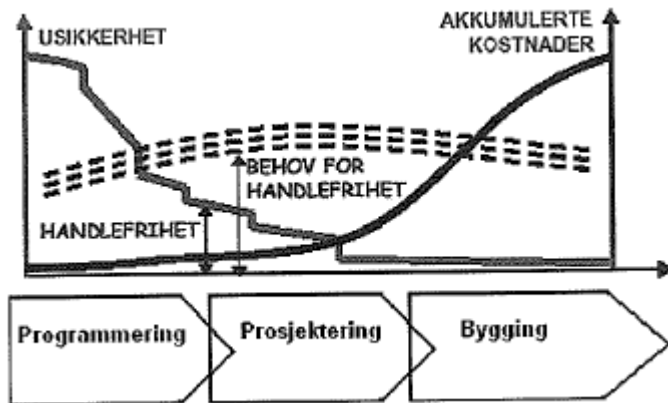
- Sikkerhet
- Flexibilitet i forhold til arkitektonisk løsning
- Tidshorison
- Prosjekteringskostnad
- Utførelseskostnad
- Driftskostnad

Alle disse momentene gjør brannteknisk prosjektering til et omfattende og spennende fag, da et bygg kan ha et utall av løsninger som gir tilfredsstillende sikkerhet. For i bunn og grunn er brannrådgiverens rolle å ivareta sikkerheten til personer i bygningen og nabobygninger, samt gi brannmannskaper sikre arbeidsforhold ved en eventuell brann.

I mange tilfeller kan arkitekt og byggherre utforme og prosjektere brannteknikken selv. Dette avhenger mye av erfaring og kunnskapsnivå. Ettersom arkitekter kun arbeider med et fåtall prosjekter hvert år kan det være vanskelig å finne fram i og tolke TEK[2] / REN '97 [1] med hensyn til brannteknikk. Det er derfor brannkonsulenter må kontaktes for å ta ansvaret for den branntekniske prosjekteringen. Brannkonsulenter har i tillegg ofte kunnskaper som gjør at brannsikkerheten kan dimensjoneres og prosjekteres mer nyansert. I mer komplekse prosjekt, samt når det er behov for analyse ved prosjekteringen blir behovet for en spesialist framtrede [4].

Tapene ved en brann kan være mange og variere i omfang fra bygg til bygg eller virksomhet til virksomhet. Eksempelvis er det ikke bare menneskeliv eller bygningen som kan gå tapt ved en brann, men også markedsandeler for bedrifter. Hvis en bygning i en bedrift brenner og denne er essensiell for å tilfredsstillende leveranser til markedet, kan livsgrunnlaget til bedriften være borte etter tiden bedriften lå nede. I lokalsamfunn kan dette få store konsekvenser for kommunale inntekter, permitteringer og oppsigelser [5].

Brannteknisk prosjektering omfatter flere faggrupper og bør gå på tvers av tradisjonell fagdeling. For å finne de gode branntekniske løsningene er det viktig at brannrådgiveren blir engasjert tidlig i prosjektet. Dette vil som regel føre til mer egnede løsninger spesielt med tanke på kostnader, da kan det også tas høyde for driftskostnader i større grad. Figuren under viser hvordan usikkerhet og kostnader forholder seg til hverandre i byggeprosessen. Det er viktig å merke seg at jo lenger ut i byggeprosessen man gjør forandringer jo mer akkumulerte kostnader blir det.



Figur 3-3 Usikker og akkumulerte kostnader

Brannteknisk prosjekteringens kompleksitet kan variere stort i omfang, fra kun å være en kvalitetssikring av arkitektens løsninger til at det må utføres større analyser og risikovurderinger. Når det benyttes analyse som grunnlag for brannteknisk prosjektering vil valg av tekniske løsninger for bygget være avhengig av at branntekniker kan vise at løsningene er sikre nok. I slike tilfeller vil branntekniker ha stor påvirkning på økonomien i prosjektet. Normalt er brannteknikerens rolle nokså lik andre fagrådgivere i prosjektet og arbeidsmengden er svært avhengig av andre aktørers kunnskaper i fagfeltet [6].

Ved brannteknisk prosjektering er det mange ønsker og føringer i prosessen. Eksempler på dette kan være:

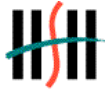
- Arkitektens visjoner til utforming og utseende
- Byggherrens/ tiltakshaverens visjon til økonomisk vinning
- Brukerens krav til brukbarhet
- Samfunnets krav til sikkerhet

I en ideell prosess får alle sine ønsker og visjoner tilfredsstilt, samt at brannsikkerheten er ivaretatt. Dette er ikke alltid resultatet da ønskene påvirker forskjellige aspekter i prosessen som kan være motstridende. Selv om lover og forskrifter skal tilfredsstilles er det mange måter å gjøre dette på. Konflikter i denne prosessen er derfor vanlig, og da spesielt med bakgrunn i økonomi og utforming.

3.4. Status for brannteknisk prosjektering i Norge

I all hovedsak er faget preget av at det i moderne tid alltid har vært preaksepterte løsninger tilgjengelig. Ved innføring av funksjonskrav i 1997 ble det gitt åpning for mer avansert brannteknisk prosjektering. Kravene i TEK angir minstekrav til sikkerhetsnivå og veiledningen gir ytelsesnivåer som tilfredsstiller kravene i forskriften. Det er fullt mulig å oppfylle kravene i TEK på annen måte enn gitt i veiledningen, men da må løsningene dokumenteres at de oppfyller kravene i TEK. Slik at i Norge er det godt lagt til rette for å benytte funksjonsløsninger ved brannteknisk prosjektering.

Funksjonsbasert metode skreddersyr løsninger for hver bygning for å bli best mulig på alle måter. Dette stiller store krav til ingeniøren som står ansvarlig for en slik oppgave, og har



personen ikke en god nok forståelse blir det ingen suksess. I grunnen ligger en forståelse for funksjonsnivå.

Som praksis benytter bransjen seg i stor grad av preaksepterte løsninger fremdeles. En generell oppfatning er at bransjen ikke blir enig i hvilken vei man skal gå, om man skal holde seg til ”det gode gamle” eller om man skal angripe problemer funksjonsbasert.

Det funksjonsbaserte systemet krever en fullstendig risikovurdering eller modellering som grunnlag for prosjekteringen. Utfordringen ligger i å fastsette grunnlinjen for hva som er akseptabelt og dokumentere oppnådd nivå for sikkerhet. Dette kan gjøres gjennom en risikoanalyse av bygget som helhet, for så å fastsette tiltak som er best egnet i forhold til estetikk og praktisk bruk. Dette er en komplisert prosess som krever mye kunnskap av den prosjekterende.

Brannteknikk som fag er som nevnt i kap. 3.1 en forholdsvis ung vitenskap. Den største forskjellen mellom brannteknikk og mange andre fag innenfor byggeteknikk er i hovedsak:

- Unøyaktighet i fenomenet
- Mangel på teori

Et moment som har stor betydning for utviklingen av brannteknisk prosjektering generelt og funksjonsbasert prosjektering spesielt er useriøse aktører. Slike aktører hemmer utviklingen i bransjen da dårlig prosjektering skaper mistillit til funksjonsbasert prosjektering. Dette begrunnes med at myndigheter og andre aktører i byggebransjen vil være på den sikre siden og dermed skjeler bakover istedenfor å være framtidsrettet. Som igjen fører til at kravspesifikasjonen har et mye høyere sikkerhetsnivå enn hva som er kravet.

I Norge er det generelt lite erfaring i bruk av funksjonsbaserte forskrifter, sammenlignet med andre nasjoner som har vært tidligere ute. Siden en brann utarter seg på samme måte, med de samme inngangsverdiene, uavhengig av i hvilket land det brenner i kan det være til stor hjelp å benytte litteratur fra nasjoner som har kommet lengre i faget enn Norge. Det er også viktig å sette av midler til forsknings- og utviklingsarbeid for å øke kunnskapen nasjonalt. Et moment kan være å etablere en brannteknisk utdanning på universitetsnivå. I dag må man dra til eksempelvis Sverige, USA eller Skottland for å finne en ren brannteknisk utdanning på universitetsnivå.

Ved å øke forsknings- og utviklingsfokusen vil dette også gi myndighetene muligheten til å tilrettelegge for utvidet bruk av analyseverktøy ved brannteknisk prosjektering. Trenden nasjonalt og internasjonalt er at forskrifter blir mer funksjonsbasert og analyse som prosjekteringsverktøy blir dermed også mer aktuelt [19].



4. Brannteknisk prosjektering

Hensikten med dette kapittelet er å gi et innblikk i brannteknisk prosjektering gjennom å presentere prosjekteringsmetoder. I tillegg til dette blir også kravet til dokumentasjon av løsninger behandlet. Kravet til dokumentasjon vil variere stort i omfang avhengig av valgt av dokumentasjonsmetode, samt hvilken fase i byggeprosjektet dokumentasjonen skal produseres for.

4.1. Generelt

Hensikten med brannteknisk prosjektering er som det har blitt omtalt tidligere i denne rapporten å finne gode løsninger og dokumentere at disse gir tilfredsstillende brannsikkerhet. Dette innebærer også at det må angis hvilke forutsetninger som ligger til grunn for at løsningene skal ha ønsket effekt. Normalt vil prosjekteringen gi føringer til hvordan byggets driftsfase vil være.

Uavhengig av hvilken metode som benyttes i den branntekniske prosjekteringen er det sunt å være skeptisk til alle forutsetninger og inngangsparametere som benyttes. Dette er med på å gjøre prosjekteringen mer gjennomtenkt og dermed mer komplett. Spesielt gjør dette seg gjeldene ved analytisk prosjektering da det knyttet større usikkerhetsmomenter til denne prosjekteringsformen.

