

2015-02-20

ANALYTISK VERIFIERING AV BYGGNADENS BRANDSKYDD

- STADENS DIKE 7, STOCKHOLM

- VERSION 2

PROJEKTINFORMATION

Projektnamn: Stadens dike 7

Fastighet: Stadens dike 7

Kommun: Stockholm

Ärende: Analytisk verifiering av byggnadens brandskydd

Uppdragsgivare: Fastighets AB Stettin

Kontaktperson: Thomas Stettin
Thomas@stettin.se
08-666 10 20

Uppdragsansvarig: Bengt Elison (BE)
Bengt.elison@briab.se
08-410 102 54

Handläggare: Markus Wikman (MW)
Markus.wikman@briab.se
08-406 66 34

Kvalitetskontroll: Version 1 – Johan Norén (JN)
Version 2 –

Datum	Typ av handling	Version	Kontrollerad av
2015-02-20	Analytisk verifiering av byggnadens brandskydd	Version 2	Egenkontroll – MW
2015-01-19	Analytisk verifiering av byggnadens brandskydd	Version 1	Egenkontroll – MW Kvalitetskontroll – JN

Sammanfattning

Vid ombyggnad inom fastigheten Stadens Dike 7, Stockholm har Briab Brand- och Riskingenjörerna AB fått i uppdrag att verifiera att brandskyddet uppfyller erforderlig säkerhetsnivå. I arbetet har det ingått att upprätta en brandskyddsbeskrivning och att analysera brandskyddstekniska åtgärder och utformningar som inte uppfyller de allmänna råden till föreskrifterna i Boverkets Byggregler, BBR 21 (Boverket, 2014).

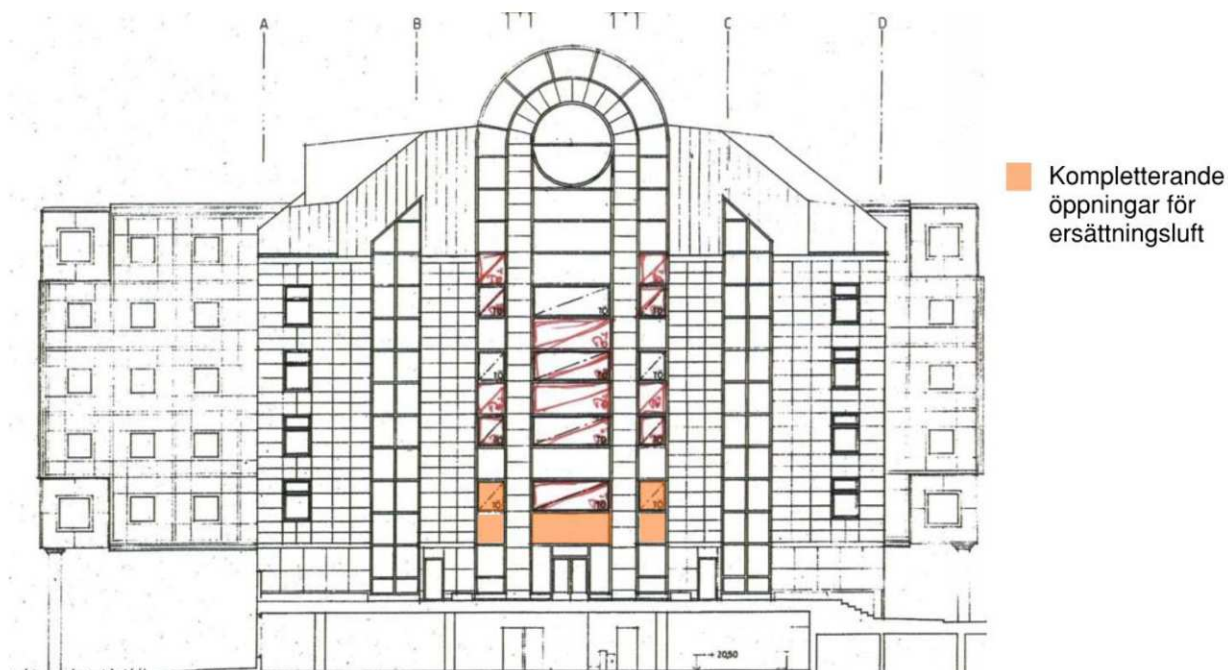
Denna rapport utgör en bilaga till upprättad brandskyddsbeskrivning och utgör en redogörelse av genomförda analyser. I analyserna har verifiering skett rörande möjligheten till tillfredställande utrymning, skydd mot brandspridning inom byggnaden och för att säkerställa bärförmågan vid brand. Planerade ändringar har analyserats utifrån aktuella föreskrifter i Boverkets Byggregler 21 (BFS 2011:26 med ändringar t.o.m. BFS 2014:3) och hänsyn till påverkan på aktuell byggnads totala brandskydd har tagits.

Slutsatserna från genomförda analyser är att följande åtgärder ska vidtas:

- Bärande konstruktioner ska utföras i lägst brandteknisk klass R 60.
- Öppningsarean för ersättningsluft utökas med cirka 14 m² i den västra fasaden, förutsatt att öppningarna placeras på de nedre planen (plan 4 och 5). Detta åstadkoms genom att utföra fönster markerade i Figur 1 med öppningsautomatik kopplat till brandlarmet.

Om kompletterande öppningar för ersättningsluft inte anordnas ska följande åtgärd genomföras:

- Glaspartier mot ljusgården på plan 7 och uppåt ska utföras med klass 300/30 och med ett tryckfall om minst 10 Pa över överluften.



Figur 1. Placering av fönster för ersättningsluft.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	5
1.1 Bakgrund.....	5
1.2 Syfte och mål.....	5
1.3 Omfattning och avgränsning.....	5
1.4 Översiktlig beskrivning av nyttjad metod	6
1.5 Underlag.....	6
1.6 Kvalitetssystem	6
1.7 Revideringar	7
2 GRUNDLÄGGANDE FÖRUTSÄTTNINGAR.....	8
2.1 Aktuell byggnad.....	8
2.2 Brandskyddskoncept för byggnaden.....	10
3 PROBLEMIDENTIFIERING	12
3.1 Avvikelser mot samhällets krav.....	12
3.2 Problemdefinition och kravformulering	13
4 ANALYSENS FÖRUTSÄTTNINGAR	15
4.1 Metod och acceptanskriterier	15
4.2 Förutsättningar för analys av avskiljande funktion	15
5 ANALYS AV AVSKILJANDE KONSTRUKTIONER OCH UTRYMNINGSSÄKERHET	18
5.1 Avskiljande funktion och utrymningssäkerhet plan 4 - 10	18
5.2 Utrymningssäkerhet plan 3	23
5.3 Analys av bärande konstruktion.....	24
6 ROBUSTHETSANALYS	24
7 SLUTSATSER	25
8 LITTERATURFÖRTECKNING	26
APPENDIX A	27
APPENDIX B	29

1 INLEDNING

Briab Brand- och riskingenjörerna har fått i uppdrag att verifiera brandskyddet vid ombyggnad av byggnaden inom fastigheten Stadens dike 7, Stockholm.

1.1 Bakgrund

Inom fastigheten Stadens dike 7, Stockholm ska en befintlig byggnad, innehållande kontor och publika lokaler byggas om. Vid ombyggnaden planeras följande ändringar utföras:

- En horisontell avskiljning utan brandteknisk klass uppförs mellan markplan och ovanförliggande plan.
- Utvidgade våningsplan inom plan 4 till plan 10.
- Nuvarande rumsbildning inom plan 3 till plan 10 görs om.
- Areal för brandgasventilation inom ljusgården reduceras.
- Tak ovan ljusgården renoveras.
- Bärande konstruktioner kompletteras.

Ombyggnaden utgör en ändringsåtgärd vilket innebär att krav på brandsäkerheten i kapitel 5:8 i Boverkets Byggregler, BBR 21 (Boverket, 2014) ska uppfyllas. Effekten av ändringarna blir att brandgasventilationens funktionalitet och ljusgården volym påverkas vilket medför att utrymningssäkerheten och skydd mot brand- och brandgasspridning inom kontorsplanen försämras. Den horisontella avskiljningen kommer även den påverka utrymningssäkerheten på markplan då brandgaser inte kommer kunna spridas uppåt i ljusgården vilket leder till kortare tid till kritiska förhållanden.

Vid ombyggnad anges det i avsnitt 5:8, BBR 21, att de krav som återfinns i avsnitt 5:1 – 5:7, BBR 21, ska uppfyllas men att avsteg får göras om det kan verifieras att motsvarande säkerhetsnivå erhålls. Aktuell byggnad kommer uppfylla vissa föreskrifter i kapitel 5 i Boverkets Byggregler 21 (Boverket, 2014) på andra sätt än vad som definieras i tillhörande allmänna råd. De föreskrifter som uppfylls på andra sätt än enligt de allmänna råden är 5:53, brandcellsindelning, 5:321, utrymning över annan brandcell och bärförmåga enligt Avdelning C, kap. 1.1.2 i EKS 9. Detta föranleder att det genomförs en verifiering via analytisk dimensionering av nämnda föreskrifter för att säkerställa att erforderlig säkerhetsnivå erhålls.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna handling är att verifiera att gällande föreskrifter i Boverkets Byggregler uppfylls på annat sätt än via de allmänna råden i BBR 21 (Boverket, 2014). Då föreskrifter uppfylls på annat sätt än via de allmänna råden är det ett krav i BBR 21 att dessa ska verifieras via analytisk dimensionering.

Det primära målet med analysen är att kontrollera och säkerställa brandgasventilationens funktion så att en erforderlig säkerhetsnivå erhålls. Målet är även att verifiera att bärande konstruktioner som kompletteras kan utföras med reducerad brandteknisk klass och att utrymningssäkerheten säkerställs. Vidare så är det övergripande målet med handlingen att verifiera att byggnaden utförs med sådant brandskydd att brandsäkerheten blir tillfredställande utifrån gällande föreskrifter i BBR 21 och att erforderlig säkerhetsnivå erhålls.

1.3 Omfattning och avgränsning

Analysen avgränsas till att endast omfatta aktuell byggnad inom rubricerad fastighet och endast våningsplanen ovan mark, plan 3 till plan 10.

Analysen omfattar endast vissa avgränsbara delar av byggnaden och med detta vissa specifika brandskyddstekniska funktioner som brandgasventilationen, brandcellsindelningen samt bärförmågan

hos bärande konstruktioner. Planerade åtgärder påverkar inte brandskyddet i trapphus eller risken för brandspridning mellan byggnader varför ingen analys kring dessa funktioner görs.

Presenterade och föreslagna lösningar i denna utredning är projektspecifika och ska endast tillämpas för aktuell byggnad inom rubricerad fastighet.

1.3.1 Styrande dokument

Analysen utgör en verifiering av aktuell byggnads brandskydd. Styrande dokument är Boverkets byggregler, BBR 21 (Boverket, 2014), Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD 3 (Boverket, 2013a) samt Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder), EKS 9 (Boverket, 2013c).

1.4 Översiktlig beskrivning av nyttjad metod

Analysen utgår från Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD 3 (Boverket, 2013a).

Den övergripande metoden för analysen bygger på tre steg. I det första steget sker en identifiering av vilka föreskrifter som inte uppfylls enligt förenklad dimensionering och vilka acceptanskriterier som ska nyttjas. Därefter genomförs analysen i form av scenarioanalys och kvalitativa bedömningar. Slutligen utförs en robusthetsanalys av byggnadens brandskydd varefter slutsatser som återkopplar till syfte och mål presenteras.

Genomförandet av analysen skiljer sig åt för plan 3 och övriga plan. Brandskyddet på plan 3 dimensioneras enligt förenklad dimensionering där avsteg från de allmänna råden verifieras. För plan 4 och uppåt är angreppssättet istället att verifiera att en minst lika hög skyddsnivå som med aktuell utformning erhålls.

1.5 Underlag

Underlag för analysen utgörs av handlingar i Tabell 1.

Tabell 1. Handlingar som utgör underlag för analysen.

Handling	Ritningsnummer	Datering	Upprättad av
Systemhandling FK Längdsektion	A30:201	141014	GWSK Arkitekter AB
Förhandskopia Plan 3	A30:0031	141125	
Systemhandling FK Plan 4-9	A30:041 – A30:091	141016	
Relationsritning Plan 10	A30:101	071019	

Uppgifter om area och placering för befintlig brandgasventilationen har erhållits via mail från GWSK Arkitekter AB den 27/11 2014.

1.6 Kvalitetssystem

Brandskyddsdimensioneringen omfattas av kontroll enligt Briabs processbaserade kvalitetssystem som följer anvisningarna i FR 2000. Kontrollen anpassas efter uppdragets utformning och presenteras översiktligt i Tabell 2.

Tabell 2. Beskrivning av kontrollnivåer enligt Briabs processbaserade kvalitetssystem.

Kontrollnivå	Beskrivning
Egenkontroll	Handläggaren kontrollerar själv att relevanta krav och råd har tillgodosetts.
Kvalitetskontroll	En annan konsult inom Briab, kontrollerar att relevanta krav och råd har tillgodosetts.

Kontroll av handlingen har utförts av Johan Norén, Brandingenjör & Civilingenjör inom riskhantering, Briab.

1.7 Revideringar

Handlingen är en andra version vilken getts nytt versionsnummer och datum.