4.2. Krav til dokumentasjon

Dokumentasjonens grunnkrav er basert på hvilket formål plan og bygningsloven har til aktørene i byggebransjen. Dette skjer igjennom forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesak (SAK) og forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett (GOF)

Brannområdet er ikke underkastet noen særskilte krav i byggesakssammenheng. Kravene til dokumentasjon er de samme for alle områder. Reglene for saksbehandling og dokumentasjonsomfang er fastsatt i SAK.

SAK [11] stiller krav til at det utarbeides dokumentasjon for kontrollen av prosjekteringen som er gjennomført. Fra SAK § 32. Dokumentasjon av kontroll. Oppbevaring og tilrettelegging for tilsyn er følgende tekst hentet:

Dokumentasjonen skal vise at kontroll er gjennomført som beskrevet i foretakets eget styringssystem. Kontrolldokumentasjonen skal oppbevares i kontrollforetaket og fremstilles på en måte som gjør den lett tilgjengelig ved kommunens tilsyn, jf. denne forskrift § 35.

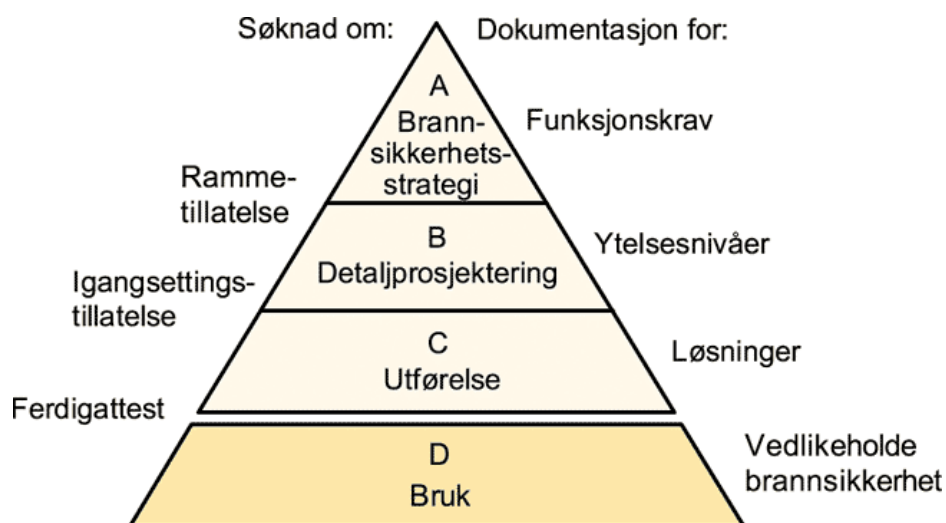
Viktige og kritiske kontrollområder skal dokumenteres særskilt. Denne kontrollen skal dokumenteres på en måte som gir sporbarhet mellom krav, resultat og ansvar. Dokumentasjonen skal vise om den planlagte kontrollen faktisk er gjennomført og om resultatet er i samsvar med tillatelser og bestemmelser gitt i eller i medhold av plan- og bygningsloven.

Generelt i GOF [12] stilles det krav til tilfredsstillende dokumentasjon for en virksomhet som søker en form for godkjenning. Dokumentasjonen skal vise at kvalifikasjonskravene i GOF er tilfredsstillt.

[8, 9 og 10] Plan og bygningsloven § 93 b og TEK §7-21 krever dokumentasjon av brannsikkerhet i bygninger. Med dokumentasjon i denne sammenheng må følgende momenter tas med:

- Den fullstendige branntekniske dokumentasjonen fra prosjekteringsfasen
- Dokumentasjon i utførelsesfasen
- Nødvendig underlag i bruksfasen

I figuren under kommer det fram hvilke dokumentasjonskrav som stilles i de ulike fasene i et prosjekt.



Figur 4-1 Nivåer for dokumentasjon av brannsikkerhet, Byggforsk

Omfanget av denne dokumentasjonen må tilpasses hvert enkelt byggeprosjekt. En bygning som er veldig kompleks og innehar høy risiko må ha mer dokumentasjon enn for eksempel en liten bygning med lav risiko. Ved innføring av funksjonsbaserte forskrifter i 1997 med TEK ga det mulighet for den prosjekterende mulighet for å dokumentere tilfredsstillende sikkerhet gjennom beregninger. Brannteknisk prosjektering gjennom analyse og beregninger gjør at den prosjekterende står mye friere når det gjelder inspirasjon og ideer til løsninger.

4.3. Prosjekteringsmetode

Etter REN '97 [1] er det to ytterpunkter for brannteknisk prosjektering. Det ene er å benytte analyse som grunnlag, mens den andre bygger på å følge prinsippene og ytelsene slik som de fremkommer i REN. I praksis vil mye av prosjekteringen skje mellom disse ytterpunktene og det vil i stor grad påvirke dokumentasjonsbehovet ved prosjektering.

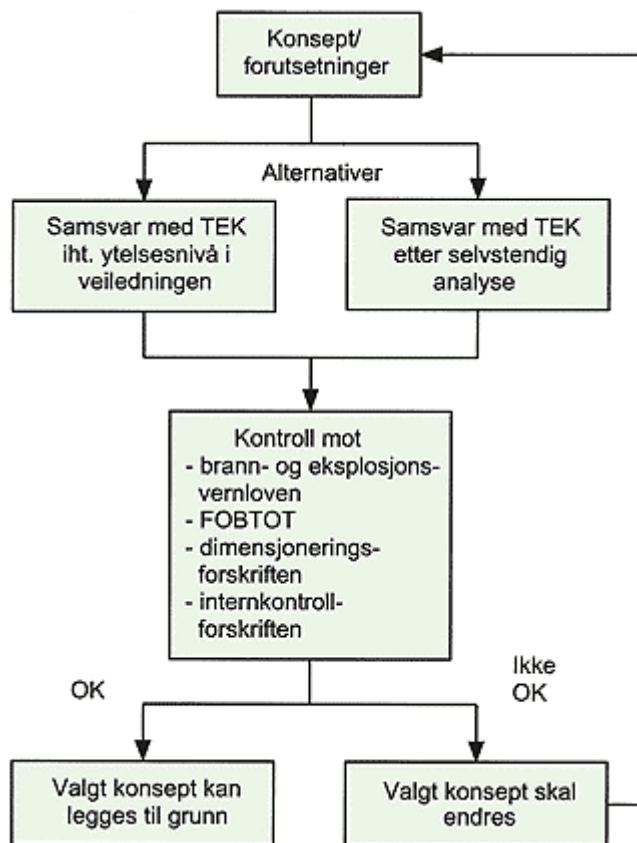
Følgende tre tilnærminger for prosjektering er hentet fra REN '97:

- **Utprøvde og anerkjente løsninger**, «Preaksepterte løsninger». De er i samsvar med de prinsippene og ytelsene som er angitt i denne veiledningen for å tilfredsstillere forskriftens sikkerhetsnivå. I prosjektdokumentasjonen må det klart fremgå hvilke forutsetninger og inngangsparametere, som er lagt til grunn for prosjekteringen. De forutsatte ytelsene må fastlegges. Valg av materialer og løsninger bestemmes av

Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering

prosjekteringsforutsetninger og ytelser. Det er disse løsningene som forskriften kaller «preaksepterte løsninger».

- **Blandingsløsningene.** Dette er de vanligste og omfatter bruk av utprøvde og anerkjente løsninger så langt det passer og analyse for de deler av tiltaket der det er best egnet. Metoden kan anvendes på områder de utprøvde og anerkjente løsningene ikke passer og det er liten konsekvens for personsikkerheten. Dette forutsetter imidlertid at verifikasjon av delanalysene kan utføres uten konsekvens for sikkerhetsnivået i tiltaket for øvrig. Dokumentasjonsbehovet i prosjektet avgjøres av «blandingsforholdet».
- **Analyseløsningene.** Prinsippløsningene og ytelsene velges på bakgrunn av en utførlig analyse eller en beregning.



Figur 4-2 Vurdering av brannkonsept ved prosjektering, Byggforsk

Av figur 5-1 går det frem hvordan brannsikkerheten kan dokumenteres på alternative måter. Hvis det benyttes analyse må prosjekteringen være i samsvar med TEK eller at brannsikkerheten dokumenteres til å være like god eller bedre enn ytelsesnivå gitt i REN '97. Uansett hvilken framgangsmetode det velges for prosjekteringen skal det ansvarlige foretaket dokumentere at hovedutformingen av bygningen tilfredsstiller funksjonskravet i TEK.



4.4. Preaksepterte løsninger

Av praktiske årsaker benyttes REN i de fleste tilfeller som utgangspunkt ved brannteknisk prosjektering. REN angir løsninger som man av erfaring vet gir akseptable løsninger, uten å vite eksakt hvilket sikkerhetsnivå hver enkelt løsning gir. Ved å benytte preaksepterte løsninger i REN, holdes dokumentasjonskravet på lavt. Dette gjør at tidsbruken er liten i forhold til analyse og prosjekteringskostnaden holdes på et minimum.

4.4.1. Publikasjoner

I Norge i dag er det flere ulike organer som utgir veiledninger for preaksepterte løsninger. Under følger en oversikt over hvilke publikasjoner den brannprosjekterende kan forholde seg til for å finne preaksepterte løsninger.