2 GRUNDLÄGGANDE FÖRUTSÄTTNINGAR

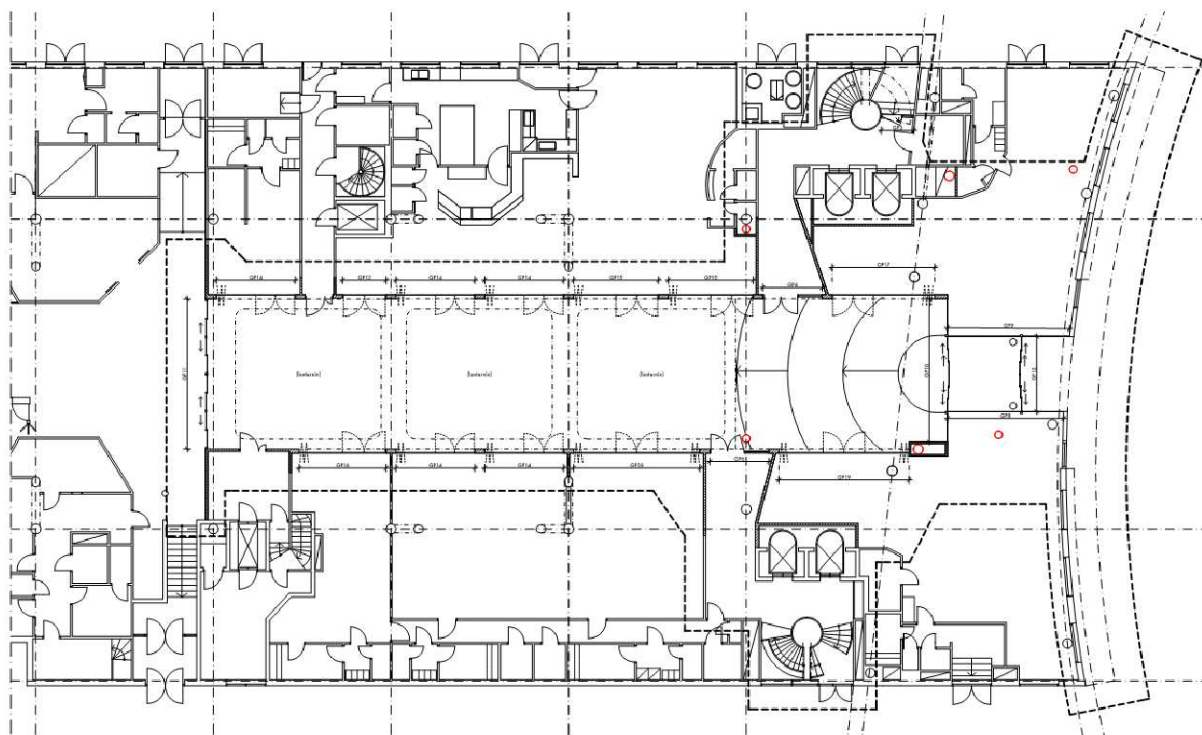
2.1 Aktuell byggnad

Aktuell byggnad är befintlig och uppförd i 8 plan ovan mark (plan 3 - 10) samt två våningsplan belägna under mark. I markplan återfinns en förbindelsegång mellan Swedenborgsgatan och Södra station till vilken mindre butiker och restauranger ansluter. Ovanföriggande våningsplan innehåller kontor samt teknikutrymmen. Teknikutrymmena återfinns längst upp i byggnaden på våningsplan 10.

De 8 våningsplanen ovan mark sammanbinds med en centralt placerad ljusgård. I ljusgården ovan entréplan ska ett avskiljande tak, utan brandteknisk klass monteras. Taket utgör en permanent byggnadsdel bestående av en transparent polykarbonat som syftar till att minska ljudnivån och samtidigt bibehålla en hög ljustransmission.

Samtliga våningsplan belägna ovan mark med undantag av trapphus och utrymningsvägar ingår i samma brandcell då de förbinds via ljusgården. Aktuell geometri för plan 3 som utgör entréplan visualiseras i Figur 2.

Ljusgårdens höjd är cirka 31 meter och öppningen mellan de olika planen är cirka 500 m². Mellan kontorsplanen, som har en area om cirka 1200 m², och ljusgården finns överluft utan brandskyddstekniska installationer vilket i praktiken innebär att luft kan strömma fritt däremellan, även i händelse av brand. Kontorsplanen har även oklassade fönsterpartier mot ljusgården för att öka ljusinsläppet, se Figur 3

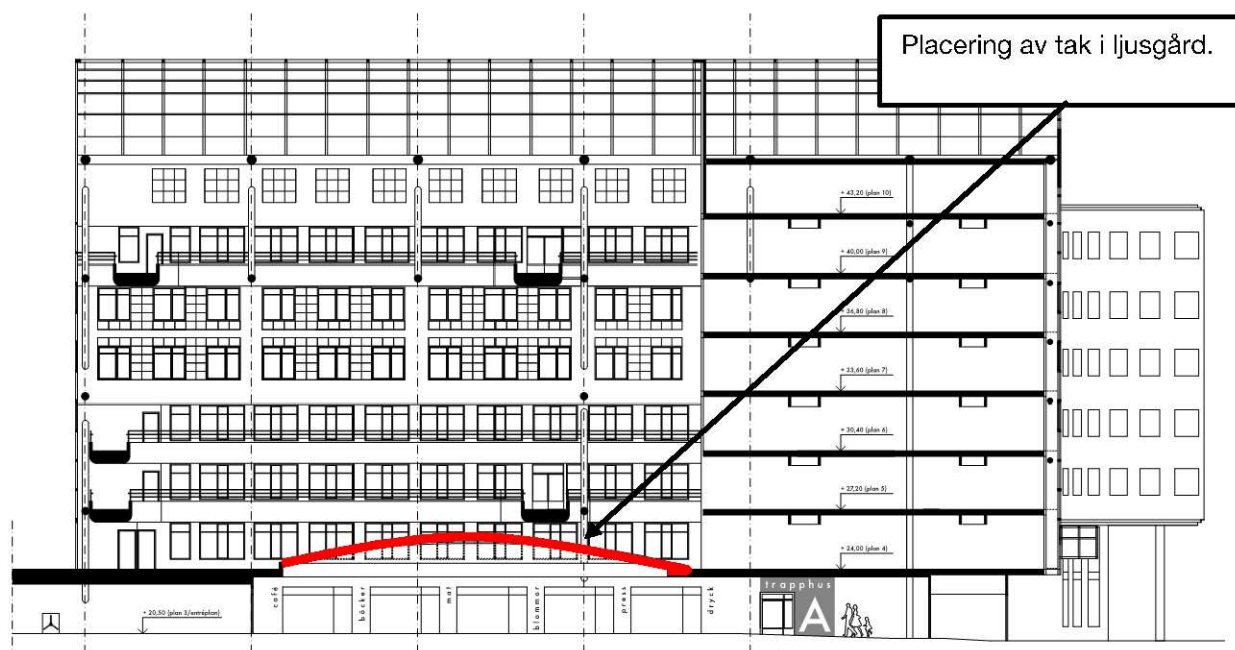


Figur 2. Översikt av plan 3 (Ritningsunderlag upprättat av GWSK Arkitekter AB daterad 141125).



Figur 3. Nuvarande utformning av ljusgården.

I Figur 4 åskådliggörs en längdsektion av byggnaden med taket ovan entréplan utmärkt. Från samma figur syns det även att avståndet mellan bjälklagen är 3,2 meter vilket innebär en takhöjd om cirka 2,9 meter beroende på installationer och undertak.



Figur 4. Längdsektion av aktuell byggnad (Ritningsunderlag upprättat av GWSK Arkitekter AB daterad 141014).

2.2 Brandskyddskoncept för byggnaden

Förbindelsegången projekteras efter verksamhetsklass 2B, samlingslokal för fler än 150 personer då den innehåller mindre butiker och restauranger. Våningsplan 3-9 projekteras för att uppfylla brandskyddskraven för verksamhetsklass 1, kontor medan plan 10 kommer innehålla teknikutrymmen vilka tillskrivs verksamhetsklass 1.

Inom byggnaden sammanbinds de publika delarna i markplan med ovanförliggande kontorsplan via en centralt placerad ljusgård utrustad med brandgasventilationen. Brandgasventilationen bygger på principen om termisk brandgasventilation vilket innebär att brandgasernas stigitkraft nyttjas för att evakuera brandgaserna. I ljusgårdens tak finns 42 frånluftsluckor med en sammanlagd area om cirka 84 m². Ersättningsluften tas via den västra och östra fasaden via fönster som med nuvarande utformning aktiveras via en mekanisk styrning av räddningstjänsten. I den östra fasaden finns cirka 38 m² luckor och i den västra fasaden cirka 43 m². Vid ombyggnaden planeras tilluftsöppningarna i den östra fasaden att sättas igen. Utformning och styrning av brandgasventilationen utreds vidare i denna rapport för att anpassa systemet till de nya förutsättningarna.

Vidare så utförs byggnaden med ett heltäckande sprinklersystem och ett brand- och utrymningslarm. På markplan är brand- och utrymningslarmet heltäckande medan det på kontorsplanen endast kommer vara detektion i korridorer och lokaler som ska passeras vid utrymning och utrymningslarm installeras i konferensrum.

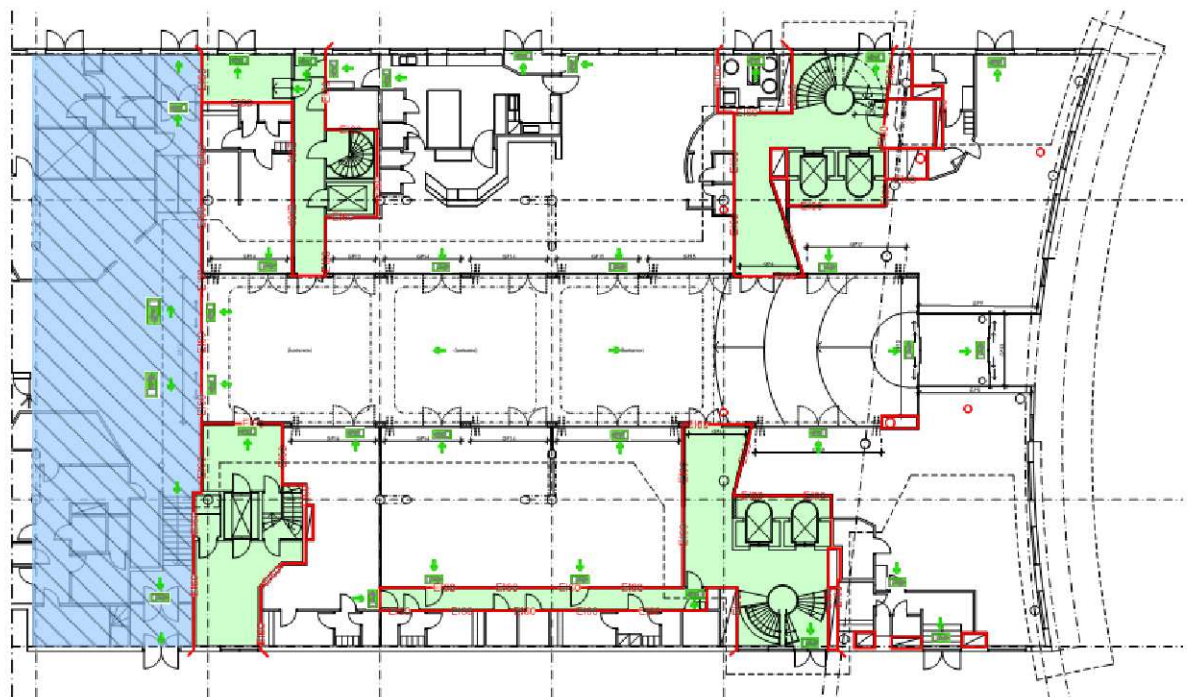
Aktuell byggnad har ingen upprättad brandskyddsdokumentation. Det har således inte varit möjligt att verifiera det ursprungliga syftet med brandgasventilationen som finns installerad i ljusgården. Bedömningen är dock att brandgasventilationen syftat till att begränsa ansamlingen av brandgaser och temperaturen i brandgaslagret. Vid ombyggnaden kommer arean av fönster för ersättningsluft reduceras med cirka 40 % vilket föranleder en utredning av erforderlig storlek och styrning av öppningarna

Utrymningskonceptet från kontorsplanen bygger på att utrymning sker via något av de fyra trapphusen, se Figur 5. Från förbindelsegången på markplan sker utrymning direkt till det fria alternativt över annan brandcell. Från lokalerna som angränsar till förbindelsegången kan utrymning ske direkt till det fria, via förbindelsegången eller via bakkantsutrymning från vissa av lokalerna belägna i byggnadens södra del, se Figur 6.

För en utförligare beskrivning av byggnadens brandskydd se upprättad brandskyddsbeskrivning daterad 2014-10-31.



Figur 5. Utrymningskoncept från kontorsplan (Ritningsunderlag upprättat av GWSK Arkitekter AB daterad 141016).



Figur 6. Utrymningskoncept från plan 3, entréplan (Ritningsunderlag upprättat av GWSK Arkitekter AB daterad 141125).

3 PROBLEMIDENTIFIERING

Vid ändring av byggnad är det avsnitt 5:8 i BBR 21 (Boverket, 2014) som styr utformningen av brandskyddet där det anges att de krav som återfinns i avsnitt 5:1 – 5:7 ska uppfyllas men att avsteg får göras om det kan verifieras att motsvarande säkerhetsnivå erhålls.

3.1 Avvikelser mot samhällets krav

Analysen tar avstamp i en identifiering av vilka föreskrifter i Boverkets Byggregler (Boverket, 2014) som inte uppfylls. Även de kompletterande skyddsåtgärder som anordnas redovisas.