Publikasjon	Kommentar
REN Veiledning til teknisk forskrift til plan og bygningsloven 1997.	Som nevnt i kap. 3.1 var den siste rene preaksepterte forskriften byggeforskrift av 1987, som ble erstattet av funksjonsbasert forskrift i 1997 (TEK'97). Det ble også laget en tilhørende veiledning til teknisk forskrift kalt REN '97. I skrivende stund er det REN '97 - 3. utgave, april 2003 som gjelder. Denne utgivelsen angir ytelser for materialer, konstruksjoner og installasjoner som er tilstrekkelig for å tilfredsstille de funksjonskrav som er gitt i TEK '97.
Meldinger	Dette er publikasjoner fra Statens Bygningstekniske Etat som angir preaksepterte løsninger innenfor temaet. De mest aktuelle meldingene for brannteknikk er: <ul style="list-style-type: none"> • Melding HO-2/98 "Brannalarm" • Melding HO-1/99 "Sprinkler" • HO-3/00 "Røykventilasjon" Det finnes også flere veiledninger hvor brann omhandles. Eksempler på dette er for rekkehus og driftsbygninger.
NBI- blad	Norges byggforskningsinstitutt (NBI) utgir BYGGFORSK som er en nasjonal kunnskapsbase for hele byggenæringen, hvor det finnes flere bygningsdetaljer for brannsikkerhet. Hensikten med serien er å formidle erfaringer og resultater fra praksis og forskning til praktisk nytte. Løsningene gitt i denne basen er anerkjente løsninger og benyttes som preaksepterte løsninger. Dette gjøres selv om NBI ikke har noen godkjenningmyndighet på brannområdet og står heller ikke til ansvar for løsningene. Beregningsmetoder gitt i bladene anses akseptabelt å bruke ved dokumentasjon av løsninger.

Tabell 1 Publikasjoner for preaksepterte løsninger

I tabellen over er det vurdert hva som kan benyttes som preaksepterte løsninger hvordan de kan brukes. I denne forbindelse er det viktig å legge merke til at NBI blad 321.026 [9] angir at det ikke er tilstrekkelig å henvise til REN '97. Selv om veiledningen til TEK benyttes må branntekniske forhold dokumenteres. Dette gjøres i hovedsak ved å vurdere den best egnede løsningen for det aktuelle bygg der hvor veiledningen gir valgmuligheter. Videre er dokumentasjonens utforming avhengig av de faktorene som bestemmer hvilken risiko bygningen representerer. For å fastsette dette må følgende forhold vurderes:



- Byggverkets kompleksitet
- Bygningsteknisk utforming
- Virksomhet
- Bruk

Ved mindre fravik fra REN '97 [1] må det gjennomføres en fagkyndig vurdering av konsekvensene for personer og materielle verdier. Ved slike fravik må det normalt gjennomføres kompenserende tiltak for å tilfredsstille funksjonskravene TEK.

4.5. Funksjonsbaserte løsninger

Som nevnt tidligere ble det først gitt mulighet til å gjennomføre funksjonsbasert prosjektering ved innføring av ny teknisk forskrift i 1997. Slik forskriften benyttes i dag er det først når man fraviker fra preaksepterte løsninger i REN '97 at analysemetodene blir aktuelle. Målet da er å oppnå like god eller bedre sikkerhet som ved å prosjektere etter ytelseskrav i REN '97. Det vil si at preaksepterte løsninger benyttes som utgangspunkt og fraviksvurderinger gjennomføres ved behov. Det er også mulig å benytte fullstendig analyse med TEK som utgangspunkt.

4.5.1. Dokumentasjon

Funksjonsbaserte løsninger er som tidligere beskrevet løsninger som er dokumentert til å tilfredsstille funksjonskravet gjennom analyse. Ved bruk av analyse for vurdering av brannsikkerhet må hele analysegrunnlaget legges til grunn for dokumentasjonen. Iht NBI blad 321.026 [9] må brannsikkerheten utførlig dokumenteres dersom:

- Hovedutformingen har et større fravik fra veiledninger til TEK
- Byggverk plassert i brannklasse 4
- Byggverket er uvanlig, og dermed ikke dekket av REN '97
- Det er valgt nye eller ukjente prinsipp løsninger

I slike tilfeller når beregningsmessig dokumentasjon skal lages angir REN '97 [1] at den i nødvendig grad må angi følgende punkter:

- Formålet med beregningen, herunder referanse til fravik fra veiledningens ytelsesnivå
- Aktuelt brannforløp (tidlig fase og/eller fullt utviklet brann)
- Brannbelastning og branncellekarakteristika, dersom det er relevant
- Metodehenvisning, herunder referanse til verktøydokumentasjon og aktuell litteratur
- Akseptkriterier for beregningsresultater, tiden, strålingsverdier i forhold til personvern og brannspredning
- Beregningsresultater med drøfting
- Parametrenes sensitivitet

Når det benyttes analyse for prosjektering av brannsikkerhet for en bygning er det viktig at analysegrunnlaget medfølger brannokumentasjonen. Dette for at dokumentasjonen skal kunne kontrolleres opp i mot ombygginger og så videre i bygningens levetid. Det er også viktig å merke seg at behovet for dokumentasjon øker betraktelig ved bruk av analyse,



nettopp fordi den skal kunne etterprøves eller bearbeides. Det må altså være mulig ut i fra dokumentasjonen, å kontrollere hvordan prosjekteringen har gått fram. Og ikke minst om bygningen tilfredsstillende de krav som stilles i teknisk forskrift.

Hoveddelen i en slik dokumentasjon bør ikke handle om avanserte analyser i form av utredninger og beregninger, men bør ha spesiell tyngde på sårbarheten og hvordan denne har blitt håndtert i forhold til hvilke tiltak som er benyttet. Bare en begrenset del av dokumentasjonen handler om beregninger. Nettopp det å beskrive brannsikkerhetsstrategien og de prosjekterte tiltakenes funksjon er nødvendig for at andre personer skal kunne sette seg inn i prosjekteringen for å vurdere om den er tilfredsstillende eller ikke. Dette gjelder for kontroll av prosjektering, men også i byggets driftsfase hvor det skal skje en ombygging eller lignende.

For å gjennomføre en brannteknisk prosjektering ved hjelp av analyse er det viktig at forutsetninger som er gjort blir gjennomført i byggefasen. Ellers kan det være en risiko for at prosjekteringen er gjennomført med andre inngangsverdier enn de som vil være i bygningen. Dette vil også være viktig ved bruk av preaksepterte løsninger, men sårbarheten vil ofte være større ved analyse. Dette begrunnes med at ved analyse er det ofte benyttet flere tekniske tiltak for å kompensere brannsikkerheten. Følges ikke de riktige forutsetningene ved detaljprosjektering og installering av de tekniske tiltakene, kan dette få store konsekvenser. I verste fall kan et teknisk tiltak som ikke har hatt de samme forutsetningene gjennom hele prosessen være nærmest ubrukelig.

Som nevnt tidligere må omfanget av dokumentasjonen tilpasses bygningens størrelse og kompleksitet. Det må derfor gjennomføres en vurdering fra tilfelle til tilfelle på hvor omfattende prosjekteringen skal gjøres.

4.5.2. Analyse

Den største fordelene ved bruk av analyse er at den prosjekterende står mye friere til å velge aktive-, passive- og organisatoriske tiltak for å skreddersy den totale brannsikkerheten til en bygning. Sjonglering med tiltak kan også gjennomføres for å få best kost – nytte effekt. Dette gjør at bygningene kan brannprosjekteres for en fremtidig fleksibilitet, samt at de branntekniske installasjonene velges på grunnlag av økonomi på kort eller lang sikt. Disse momentene gir også arkitektene større frihet ved utforming av bygninger. Ulempen med prosjektering gjennom analyse er at kostnaden til brannprosjekteringen øker betydelig. Uansett utgjør dette med stor sannsynlighet en liten del av den totale kostnaden for bygget.

Ved bruk av risikoanalyse for brann i byggverk er svært viktig at den omhandler virksomheten som skal være i bygget. Er virksomheten et særskilt brannobjekt, etter brann og eksplosjonsvernlovens § 13 må eier og/eller brannvernleder involveres. Og hvis brannvesenet legges til grunn i analysen må dette skje i samråd med det lokale brannvesen.

REN [1] angir at risikoanalyse er aktuelt ved følgende fravik:

- Løsningsønsker som i vesentlig grad berører rømningsforhold for et stort antall personer, eller for personer i byggverk i risikoklasse 6.
- Løsningsønsker, der kompensierende tiltak bl.a. består av organisatoriske tiltak hos eier og virksomhet/bruker.



- Løsningsønsker forbundet med stort verditapspotensiale, ved store, useksjonerte arealer.
- Løsninger som avviker i forhold til «utprøvede og anerkjente løsninger» i bestående bygg, ref. brann- og eksplosjonsvernloven med forskrifter.

4.5.3. Analysemetoder

For å gjennomføre en risikoanalyse finnes det mange forskjellige fremgangsmåter og metoder. Normalt kategoriseres disse i to hoveddeler som er kvalitativ og kvantitativ. Det kan også gjennomføres en mellomting som kalles semikvantitativ. I påfølgende tabellen gjøres en beskrivelse av disse metodene. Ved gjennomføring av analyse er det viktig å benytte erfaring og sunn fornuft, for å sikre en god gjennomføring.