För att identifiera vilka föreskrifter som påverkas av aktuella avsteg från allmänna råd och vilka kompletterande skyddsåtgärder som kan vidtas samt för att öka tydligheten redovisas detta i Tabell 3 där förklaringar ges efter tabellen med hänvisningar till avsnitt i BBR 21 (Boverket, 2014) inom parentes.

Tabell 3. Identifiering av avvikelser från förenklad dimensionering.

Del av brandskyddet enligt BBR 21		Avsteg			Tillägg	
		A ₁	A ₂	A ₃	T ₁	T ₂
5:3	Möjlighet till utrymning vid brand.	X	X		X	X
5:5	Skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgas inom byggnad.	X			X	X
Avd. C, kap. 1.1.2 i EKS	Bärförmåga vid brand			X	X	X

Förklaringar

T₁ Brandgasventilation i ljusgården

T₂ Heltäckande automatisk vattensprinkleranläggning

A₁ Brandcell utförs i fler än två våningsplan (5:53).

(Brandcellen utförs i 8 våningsplan. Utrymmen i olika verksamhetsklasser inom samma brandcell utformas med för respektive verksamhetsklass gällande krav på brandskydd.)

A₂ Utrymning över annan samlingslokal (Södra station) tillåts (5:321).

A₃ Bärande konstruktioner utförs med reducerad brandteknisk klass, R 60 istället för R 90. (Avd. C, kap. 1.1.2 i EKS).

För att ytterligare öka tydligheten redovisas respektive avsteg i Tabell 4 utan att kompletterande skyddsåtgärder redovisas. Då kapitel 5:8 i BBR 21 (Boverket, 2014) hänvisar till krav i kapitel 5:1 – 5:7 så redovisas de föreskrifter som berörs i dessa kapitel i nedanstående tabell.

Tabell 4. Avsteg från allmänna råd i BBR 21 (Boverket, 2013a) och deras påverkan på olika avsnitt.

Del av allmänt råd som inte uppfylls	Möjlighet till utrymning vid brand	Skydd mot utveckling och spridning av brand och brandgaser inom byggnad	Bärförmåga vid brand
5:53 Brandcell utförs i fler än 2 plan	A ₁	A ₁	
5:321 Utrymning över annan samlingslokal (Södra station) tillåts.	A ₂		
Avd. C, kap. 1.1.2 i EKS Bärande konstruktion utförs med reducerad brandteknisk klass			A ₃

3.2 Problemdefinition och kravformulering

Brandcellsindelning

Analysen utgår från föreskriften 5:53 i BBR (Boverket, 2014) som lyder:

*"Byggnader ska delas in i brandceller i sådan omfattning att det medför tillräckligt med tid för utrymning och att konsekvenserna på grund av brand begränsas.
För mindre byggnader med en verksamhet där konsekvenserna av en brand är ringa behövs inga brandceller.
Brandcellsindelningen får helt eller delvis ersättas av brandtekniska installationer.
(BFS 2011:26)."*

Utifrån denna beskrivning handlar föreskriften om utrymning och att begränsa övriga konsekvenser av brand. Den sista lydelsen är något diffus där konsekvensutredningen till BBR 19 (Boverket, 2011) ger en viss vägledning. I konsekvensutredningen framgår det att brandcellsindelningen syftar till att minska risken för personskador och att begränsa övriga konsekvenser av en brand. Vidare framhävs det att detta ger ett visst egendomsskydd ur ett byggnadstekniskt brandskydd.

Problemet med en brandcell i fler än två plan är att sannolikheten för att en brand sprids inom en större del av byggnaden är högre än om brandcellen utförts med färre än tre plan. Konsekvensen av detta är att skydd mot brand- och brandgasspridning samt utrymningskonceptet måste säkerställas för att motsvarande säkerhetsnivå ska erhållas.

Vid ändring av byggnad ska brandskyddet efter ombyggnaden minst motsvara nivån som förelåg innan. Detta innebär att en reducering av arean för tilluftsöppningar inte får försämra möjligheten till utrymning eller att övriga konsekvenser vid brand förvärras. Analysen syftar således till att verifiera att tillräckligt med tid ges för utrymning och att konsekvensen av en brand begränsas.

Utrymning över annan brandcell

Föreskrift 5:321, BBR 21 (Boverket, 2014) anger:

"Om inget annat anges i avsnitt 5:322 ska utrymnen där personer vistas mer än tillfälligt utformas med tillgång till minst två av varandra oberoende utrymningsvägar. [...] (BFS 2011:26)"

I det tillhörande allmänna rådet anges det att utrymning över annan brandcell kan tillåtas för verksamhetsklass 2B om utrymningsvägen är tillgänglig utan nyckel eller annat redskap och att den intilliggande brandcellen innehåller huvudentrén.

Problematiken grundas i att samlingslokaler inrymmer många människor vilka ska kunna utrymma utan att behöva passera alltför många brandceller. För att gångavstånd till närmsta utrymningsväg ska understigas för samtliga lokaler på plan 3 behöver det finnas en utrymningsväg via Södra station. Denna utformning är inte förenligt med det allmänna rådet till föreskriften och ska då utredas för att verifiera att motsvarande säkerhetsnivå uppnås.

Bärande konstruktioner

I EKS 9 (Boverket, 2013c) avdelning C kapitel 1.1.2 anges det att bärande konstruktioner i brandsäkerhetsklass 5 (den högsta brandsäkerhetsklassen) vid dimensionering enligt nominellt tid-temperatursamband ska utföras i lägst brandteknisk klass R 90. I de fall då brandbelastningen är mindre än 800 MJ/m². Dock finns möjligheten att reducera den brandtekniska klassen vid installation av en automatisk vattensprinkleranläggning.

Innebörden av ovanstående är att den brandtekniska klassen kan reduceras från R 90 till R 60 om ett automatiskt sprinklersystem installeras. Dock uppfyller byggnaden inte samtliga föreskrifter varför avsteget omfattas av analysen och ska verifieras. En reducerad brandteknisk klass på bärande konstruktioner påverkar bland annat bärförmågan och möjligheten till räddningstjänstens insatsmöjlighet som kan ske under hela brandförloppet.

4 ANALYSENS FÖRUTSÄTTNINGAR

Aktuell ombyggnad klassificeras som en ändring av byggnad enligt 1. Kap 8 § PBL (2010:900). Med hänsyn till detta ska föreskrifter i avsnitt 5:8 BBR 21 (Boverket, 2014) uppfyllas för aktuell byggnad.

4.1 Metod och acceptanskriterier

I denna handling genomförs tre analyser där angreppssättet skiljer åt beroende på vilken föreskrift och del av byggnaden som analyseras.