Metode	Beskrivelse
Kvalitativ	<p>[5] I den kvalitative skal det benyttes brannfaglige vurderinger uten at det benyttes tall. Dette gjennomføres ved at problemene defineres og at branntekniske tiltak identifiseres. Disse vurderes opp mot hverandre og det tas en beslutning hvis det finnes tilstrekkelig informasjon. For å definere problemet må det blant annet tas stilling til følgende momenter:</p> <ul style="list-style-type: none">• Angi forutsetninger og antagelser som legges til grunn• Identifiser brannfarer• Forhold som er av betydning for sikkerheten• Hva ønskes beskyttet• Hva bør analyseres <p>Målet med den kvalitative analysen er at ved hjelp av sunn fornuft og god framstillingsevne gjøre situasjonen forståelig for enhver. Det er viktig at alle tenkelige scenarier går igjennom om evalueres opp mot situasjonen i det aktuelle objektet. I en slik gjennomgang er det svært vanskelig å vurdere konsekvens. Dette gjør at den kvalitative analysen danner grunnlag for den kvantitative på de punkter hvor det er usikkerheter.</p>

Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering

Kvantitativ	<p>Kvantitative analyser gjennomføres hovedsakelig dersom det anses nødvendig eller hensiktsmessig å dokumentere vurderinger tatt i den kvalitative delen. Slik at den primære hensikten med beregninger er å etterprøve kvalitative vurderinger.</p> <p>I og med at TEK kun inneholder beskrivende tekst, blir det mye rom for subjektiv tolkning. Dette er en stor svakhet for brukervennligheten i forhold til bruk av kvantitative analyser. Som nevnt tidligere består den kvantitative delen av å gjennomføre beregninger, og derfor er det behov for tall. Slik TEK er utformet i dag kan det være vanskelig å fastsette riktig funksjonsnivå ved bruk av en kvantitativ analyse.</p> <p>En viktig oppgave er å finne fram til gode metoder, beregningsmodeller, regneprogrammer og data. Og ved en analyse må disse momentene redegjøres for, slik at sporbar- og etterprøvbareheten blir tilfredsstillende. Veiledning til NS 3901 [7] henviser til spesiallitteratur for modeller som kan benyttes. Eksempler på kvantitative beregningsmetoder er feiltre- og hendelsestreanalyse.</p>
Semi-kvantitativ	<p>Semi-kvantitativ analyse defineres som en analyse metode som utgjør et kompromiss mellom rene kvalitative og kvantitative metoder. Semi-kvantitative metoder blir ofte omtalt som index metoder fordi egenskaper og attributter for en virksomhet kan både være kvalitative og kvantitative. Et eksempel på en indexmetode som er anerkjent i Norge er FRIM-MAB. Denne metoden henvises det til i Byggforsk publikasjon; fleretasjes trehus Hefte 3, brann av Vidar Stenstad.</p> <p>FRIM-MAB metoden bygger på at brannsikkerheten i boligbygninger kan ordnes i en struktur med fire nivåer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Policy • Mål • Strategier • Parametere <p>Beregning av risikoindeksen for en bygning skjer på parameternivå, hvor parameterne deles i kvantifiserbare underparametere som gis karakter. Mål, strategier og parametere gis vektorer. Gjennom matrisemultiplikasjon av karakterer og vektorer får man et relativt mål på betydningen av hver parameter, samtidig som man får en enkelt indeksverdi for bygningen. Indeksverdien kan brukes til å analysere ulike brannvernstrategier i en bygning og til å sammenligne ulike bygninger. Lav risikoindeks betyr høy brannsikkerhet. Indeks metoden er verifisert ved at fire ulike bygninger er analysert både med indeksmetoden og kvantitativ risikoanalyse. Resultatene viser at metoden rangerer ulike bygninger likt i forhold til hverandre. Dette påviser at indeksmetoden er et egnet verktøy for analyse av risiko.</p>

Tabell 2 Analysemetoder



5. Verifisering av tilfredsstillende sikkerhetsnivå

Hensikten med dette kapittelet er å se på hvordan verifiseringen foregår, samt hvilke utfordringer som dukker opp i denne prosessen. Målet med verifiseringen er å bevise at den valgte løsningen er tilfredsstillende.

5.1. Generelt

For å vurdere hva som er tilfredsstillende sikkerhetsnivå må det tas utgangspunkt i en verifiseringsmetode. I hovedsak finnes det to verifiseringsmetoder ved brannteknisk prosjektering. Den ene er å dimensjonere bygningen ut fra hva en vil beskytte og hvilke brannlaste som kan oppstå. Den andre er å benytte REN '97 som prosjekteringsunderlag og der hvor veiledningen fravikes sammenlignes preakseptert løsning med den alternative løsningen.

For å kunne fastslå om løsningene er tilfredsstillende må alle relevante brannscenarier som påvirkes av forandringen i brannsikkerheten vurderes. I denne prosessen vil det dukke opp en rekke usikkerheter som den prosjekterende må forholde seg til. I tilfeller hvor de prosjekterte tiltakene ikke virker på samme måte, men reduserer samme risiko, må dette avdekkes. Tekniske systemer som innføres i prosjekteringen vil også innebefatte en risiko. Omfanget av den branntekniske verifiseringen kan variere stort i forhold til bygningen som omhandles.

For branntekniske beregninger og analyser det en rekke modeller og dataprogrammer på markedet som kan benyttes. Disse kan være til stor hjelp for å finne forflytningstid, brannutvikling, strålingsintensitet og andre viktige parametere for analysen.

5.2. Verifiseringsmetoder

For å bevise om løsningen er tilfredsstillende benyttes det i hovedsak to metoder. Disse er komparativ - eller fullstendig analyse. Verifisering gjøres for å vurdere om løsningen representerer et tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

5.2.1. Komparativ analyse

I den komparative analysen sammenlignes en løsning med sikkerhetsnivået for en tilsvarende løsning gitt i REN '97. Ved å vurdere løsningene mot hverandre også sett i forhold til kompensierende tiltak gjøres en godt begrunnet konklusjon. Analysen kan gjennomføres ved hjelp av kvalitativ, kvantitativ eller semikvantitativ metode. Det er også mulig å benytte metodene om hverandre i en analyse uten et klart skille. Sintef anbefaler at det generelt benyttes komparativ analyse for fastsetting av sikkerhetsnivå [5].

5.2.2. Fullstendig analyse

For å gjennomføre en fullstendig brannteknisk analyse av en bygning er det viktig å ta stilling til hvilke brannlaste som kan oppstå og hva som skal beskyttes. Bygningen dimensjoneres så etter hvilke forhold som er avdekket og definerte akseptkriterier/ pålitelighetsverdier. Akseptkriterier kan defineres med utgangspunkt i Norsk Standard NS 3901 med veiledning. NS 3901 med veiledning gir for eksempel akseptkriterier for kritiske verdier for mennesker i en rømningsfase. Slike kritiske verdier kan være i form av strålingsintensitet og sikt. Pålitelighetsverdier kan være vanskelig å definere, men den britiske standarden "Fire Safety Engineering in Buildings, BSI DD 240, 1997" er et eksempel på en publikasjon som angir



verdier for brannverntiltak. Det finnes ingen slike offisielle verdier i standarder eller lignende for Norge i dag.

5.3. Usikkerheter

Ved bruk av analyser er det viktig at analysene tar for seg realistiske forhold. En brist i en liten del av analysen kan velte hele sikkerhetsstrategien. Det er derfor knyttet store usikkerheter til mange elementer i analysen, og man må ha et bevisst forhold til dette når man velger inndata, beregningsmodeller, scenarier og vurderer tekniske systemer. For å være sikker på at analysen holder mål bør det gjennomføres en følsomhetsanalyse og en usikkerhetsanalyse.

5.3.1. Følsomhetsanalyse

[4] En følsomhetsanalyse er en vurdering av hvilken effekt sannsynlighet og konsekvens vil ha på analyseresultatet. De variabler som vurderes er vanligvis de som ikke er helt entydige ved en ulykke. Disse variablene beskrives derfor med den høyeste og den laveste verdien som er mulige, samt den verdien som utgjør den mest trolige verdien. Ved å prøve ut verdiene kan resultatet av forandringene vurderes. Dette gjøres for alle aktuelle verdier. Er det kun en liten forskjell i resultatet ved å prøve ut verdiene vurderes denne som ok. De verdiene som viser seg å ha følsomhet i forhold til resultatet, bør beskrives på en konservativ måte. Eventuelt at det blir tatt en helhets vurdering i form av usikkerhetsanalyse. Spesielle forhold som bør bli behandlet i en følsomhetsanalyse er:

- Branneffekt
- Sannsynligheter for ulike hendelser
- Personers forflytningshastighet
- Antall personer i bygningen

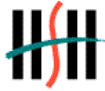
Alle disse momentene er viktige i en analyse da små forskjeller i inndata kan utgjøre store forskjeller i resultatet.

5.3.2. Usikkerhetsanalyse

[4] Når følsomhetsanalysen har identifisert de variablene som er utslagsgivende for resultatet kan det gjennomføres en mer detaljert usikkerhetsanalyse. Resultatet av usikkerhetsanalysen kan være en statistisk fordeling av den forventede konsekvensen ved en brann. Denne fordelingen kan senere benyttes for å sammenligne de alternative branntekniske utformingene. Hovedmålet til en usikkerhetsanalyse er å få svar på hvor sikker er man på de risikoer som bygningen beregnes i forhold til. Disse vurderingene kan være et godt grunnlag ved valg av utforming av de branntekniske tiltakene.

5.4. utfordringer

Ved verifisering av tilfredsstillende dokumentasjonsnivå dukker det opp en rekke utfordringer. Ett eksempel på dette er at ved bruk av beregningsprogrammer er det viktig at brukeren har stor forståelse for hvordan programmet brukes. Dette begrunnes med at valg av inngangsdata er svært avgjørende for resultatene, samt at inngangsdataene har betydning for problemet som ønskes løst. Videre må ofte resultatet fra beregningene tolkes og vurderes i forhold til sikkerheten i bygningen. Det kan være en fare for at det fokuseres på det som kan regnes på og mister fokus på det som ikke er så godt kjent. Er viktige inngangsparametere



glemt eller neglisjert kan dette få store konsekvenser på resultatet som kommer frem i verifiseringen og føre til at bygget oppføres med en lavere sikkerhet en det som er akseptabelt.