Avskiljande konstruktion och utrymningssäkerhet plan 4-10

Vid analys av avskiljande funktion och utrymningssäkerhet på plan 4-10 används ett jämförande angreppssätt. Detta då brandskyddet vid ändring av en byggnad minst ska motsvara säkerhetsnivån hos brandskyddet som förelåg innan. Analysen utformas som en jämförande analys och bygger på en scenarioanalys där olika utformningar av brandgasventilationen simuleras. Acceptanskriterier för analysen är brandgaslagrets temperatur och höjd med aktuell utformning.

Utrymningssäkerhet plan 3

Plan 3 ingår i samma brandcell som ljusgården men taket som installeras mellan plan 3 och plan 4 påverkar utrymningssäkerheten. Utrymningskonceptet från plan 3 dimensioneras enligt förenklad dimensionering (allmänna råd i BBR 21) med undantag av att utrymning över annan brandcell utgör en del av konceptet. Genomförandet av analysen bygger på en kvalitativ analys där konsekvenserna med planerat utrymningskoncept sätts i relation till de kompletterande skyddsåtgärderna och utformning enligt förenklad dimensionering.

Bärande konstruktioner

Analysen av reducerad brandteknisk klass på bärande konstruktioner bygger på en kvalitativ analys med beräkningar. Acceptanskriteriet utgörs av den påfrestning som bärande konstruktioner utsätts för i händelse av brand vilket i EKS 9 (Boverket, 2013c) omsatts till brandbelastning vilken är 800 MJ/m².

4.2 Förutsättningar för analys av avskiljande funktion

Den jämförande analysen av avskiljande konstruktion och utrymningssäkerhet bygger till stor del på en scenarioanalys där ett flertal parametrar måste definieras innan genomförandet. För analysen har datorprogrammet OZone version 2.2 (Cadorin, Pintea, & Franssen, 2001) använts vilket beskrivs mer ingående nedan:

4.2.1 Ozone

Programmet är utvecklat vid universitetet i Liège och kombinerar en tvåzonsmodell och en enzonsmodell. Programmet utvecklades för att hjälpa ingenjörer att projektera bärande konstruktioner vid händelse av brand (Cadorin & Franssen, 2003).

Zonmodeller är numeriska verktyg vilka förekommer relativt ofta vid analys av temperatur i en brandutsatt volym. Huvudentagandet i zonmodeller är att volymen kan delas in i zoner med uniform temperatur. Tvåzonsmodeller används oftast i simuleringar innan övertändning inträffat medan enzonsmodeller nyttjas efter att övertändning inträffat. Ozone kombinerar dessa modeller där övergången sker när ett eller flera fördefinierade kriterier uppnås (Cadorin & Franssen, 2003).

Ozone hanterar enbart en volym eller rum. Det övre och undre lagret sammanbinds endast via en empirisk luftinblandningsmodell där massflödet från det lägre till det övre lagret beräknas. Därutöver antas trycket i Ozone vara lika i hela volymen (Cadorin & Franssen, 2003).

4.2.2 Indata

Nyttjad indata till simuleringar presenteras i Appendix B.

4.2.3 Dimensionerande brandscenarier

En analys av utrymningssäkerheten utgår från det tidiga brandförloppet medan utgångspunkten vid analys av skydd mot brand- och brandgasspridning är det fullständiga brandförloppet. Det fullständiga brandförloppet utgör en värre påfrestning för byggnaden än motsvarande brandförlopp för utrymningsanalysen. Genom att ansätta tillväxtfasen lika för de två analyserna kan ett och samma brandförlopp nyttjas för båda analyserna.

Utifrån BBRAD 3 (Boverket, 2013a) kan en dimensionerande tillväxthastighet ansättas för det fullständiga brandförloppet. Denna ansätts till $0,047 \text{ kW/s}^2$ vilket föreskrivs för verksamheter i verksamhetsklass 2B (Boverket, 2013a) som återfinns i markplan. Tillväxthastighet bedöms även vara tillämplig för det fullständiga brandförloppet. För att bestämma resterande faser av det fullständiga brandförloppet måste den maximala effektutvecklingen beräknas, se avsnitt 4.2.4.

4.2.4 Dimensionerande effektutveckling och brandbelastning

Maximal effektutveckling styrs av om en brand kan förväntas bli ventilationskontrollerad eller bränslekontrollerad. Utifrån det kan dimensionerande effektutveckling beskrivas enligt:

$$Q_d = \min(q_b; q_v) \quad \text{där}$$

Q_d = Dimensionerande effektutveckling [MW]

q_b = Effektutveckling vid bränslekontrollerad brand [MW]

q_v = Effektutveckling vid ventilationskontrollerad brand [MW]

I Appendix A redovisas beräkningsförfaranden för ventilationskontrollerade bränder enligt INSTA 950 (Swedish Standards Institute, 2014) samt SS-EN 1991-1-2 bilaga E (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2007). Beräkningar har även genomförts för motsvarande bränslekontrollerade bränder samt enligt beräkningsförfarande beskrivet i SS-EN 1991-1-2 bilaga E (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2007). Dimensionerande effektutveckling blir enligt beräkningarna 45 MW och dimensionerande brandbelastning blir 129600 MJ (432 MJ/m^2), se Appendix A.

Dimensionering av avskiljande konstruktioner utgår från brandteknisk klass EI 60 vilket motsvarar brandsäkerhetsklass 4 (Boverket, 2013c) och en brandbelastning om 720 MJ/m^2 (Boverket, 2013b). Dock kan brandbelastningen reduceras med en faktor 0,6 eftersom det finns en automatisk vattensprinkleranläggning vilket ger den dimensionerande brandbelastningen om 432 MJ/m^2 .

4.2.5 Brandposition

En inledande riskidentifiering genomförs för att bestämma vilka brandpositioner som ska omfattas av analysen. Då en tvåzonsmodell som endast hanterar ett utrymme nyttjas syftar riskidentifieringen till att undersöka på vilken våning en brand får störst konsekvenser. En brand belägen på de högre våningsplanen genererar ett större flöde ut av brandgaser eftersom den termiska stigkraften är större än om branden är placerad på de lägre våningsplanen. Således blir den dimensionerande brandpositionen en brand på plan 4 då ett avskiljande tak installeras mellan plan 3 och plan 4 vilket gör att brandgaser inte kan strömma fritt uppåt från det lägst belägna planet.

4.2.6 Area för brandgasventilation

För att undersöka storleken av arean för öppningar för brandgasventilationen (Rökluckor) genomförs simuleringar med area enligt Tabell 5. Scenarier med index 1, till exempel *Staden_1_X* utgör en simulering med nuvarande utformning av brandgasventilationen. Scenarier med index 2, till exempel *Staden_2_X* utgör simuleringar med planerad utformning av brandgasventilationen.

Tabell 5. Nyttjad area för rökluckor, ersättningsluft och läckagearea i simuleringar.

Scenario	Rökluckor [m ²]	Ersättningsluft [m ²]
Staden_1_X	84	75
Staden_2_X	84	44
Staden_2_2_X	Öppningarnas area varierar.	Öppningarnas area varierar.