Det er også viktig at forutsetningene, antagelser og andre usikkerheter, samt hvilke forhold som påvirker resultatene beskrives. Dette begrunnes med at disse momentene kan ha stor betydning for eier/bruker av bygningen, med tanke på om det må gjøres begrensninger i forhold til bruken av bygget.

Det store spørsmålet ved verifisering er: Hva er sikkert nok?

Dette er et vanskelig spørsmål å svare på, da det alltid vil være en risiko for brann i bygninger. Det vil si at man aksepterer at brannrisikoen foreligger, men det tas stilling til hvor stor brannrisikoen kan være. Risikoen må derfor detekteres og vurdere hvilke tiltak som vil bringe bygningen på et akseptabelt risikonivå. Brannrådgiveres store utfordring er å omformulere funksjonskravene i TEK til akseptkriterier som er målbare. Og med dette utgangspunkt vurdere hvordan den valgte brannstrategien skal kunne måles opp mot akseptkriteriene. Disse forholdene vil variere i stor grad fra bygning til bygning og må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

En annen stor utfordring er å kommunisere tankegangen gjennom tekst i prosjekteringen slik at det blir minst mulig rom for kritiske vinklinger. Det vil i enkelhet si at alle forhold av betydning må være vurdert og komme fram på en god og logisk måte i det ferdige dokumentet.



6. Brannteknisk prosjektering internasjonalt

For å sette brannteknisk prosjektering i et internasjonalt perspektiv er sett på hvordan funksjonsbaserte forskrifter benyttes i andre nasjoner.

6.1. Generelt

For å kunne vurdere bruk av analyse ved brannteknisk prosjektering er det viktig å ta en titt på hva som benyttes internasjonalt. Norge innførte funksjonsbaserte forskrifter i 1997, etter at en rekke store nasjoner hadde vært forbilder.

[17] I flere av de land som har innført funksjonsbaserte byggeforskrifter er det blitt utarbeidet håndbøker og veiledninger. Håndbøkene har først og fremst til formål å gi anbefalinger, samt eksempler på ulike beregningsmetoder som kan benyttes ved dimensjonering av ulike branntekniske tiltak. Gjennomført for de fleste håndbøker er at det totale brannsikringen er delt opp i flere delsystemer:

- Brannens oppstart og utvikling
- Beskyttelse mot spredning av branngass
- Beskyttelse mot brannspredning
- Deteksjon og slukkesystem
- Rømning
- Brann- og redningsinnsats

Til alle disse delsystemene redegjøres det for tilgjengelige beregningsmodeller og til en viss grad inndata. I det store og hele er det samme tankegang og underlag som benyttes for å ta fram de ulike guidene. Noen tilpasninger er gjort for lokale forhold, lover, regler og bestemmelser er gjort, men store deler av innholdet kan brukes uavhengig av i hvilket land bygningen skal oppføres.

Det vil alltid være forskjellige synspunkter når det gjelder fagspesifikke spørsmål. Et eksempel på dette er at i følge en artikkel av Bjørn Vik i magasinet Brann og Sikkerhet [19] har ikke Olavi Keski – Rahkonen fra VTT i Finland, som finsk representant, tro på kvalitative risikoanalyser. I Finland er det full satsning på kvantitative risikoanalyser basert på statistisk grunnlag. Andre vil kanskje si at kvalitativ analyse er mer informativ og forståelig og vil legge mest vekt på denne delen, mens den kvantitative delen er kun en bekreftelse på om vurderingene er fornuftige.

6.2. Håndbøker

I rapporten ”Verifisering, kontroll och dokumentasjon vid brandteknisk prosjektering” [17] er internasjonale håndbøker studert og det konkluderes med at generelle retningslinjer for valg av verifiseringsmetode ikke kan formuleres. En årsak til at generelle retningslinjer ikke kan formuleres er at faktorer som er objektspesifikke påvirker hva som må verifiseres, samt at håndtering av usikkerheter er en viktig del ved dimensjonering. Det kreves en vurdering for å avgjøre hvilket omfang av verifisering som er nødvendig, men det er en mangel på verktøy som hjelper den prosjekterende å gjøre denne vurderingen.



En god fremgangsmåte er å benytte statistikk for branner samt et bestemt sikkerhetsnivå for å kalibrere akseptkriterium mot en veldefinert metodikk. Å anta dimensjonerende branner på et løst grunnlag og beregne risikoen med utgangspunkt i det totale antall branner gir et feilaktig inntrykk av den virkelige brannrisikoen. Det resulterer både i stor forskjell mellom beregnet og virkelig risiko, samt stor variasjon i beregnet risiko for samme bygning avhengig av hvem som prosjekterer. Dette kan lede til store nasjonale forskjeller avhengig av hvilke løsninger som aksepteres eller forkastes ved verifisering.

Det faller naturlig at innen brannprosjektering kreves det en form for strukturert beskrivelse av analysebasert dimensjonering. Det er viktig å merke seg at dette behovet ikke kun gjelder for verifisering, men også henger sammen med kontroll og dokumentasjon. Det må også påpekes at følgende punkter ikke er uavhengig av hverandre:

- Inndata
- Håndtering av usikkerhet
- Akseptkriterium
- Dimensjoneringsmetode

For å skape en troverdig dimensjoneringsmetodikk for analysebasert dimensjonering kreves det at punktene over kalibreres mot hverandre.

7. Gjennomføring av case

Hensikten med dette kapittelet er å gi et innblikk i hvordan brannteknisk prosjektering utarter seg i praksis. Et annet viktig aspekt er å vurdere kost/ nytte forholdet som resultat av prosjekteringen. For å kunne gjennomføre dette benyttes retningslinjer og metoder behandlet i kapittel 3 til 6.

7.1. Innledning

Som en del av denne oppgaven ble det gjennomført et case. Caset som er en kontorbygning ble tildelt av oppdragsgiver, Roar Jørgensen AS. Oppgaven var å gjennomføre en analyse med mål om å ende opp med et så godt som mulig kost/nytte bygg med utgangspunkt i arkitektens tegninger. Kontorbygget har et bruttoareal på ca. 570 m² pr. etasje og består av 5 etasjer. I tillegg har den en kjeller på ca. 90 m², men denne beregnes ikke som tellende etasje iht REN [1]. Dette begrunnes med at kjelleren betraktes som tilleggsdel og ligger under bakken. Bygningen har virksomhet i risikoklasse 2 og havner derfor i brannklasse 3 [1 og 2].

Byggverk deles inn i risikoklasser etter hva en brann kan innebære for skade på liv og helse. Risikoklassen legges til grunn for å bestemme nødvendige tiltak for å sikre rømning ved brann. Risikoklassene deles inn fra 1-6, hvor 1 representerer lavest og 6 høyest risiko. Brannklassen inndeles etter hvor stor konsekvensen en brann kan innebære for skade på liv, helse, samfunnsmessige interesser og miljø. Brannklassen inndeles fra 1-4, hvor 1 representerer liten og 4 særlig stor konsekvens.