4.2.7 Detektion av brand

Tid då brand detekteras är av intresse eftersom detta påverkar tiden det tar innan brandgasventilationen kan aktivera och generera en effekt på brandgasfyllnadsförloppet. För att bestämma tid till detektion simulerades en brand i CFAST i ett utrymme med en takhöjd om 3 meter. Vid simuleringarna användes rök- och värmedetektorer samt sprinkler med olika RTI-värden. Utifrån simuleringarna kan det konstateras att en tid om cirka 60 sekunder är rimligt att ansätta för tid till detektion av brand. Det kommer sedan ta ytterligare tid innan alla luckor för brandgasventilation och ersättningsluft har öppnat eftersom detta ska signaleras av ett automatiskt system och sedan öppnas med en mekanisk styrning. Således ansätts tiden till dess att samtliga luckor är öppna till 90 sekunder efter att branden startat.

4.2.8 Förenklingar vid simulering

I simuleringarna görs en förenkling av ljusgårdens geometri. Då tvåzonsmodellen som används endast hanterar rektangulära geometrier beräknas en ekvivalent volym för ljusgården.

Exakta materialdata har inte funnits att tillgå varför samtliga ytor, förutom taket har ansatts som betong i genomförda simuleringar. Detta innebär att energi i de varma brandgaserna via värmeledning leds ut genom materialet. Detta genererar sämre termisk stigning i brandgaserna och bedöms vara lämpligare att använda för denna analys än att ansätta omgivande ytor som inerta. För att undersöka inverkan av detta antagande genomförs en känslighetsanalys för inverkan av omgivande ytors termiska tröghet.

I simuleringarna förutsätts taket ovan förbindelsegången, den horisontella icke brandtekniskt klassificerade avskiljningen inte finnas. Dock påverkar avskiljningen utrymningssituationen i förbindelsegången då brandgaser inte fritt kan stiga upp i ljusgården vilket föranleder en analys som genomförs i form av en kvalitativ analys i avsnitt 5.2.

5 ANALYS AV AVSKILJANDE KONSTRUKTIONER OCH UTRYMNINGSSÄKERHET

Analysen i detta kapitel delas in i två delar där den ena delen behandlar avskiljande funktioner och utrymningssäkerheten för plan 3 medan den andra delen behandlar samma funktioner men för plan 4 – 10.

5.1 Avskiljande funktion och utrymningssäkerhet plan 4 - 10

I detta kapitel analyseras avskiljande funktioner och utrymningssäkerhet för plan 4 – 10.

Acceptanskriteriet är formulerat som att en ändring av byggnaden inte får leda till en försämring av brandskyddet. Parametrar som undersöks är temperatur, brandgaslagrets höjd och tryck i ljusgården.

Vidare ges designkriterier för vad som krävs för att reducera arean av till- och frånluftsöppningar.

5.1.1 Analys av avskiljande funktioner

Det fullständiga dimensionerande brandförloppet redovisas i Appendix A.

I Tabell 6 redovisas en sammanställning av resultat från simuleringar från det fullständiga brandförloppet. Scenario "Staden_1_2" är en simulering med nuvarande utformning och utgör således acceptanskriteriet för analysen. Scenario "Staden_2_2" är en simulering med planerade åtgärder.

Tabell 6. Resultatsammanställning från simuleringar vid analys av det fullständiga brandförloppet.

Scenario	Brandgas ventilationsarean [m ²]	Ersättningsluft [m ²]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Brandgaslagrets lägsta höjd [m]	Övertryck i brandrum [Pa]
Staden_1_2 (Nuvarande)	84	75	120	16,6	10
Staden_2_2	84	44	130	14,9	10

Utifrån simuleringarna är resultatet att då arean av luckor för ersättningsluft reduceras så kommer brandgaslagret även sjunka cirka 1,5 meter och en förhöjd temperatur kan förväntas från plan 7 och uppåt.

5.1.2 Resultat

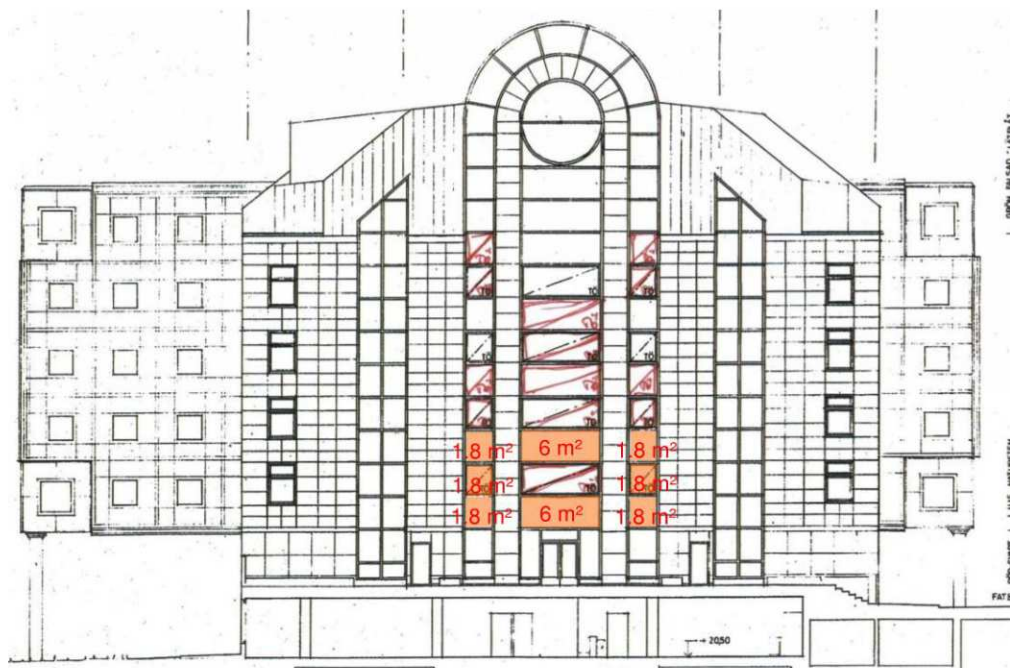
För både det tidiga och fullständiga brandförloppet sker en försämring vid ombyggnaden gentemot nuvarande utformning. Brandgaslagret sjunker till nivån för plan 7 med planerad utformning när det med nuvarande utformning endast sjunkit till nivån för plan 8. För det fullständiga brandförloppet konstateras även en förhöjd temperatur med planerad utformning. För att uppfylla acceptanskriteriet måste åtgärder beaktas för att säkerställa motsvarande säkerhetsnivå som innan ombyggnaden.

Möjliga åtgärder är antingen att utföra glaspartier mot ljusgården med brandteknisk klass och förstärka skyddet mot brandgasspridning via överluften. Alternativt utöka arean för ersättningsluft för att öka effektiviteten av brandgasventilationen.