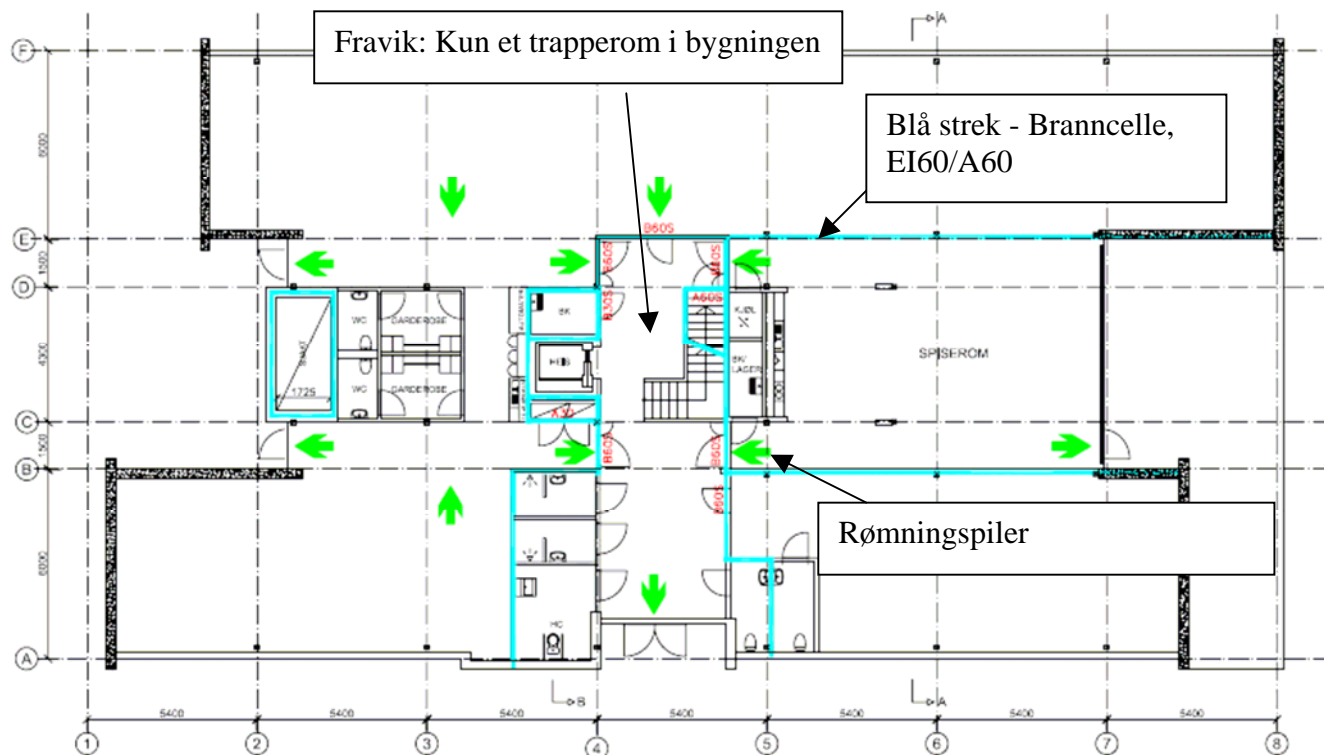


Bilde 7-1 Illustrasjon av kontorbygget

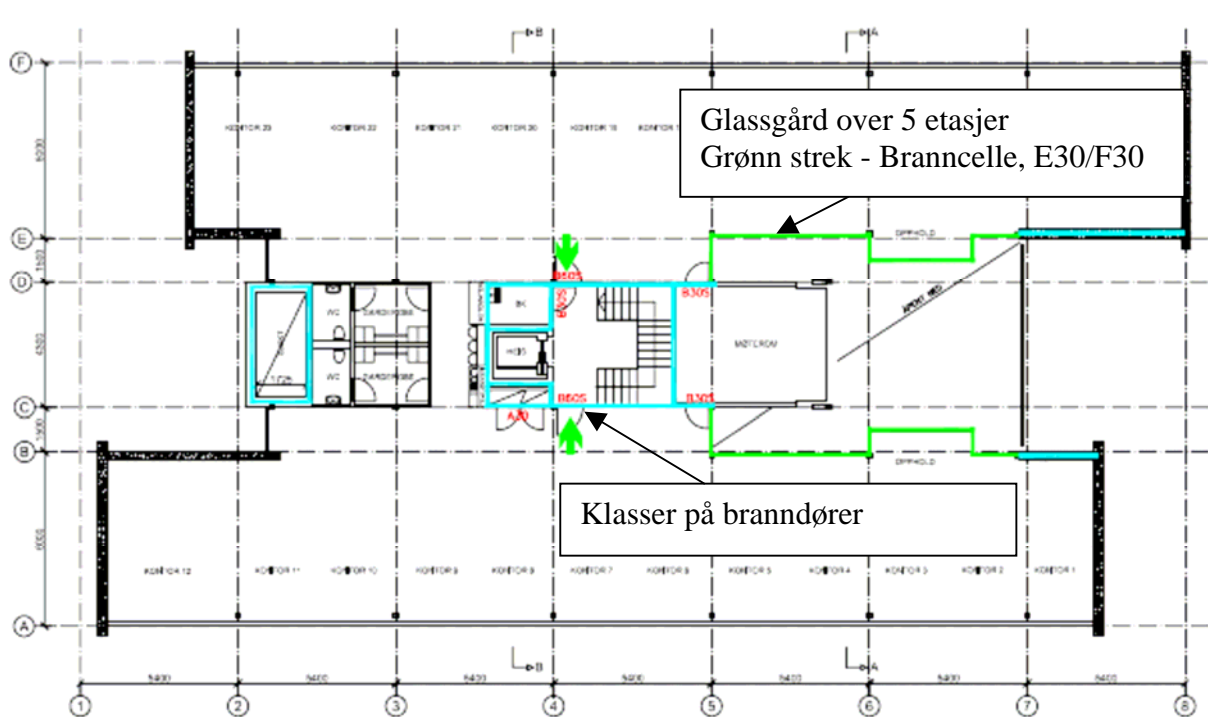
Bygningen var tegnet med kun ett trapperom på grunn av estetiske, praktiske og økonomiske forhold. Det faktum at bygningen har kun ett trapperom er å betrakte som et fravik fra preaksepterte løsninger fra REN '97. På dette grunnlag ble det derfor behov for å gjennomføre en rømningsanalyse

Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering

Under vises plantegninger med brannsymboler for kontorbygningen med forklarende tekstbokser.



Bilde 7-2 Plan 1. etasje kontorbygget



Bilde 7-3 Plan 2.-5. etasje kontorbygget



7.2. Fremgangsmåte

Utgangspunktet for casen var å ta for seg de kjente inngangsparameterne og gjennomføre en prosjektering som ville gi best nytteeffekt i forhold til kostnad. Inngangsparameterne var:

- Arkitektens tegninger
- Plassering
- Tiltakshavers ønsker til kost/nytte
- Gjeldende lover, forskrifter og veiledninger for brannprosjekteringen

For å kunne gjennomføre en sammenligning mellom den valgte løsningen med preaksepterte løsninger, må fraviket defineres og kompensierende tiltak vurderes.

7.2.1. Prosessen

For en kontorbygning med den beskrevne størrelsen og antall etasjer gir REN '97 krav til 2 uavhengige trapperom type Tr 1. Tr 1 vil si et trapperom som ligger i branncellen uten noe form for mellomliggende rom, men er lukket. I slike bygninger er det heller ikke krav til store aktive brannverntiltak. Prosessen startet med å vurdere hvilke tiltak som kunne innføres for å oppnå tilfredsstillende brannsikkerhet i bygningen. Følgende tiltak ble vurdert:

- Etablere en innvendig rømningstrapp
- Etablere en utvendig rømningstrapp
- Fullsprinkling av bygningen
- Trykksetting av trapperom

I tabellen under er tiltakene vurdert i forhold til inngangsparametere i kap 7.2.

Tiltak	Motivasjon/ funksjon
Innvendig rømningstrapp, preakseptert alternativ	Ved å etablere en rømningstrapp inne i bygget vil dette ta areal fra hver etasje som opprinnelig var tenkt til kontor eller fellesarealer. Det vil også få en konsekvens for 1. etasje hvor det blir en utgang for trappen. Arkitektonisk vil ikke bygningen forandre sitt preg. Ut i fra økonomiske og praktiske vurderinger er ikke dette et ønsket alternativ.
Utvendig rømningstrapp, preakseptert alternativ	En utvendig trapp i form av en spiraltrapp vil være et stort inngrep i den rene fasaden. Derfor vurderes derfor dette alternativet som ugunstig i forhold til arkitektonisk uttrykk. For økonomiske og praktiske forhold er dette et godt alternativ. Konsekvensen vil være at litt av kontorarealet vil bli gangareal, samt kostnaden for spiraltrappen.



Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering

Fullsprinkling av bygningen, funksjonsbasert alternativ	<p>Fullsprinkling av bygningen vil ikke ha påvirkning på det arkitektoniske. I forhold til det praktiske har moderne sprinkleranlegg vist seg å være sikre i forhold til uhell og vannskader i bygninger. Det vil derfor være praktisk i bruk. Økonomisk sett er et sprinkleranlegg en svært kostbar installasjon. Normalt i overslag blir det tatt utgangspunkt i kr 250 kr/m² for slike anlegg. Kostnaden baserer seg på erfaringer fra Roar Jørgensen AS. I kontorbygget som har et areal på ca. 3000m² representerer sprinkleranlegget en kostnad på ca. kr 750 000,-. Service avtalens kostnad varier i forhold til størrelse og kompleksitet. For kontorbygget er kostnaden forbundet med en serviceavtale anslått til kr. 6 000,- pr. år.</p> <p>På grunn av den store kostnaden knyttet til sprinkleranlegget er ikke dette tiltaket vurdert videre på grunn av kost/nytte effekten. Selv om sprinkling har vist seg å være pålitelig og effektivt som brannteknisk tiltak.</p>
Trykksetting av trapperom, funksjonsbasert alternativ	<p>Ved å trykksette det ene trapperommet vil dette være et veldig bra tiltak med tanke på det praktiske og det arkitektoniske. Da bygningen ikke vil få noen endringer i forhold til tegningene. Det økonomiske aspektet vil også være gunstig da tiltaket har en forholdsvis lav kostnad. Et trykksettingsaggregat vil koste i størrelsesorden kr. 50 000,-.</p>

Tabell 3 Vurdering av tiltak

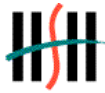
Ut i fra oppstillingen og vurdering av de ulike løsningsmulighetene ble det konkludert med at Trykksetting av trapperom gir den mest fleksible løsningen, også sannsynligvis den mest økonomiske. Dette var det alternativet som ga minst kompromisser og en analyse var nødvendig for å finne ut om løsningen var tilfredsstillende eller ikke. Denne løsningen sammenlignes med den preaksepterte løsningen med to innvendige trapperom da dette er det mest realistiske alternativet iht Roar Jørgensen AS.

7.3. Rømningsanalyse

For å kunne dokumentere at løsningen med ett trykksatt trapperom holder et tilfredsstillende sikkerhetsnivå må en rømningsanalyse legges til grunn. Denne rømningsanalysen er vedlegg 1 til rapporten. På grunnlag av rømningsanalysen er det konkludert med at den valgte løsning holder det samme eller et bedre sikkerhetsnivå enn nivå gitt i REN '97.

Resultatene av analysen gir at følgende tiltak innføres i forhold til preakseptert løsning med to trapperom:

- Trykksetting av trapperommet
- Brannalarmanlegg
- Dører i 60 klasse i stedet for 30 klasse
- Ledesystem
- Brannslanger



Dette er momenter som representerer en høyere kostnad i forhold til preakseptert løsning. Fordelen er at arkitektens løsning med ett trapperom lar seg løse. For å kunne vurdere hvordan kostnadsbildet utarter seg, vurderes det kostnader for tiltak i det neste kapittelet.

7.4. Vurdering av kostnader

For å kunne gjennomføre en kost / nytte vurdering av det aktuelle bygget må det fastsettes kostnader tilknyttet brannsikkerhet. For å fastsette prisene ble det benyttet erfaringspriser og budsjett priser i samråd med Roar Jørgensen AS. Når det gjelder prosjekteringskostnaden er denne også vurdert ut fra erfaringspriser fra Roar Jørgensen AS for kontorbygningen som danner grunnlaget for casen og tilsvarende bygninger.

Alle prisene som er oppgitt under er grove overslagspriser og eksklusiv mva. Det spesifiseres at det ikke er gjennomført en kostnadsanalyse av bygningen, men kun en overslagsberegning.

7.4.1. Brannteknisk prosjektering

Ved bruk av analyse vil normalt REN '97 også bli benyttet som grunnlag for prosjekteringen. Ved bruk av analyse som prosjekteringsmetode vil dette involvere flere mennesker. Veiledning til NS 3901 sier at en analyse skal minimum utføres av to personer. I tillegg til dette skal prosjekteringen gjennom en sidemannskontroll og eventuell en uavhengig kontroll. En uavhengig kontroll vil også være mer omfattende hvis det er benyttet analyse ved prosjektering av brannteknikk.

Prosjektering etter REN/TEK: kr 15 000,-

Prosjektering etter REN/TEK og analyse: kr 60 000,-

Prisene forutsetter at det ikke settes krav til uavhengig kontroll. Hvis myndighetene setter krav til uavhengig kontroll kan prisen øke med ca. 50% - 100%. Omfanget er helt avhengig av dokumentasjonen og eventuelle verifiseringsmetoder.

7.4.2. Brannalarmanlegg

Total kostnad for det automatiske brannalarmanlegget (ABA) vil variere ut fra prosjekteringsgrunnlag. REN henviser til brannalarmanlegg kategori 1 og 2. Ved direkte kobling av brannalarmanlegget til brannvesenet settes det også krav til nøkkelsafe på bygningen i tillegg til overføringslinje. Til et brannalarmanlegg må det også tegnes en serviceavtale som vil være en fast driftsutgift i tillegg til vedlikeholdsutgiftene. Direkte linjen til brannvesenet vil også ha en fast driftskostnad.

Tiltak	Kostnad	Drifts- og vedlikeholdsutgifter	Merknad
ABA for bygget	Ca. 100 000 kr	Ca. 10 000 kr/år	

Tabell 4 Kostnader brannalarmanlegg

Preakseptert løsning gir ikke krav til noe form for varslings- eller alarmsystem i en kontorbygning av denne størrelse.



7.4.3. Branndører

Kostnader på branndører varierer mye i forhold til egenskaper, utførelse og materialbruk. Prisene omfatter ikke montering og er vurdert i henhold til tabell under. Prisene gjelder kun for løsning med ett trapperom.

Type	Kostnad til trapperommet	Kommentar
EI30C/B30S	Ca. kr 60 000,-	Ved spesial dører for eksempel med utførelse i glass eller med spesielle mål vil prisene øke.
EI60C/B60S	Ca. kr 90 000,-	Dette vil føre til omtrent den samme prisdifferansen og vil ikke bli tatt stilling til.

Tabell 5 Kostnader branndører

I den branntekniske analysen er dørklassen til trapperommet økt fra EI30C/B30S til EI60C/B60S i forhold til preakseptert løsning.

7.4.4. Trykksetting

Trykksetting av trapperom og omfanget av dette vil bli vurdert ut i fra trapperommets størrelse og lekkasje potensialet. Trykksettingen består av et luftaggregat og en styringsmekanisme. Kostnaden for trykksetting av trapperommet i kontorbygget er vurdert til ca. kr 50 000,-. Prisen inkluderer prosjektering, installering og komponent priser. Det må også opprettes en service avtale for anlegget, denne representerer en vedlikeholdskostnad på ca. kr 5 000,- pr. år.

Trykksetting av trapperommet kombinert med brannalarmanlegg er de mest betydningsfulle momentene for å kunne prosjektere med kun ett trapperom.

7.4.5. Trapperom

For kontorbygget er det snakk om en kostnadsforskjell om det skal bygges med ett eller to trapperom. Kostnadsforskjellen er av tiltakshaver vurdert til ca. kr 350 000,-. Summen er basert på at konstruksjonen blir mer komplisert med hensyn til utvekslinger og produksjon av bygningselementer. Det vil også bli mindre dører, røykventilasjon etc.

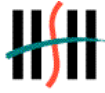
Trappen vil også redusere det totale salgsarealet, og med en pris på 15 000 kr/ m² vil trapperommet representere kr 600 000,- hvis trapperommet er 8m²/ etasje. Skal bygningen leies ut vil det økte utleibare arealet representere en økt årsinntekt på ca. kr 100 000,-.

7.4.6. Slukkemiddel

Bygningen er prosjektert med brannslanger isteden for håndslukkere som er preakseptert. Antallet brannslanger er vurdert til det samme som håndslukkere. Til montering av brannslanger er det knyttet et større behov for ekspertise enn for håndslukkerne. I bygningen er prisen av brannslangene vurdert til å ha en pris på ca kr 50 000,- mens håndslukkerne en pris på ca kr. 5 000,-.

7.4.7. Ledesystem

Ledesystemet er prosjektert for å gi bedre rømningsforhold i bygningen og representerer en kostnad på ca kr 140 000,-. Preakseptert er det ikke krav til ledesystem i en slik kontorbygning.



7.4.8. Andre momenter

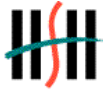
For kontorbygningen i caset er det arkitektoniske uttrykket meget viktig. Det er derfor viktig at brannrådgiveren spiller på lag med arkitekten for å finne de løsningene som ikke går utover det arkitektoniske. Tiltakshaver i en slik prosess vil etterstrebe å finne den løsningen som har best nytte for kostnaden.

7.5. Oppsummering

For å vurdere den preaksepterte løsningen mot den funksjonsbaserte i et kost/ nytte perspektiv vurderes forholdene i 3 faser:

1. Prosjekteringsfasen
2. Utførelsesfasen
3. Driftsfasen

Da det kun er rømningsforholdene som vil utgjøre forskjell i kostnad for bygningen er det kun kostnader forbundet med disse som vurderes. Prisene i tabellen er hentet fra forrige kapittel.



Oversikt kostnader		
Prosjekteringsfasen		
Moment	Funksjonsbasert	Preakseptert
Brannteknisk detaljprosjektering	Kr 60 000,-	Kr 15 000,-
Sum	Kr 60 000,-	Kr 15 000,-
Utførelsesfasen		
Moment	Funksjonsbasert	Preakseptert
Rømningstrapp, innvendig	Kr 0,-	Kr 350 000,-
Trykksettingsaggregat	Kr 50 000,-	Kr 0,-
Brannalarmanlegg	Kr 100 000,-	Kr 0,-
Tapte salgsinntekter for areal	Kr 0,-	Kr 150 000,-
Dører	Kr 90 000,- (60 klasse)	Kr 60 000,- (30 klasse)
Slukkemiddel	Kr 50 000,- (Brannslanger)	Kr 5 000,- (for håndslukkere)
Ledesystem	Kr 140 000,-	Kr 0,-
Sum	Kr 430 000,-	Kr 565 000,-
Driftsfasen		
Kostnader pr. år		
Moment	Funksjonsbasert	Preakseptert
Trykksettingsaggregat	Kr 5 000,-	Kr 0,-
Brannalarmanlegg	Kr 10 000,-	Kr 0,-
Slukkemiddel	Kr 2 000,- (brannslanger)	Kr 2 000,- (for håndslukkere)
Ledesystem	Kr 10 000,-	Kr 0,-
Sum	Kr 27 000,-	Kr 2 000,-

Tabell 6 Kostnader i fasene

7.5.1. Sammenstilling

I tabell under sammenstilles kostnadene som er vurdert i dette kapittelet og ender opp i en differanse. Differansen er beregnet funksjonsbasert – preakseptert.

Fase	Funksjonsbasert	Preakseptert	Differanse
Prosjektering	Kr 60 000,-	Kr 15 000,-	Kr - 45 000,-
Utførelse	Kr 430 000,-	Kr 565 000,-	Kr 135 000,-
		SUM:	Kr 90 000,-
Drift	Kr 27 000,-	Kr 2 000,-	Kr 25 000,-

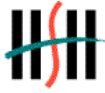
Tabell 7 Konklusjon kostnader

Prisforskjellen ut fra de vurderte kostnadene er ca. kr 90 000,- i favør av funksjonsbasert løsning. Ved at det velges å kompensere rømningstrapp med tekniske tiltak vil det i byggets



Bruk av Analyse ved Brannteknisk Prosjektering

levetid påløpe større drifts- og vedlikeholdskostnader. I en helhetsvurdering er kostnadsbesparelsene for utførelsesfasen i kombinasjon med det arkitektoniske og praktiske vurdert å være et godt alternativ. Dette til tross for økte prosjekterings- og vedlikeholdskostnader.



8. Diskusjon

8.1. Litteraturstudier

I oppgaven ble det lagt ned mye tid på litteraturstudier. Siden det fortsatt finnes en veiledning er det mest akseptert å benytte denne som kravreferanse eller for å finne sikkerhetsnivå. Dette er mest akseptert og håndterbart i Norge. I forhold til internasjonal utvikling blir det bare større og større fokus på funksjonsbaserte forskrifter noe som har både fordeler og ulemper.

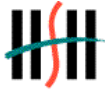
Analysen kan sammenlignes med eiers behov og regulering/ samfunn, og med dette grunnlag kan nødvendige tiltak gjennomføres. Et funksjonsbasert system tillater bedre forståelse for forholdet mellom kostnad, fordeler og hvordan slike avgjørelser påvirker sikkerhetsnivået i bygningen. Siden utførelsen og risikoen er lettere definert, kan flere kosteffektive løsninger bli foreslått for å oppnå den ønskede utførelsen med større fleksibilitet til eieren og andre interessenter. Et funksjonsbasert system kan være en stor forbedring fra de tidligere preaksepterte løsningene, da det gis større fleksibilitet i den branntekniske prosjekteringen.

Medaljens bakside er at det stilles store krav til myndigheter for å sette så riktig sikkerhetsnivå som mulig. Dette gjøres i form av grunnlinjer som definerer hva som er akseptabel risiko. Uten grunnlinjer kan det være vanskelig å sette funksjonskriteriet. Vedlikehold er viktig for at bygningens innhold og systemer i bygningen skal fungere i henhold til intensjonen. Uten vedlikehold vil bygningen forfalle og dermed miste sin operativitet/ funksjon. Eier og andre brukere må kunne stole på de installerte anleggene, i form av brannverntiltak, hvis det skal skje noe. Inspeksjoner, løpende vedlikehold og øvinger er viktige elementer for å holde ønsket nivå. Gode dokumentasjonsrutiner vil holde nivået oppe. Funksjonsbasert brannteknisk prosjektering blir mer systematisk og man kan ikke lenger bruke smutthull i preaksepterte løsninger.

Et annet dilemma ved analytisk brannteknisk prosjektering er hva om bygningen brenner og den ikke fungerer i henhold til intensjonen. I forhold til når det prosjekteres etter REN '97 er det lett å skylde på at veiledningen er lagd av myndighetene og at denne ble fulgt. Når analyse er benyttet som prosjekteringsverktøy er det i større grad den prosjekterende som har formidlet sine synspunkter/ vurderinger i forhold til en funksjonsbasert tekst i TEK. Det som er viktig å huske på er at så lenge personen har forholdt seg til TEK og kommet fram til et fornuftig resultat, er intensjonen til PBL og TEK fulgt. Å utpeke sydebukker kan føre til at terskelen for å benytte analytisk prosjektering øker og utviklingen bremses. Skjer det en ulykke må bransjen ta lærdom av hva som gikk feil og utvikle kunnskapsnivået.

8.2. Case

I denne rapporten ble det kun gjennomført ett case i form av et kontorbygg. Caset ble prosjektert med utgangspunkt i komparativ analyse og REN '97 som kravnivå. Ved gjennomføring av caset var det store grader av usikkerheter, noe som ble tatt stilling til etter beste evne. Løsningen som ble valgt viste seg å gi en liten kostnadsbesparing, men den store gevinsten lå i blant annet økt areal. Et annet viktig moment som ikke like enkelt kan måles i penger er den arkitektoniske utformingen. Den arkitektoniske utformingen gjør bygningen



unik, og med bakgrunn i den branntekniske analysen beholder bygningen sitt uttrykk slik det var tenkt fra arkitekten. Det at løsningen blir mulig er også et viktig aspekt som ikke kan måles i penger.

I gjennomføringen er det i stor grad benyttet overslagspriser og erfaringspriser fra Roar Jørgensen AS. I forhold til nøyaktigheten kan prisene diskuteres, da de i virkeligheten ikke framkommer eksakt før bygget står ferdig. Prisene kan også variere i stor grad fra ulike leverandører og prosjektforutsetninger. I denne sammenheng vurderes prisene til å være nøyaktige nok for vurdering av kost nytte forholdet.

Det som er verdt å merke seg er at prisforskjellen i virkeligheten var veldig liten, samt at kostnaden av brannsikkerhetstiltakene var små i forhold til byggekostnad. Bygningen har et totalt areal på nærmere 3 000 m² som gir en byggekostnad på ca kr 30 000 000,- ved en kvadratmeterpris på kr 10 000,-. De branntekniske tiltakene kostet ca kr 500 000,- som utgjør under 2 % av den totale byggekostnaden.

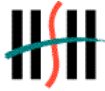
Det kunne også blitt gjort mer inngående vurderinger av hvilken funksjon det har å øke dørklassen fra EI30C/B30S til EI60C/B60S da det i rømningsfasen er kritisk at røykgasser ikke blokkerer trapperommet. Ledesystemet ble også prosjektert for å bedre rømningsforholdene, men hvor stor kost/ nytte har dette i en kontorbygning som i all hovedsak benyttes av godt kjente personer. Det kan også være interessant å gjennomføre en analyse hvor trykksetting av det ene trapperommet tas bort og kun brannalarmanlegget er kompensierende tiltak for kun ett trapperom. Resultatene kan måles kun mot statistisk grunnlag for å finne sikkerhetsnivået.

8.3. Videreføring av prosjekt

Flere aspekter ved denne rapporten som det kan gjøres videreføringer av. Aktuelle oppgaver kan være:

- Gjennomføre flere caser for å finne i hvilke tilfeller REN '97 generelt har et lavt kost/nytte nivå. Vurderes mot brannklasse og risikoklasse.
- Vurdere case mot sikkerhetsnivå med utgangspunkt i statistikk
- Hvordan kommer bygningens størrelse ut ved vurdering av kost/nytte i forhold til REN '97
- Gjennomføre en grundigere økonomisk analyse for å kartlegge kostnader mer nøyaktig.

David Charter har uttalt at istedenfor å sikte mot 100% sikkerhet som koster 100%, kan det være fornuftig å legge seg på 80% sikkerhet som bare koster 15%. [19]. Dette er en interessant vinkling for brannteknisk prosjektering generelt, som vil være høyaktuell i en funksjonsbasert sammenheng.



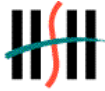
9. Konklusjon

På grunnlag av de litteraturstudier og den case som er gjennomført i denne oppgaven kan det konkluderes med følgende:

- Funksjonsbaserte løsninger gir større fleksibilitet ved brannteknisk prosjektering
- Det er mulig å gjøre kostnadsbesparelser ved bruk av analyse, men dette varierer fra prosjekt til prosjekt
- Preaksepterte løsninger fra REN '97 er et godt utgangspunkt for brannteknisk prosjektering
- Analyse gjør seg gjeldende ved små eller store fravik når arkitektoniske løsninger er dimensjonerende.
- Bruk av analyse ved brannteknisk prosjektering setter større krav til den prosjekterende i form av kunnskaper og ressurser

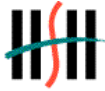
Kostnadsvurderingen i caset gir at aktive brannverntiltak koster mer, samt at de øker drift- og vedlikeholdskostnadene i byggets levetid. Areal besparelsen for trapperom gjør at caset kommer bedre ut økonomisk. Det faktum at bygget kan oppføres med kun ett trapperom har også en stor verdi, men den er vanskelig å kostnadsvurdere.

Generelt er ikke preaksepterte løsninger i REN '97 veldig fordyrende, men enkelte momenter i veiledningen kan være litt "belte og bukseseler" og kan påføre ekstra kostnader. For prosjekter med stor kompleksitet kan det være nyttig å vurdere funksjonsbasert tilnærming gjennom analyse. Da det først og fremst er fleksibiliteten som blir den store fordelen ved analytisk prosjektering.



10. Referanser

1. *Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (REN), 2.utgave* (Statens bygningstekniske etat, 1999)
2. *Teknisk Forskrift til Plan og Bygningsloven, TEK*, (Statens bygningstekniske etat, 1997)
3. Andersson, Stefan, *Forelesningsnotater Brannteknisk prosjektering, høst-2004*, HSH
4. *Brannskyddshandboken. Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005*
5. Mostue, Bodil Aamnes, *En innføring i bruk av branntekniske analyser og beregninger – Muligheter og begrensninger, SINTEF 2002*
6. *Hvordan oppfylle myndighetskrav - Brannsikkerhet, RIF – organisasjonen for rådgivere, 2. utgave 2003*
7. *NS 3901 med veiledning*
8. Byggforskserien: *Planløsning 321.025 Dokumentasjon og kontroll av brannsikkerhetsstrategier*
9. Byggforskserien: *Planløsning 321.026 Brannsikkerhetsstrategi og kontroll*
10. Byggforskserien: *Planløsning 321.027 Brannteknisk prosjektering – brannsikkerhetsstrateg*
11. *Forskrift om saksbehandling og kontroll i byggesaker (SAK), (Statens bygningstekniske etat, 1997, sist endret 2003)*
12. *Forskrift om godkjenning av foretak for ansvarsrett (GOF), (Statens bygningstekniske etat, 1997)*
13. *Plan og Bygningsloven (PBL), (Statens bygningstekniske etat, 1997, sist endret 2005)*
14. *Forskrift om brannforebyggende tiltak og tilsyn med veiledning, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2003*
15. *Brann- og eksplosjonsvernloven, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2002*
16. *Melding HO-3/2000, Temaveiledning Røykventilasjon (Statens bygningstekniske etat)*



17. *Verifisering, kontroll och dokumentasjon vid brandteknisk prosjektering. Rapport 3122, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2001*
18. *Acceptabel risk vid dimensjonering av utrymningssikkerhet. Rapport 3129, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2004*
19. *Artikkel: "INTERFLAM 2004 – Fire Safety & Engineering Conference, Edinburgh 5. – 7. juli 2004" av Bjørn Vik. Brann og sikkerhet 5/04*

Internett sider

20. www.be.no
21. www.dsb.no