5.1.3 Utökad area för ersättningsluft

Luckor för ersättningsluft i den östra fasaden kommer tas bort i planerad ombyggnad vilket innebär att luckor för ersättningsluft endast kommer finnas i den västra fasaden. Storlek av luckor för ersättningsluft i den västra fasaden kommer efter ändringen uppgå till cirka 44 m².

Då brandgaslagret sjunker nedåt kan högt placerade luckor för ersättningsluft, när brandgaslagret når dessa, konverteras till frånluft. Således bör nya luckor för ersättningsluft anordnas på de lägre planerna i byggnaden. I Figur 7 åskådliggörs befintliga fönster på de nedre planerna (plan 4 - 5) som kan utföras med öppningsautomatik och då tjäna som öppningar för ersättningsluft.



Figur 7. Storlek och placering av fönster på lägre plan (plan 4 - 5) som kan utföras med öppningsautomatik och tjäna som öppningar för ersättningsluft (Ritningsunderlag upprättat av GWSK Arkitekter AB).

I Tabell 7 redovisas resultat från simuleringar med ökad area för ersättningsluft. I kolumnen ersättningsluft redovisas total area av öppningar för ersättningsluft och inom parentes den area som behöver tilläggas.

Tabell 7. Resultatsammanställning med tilluftsarea.

Scenario	Brandgas ventilationsarea [m ²]	Ersättnings luft [m ²]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Brandgaslagrets lägsta höjd [m]	Övertryck i brandrum [Pa]
Staden_1_2 (Nuvarande)	84	75	120	16,6	10
Staden_2_2	84	44	140	14,7	10
Staden_2_2_7	84	50 (+ 6)	130	15,5	10
Staden_2_2_8	84	57 (+ 14)	120	16,1	10
Staden_2_2_9	84	67 (+ 23)	120	16,6	10

5.1.4 Resultat

Utifrån simuleringarna framgår det att 14 m² fönster ska utföras med öppningsautomatik och tjäna som öppningar för ersättningsluft för att nå likvärdig skyddsfunktion som dagens lösning har. Detta då temperaturen är samma som med nuvarande utformning och brandgaslagret sjunker ned till samma plan (plan 7 -10).

5.1.5 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys genomförs utifrån scenario "Staden_2_2_8". Totalt genomförs 3 simuleringar vilka presenteras nedan:

Staden_2_2_K1: Samtliga ytor utgörs av glas, påverkar värmeledningen via omgivande konstruktion och brandgasernas termiska stigningskraft.

Staden_2_2_K2: Brandgasventilationen felfungerar och aktiverar inte.

Staden_2_2_K3: Senare detektion och aktivering av brandgasventilationen. Tiden till dess att samtliga öppningar öppnats ansätts till 3 minuter istället för 2 minuter.

I Tabell 8 presenteras resultat från genomförd känslighetsanalys.

Tabell 8. Resultatsammanställning från känslighetsanalysen.

Scenario	Brandgasventilationsareal [m ²]	Ersättningsluft [m ²]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Brandgaslagrets lägsta höjd [m]	Övertryck i brandrum [Pa]
Staden_2_2_8	84	57 (+ 14)	120	16,1	10
Staden_2_2_K1	84	57 (+ 14)	130	16,2	10
Staden_2_2_K2	84	57 (+ 14)	360	Övertändning	1500
Staden_2_2_K3	84	57 (+ 14)	120	10,7	40

5.1.6 Resultat

Känslighetsanalysen visar att om samtliga ytor, förutom golvet, ansätts till glas påverkas brandgaslagrets nivå positivt, sett ur ett brandtekniskt perspektiv. Detta innebär att aktuella simuleringar med väggar av betong utgör ett konservativt antagande sett till denna parameter. Skulle brandgasventilationen däremot felfunktionera uppfylls inte acceptanskriteriet, som utgör scenariot som benämns "Staden_1_2" inte uppfyllas. Ett övertryck om 1500 Pa uppstår samtidigt som temperaturen blir betydligt högre och övertändning inträffar.

En fördröjd detektion och öppning av brandgasventilationen genererar ett högre maximalt tryck i ljusgården. Hänsyn bör tas till detta tryck vid dimensionering av tryckfall över överluften om åtgärden med brandtekniskt klassificerade glaspartier mot ljusgården genomförs viken redovisas i följande kapitel.

5.1.7 Optimering av frånluftsarea vid krav på brandcellskiljande konstruktion.

Detta kapitel anger de krav som brandtekniskt klassificerade glaspartier mot ljusgården ska uppfylla vid reducerad storlek av frånluftsarea (rökluckor) med planerad reducering av tilluftsöppningar.

För att undersöka inverkan av en reducering av rökluckornas area genomförs ett antal kompletterande analyser med scenarier definierade enligt Tabell 9. I Tabell 9 presenteras även resulterande brandgastemperatur, tryckuppbyggnad och brandgaslagrets höjd. Även förutsättningar och resultat redovisas i samma tabell. Scenarierna utgår från samma grundvärden som scenario "Staden_2_2" rörande tilluftsöppningar.

Tabell 9. Resultatsammanställning med varierande area på rökluckor.

Scenario	Brandgas ventilationsarea [m ²]	Ersättningsluft [m ²]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Brandgaslagrets lägsta höjd [m]	Övertryck i brandrum [Pa]
Staden_2_2	84	44	140	14,7	10
Staden_2_2_1	74	44	140	14,5	10
Staden_2_2_2	64	44	140	14,0	10
Staden_2_2_3	54	44	150	13,2	10
Staden_2_2_4	44	44	160	12,1	10
Staden_2_2_5	34	44	170	11,2	10
Staden_2_2_6	24	44	190	9,8	10

5.1.8 Resultat

Resultatet från simuleringarna visar att arean av frånluftsluckor kan minskas till 54 m² förutsatt att plan 7 utförs med brandtekniskt klassificerade glas. Glaspartier mot ljusgården ska då utföras som så kallade 300/30 glas vilket innebär glas klarar en temperatur på maximalt 300°C. Om även våningsplan 6 förses med brandtekniskt klassat glas (300/30) kan arean för brandgasventilationen reduceras till 24 m² förutsatt att arean för ersättningsluft är minst 44 m². Detta utgör en alternativ lösning till den presenterade lösningen i kapitel 5.1.4

5.1.9 Analys av det tidiga brandförloppet

Vid analys av utrymningssäkerheten är det tidiga brandförloppet av intresse. Två simuleringar har genomförts, en med nuvarande area av luckor för ersättningsluft ("Staden_1_1") och en med planerad reducerad area av luckor för ersättningsluft ("Staden_2_1"). Även två simulering benämnda "Staden_1_1_1" och "Staden_2_1_1" där hänsyn till sprinklarnas inverkan tagits enligt BBRAD 3 (Boverket, 2013a) har genomförts.

I Tabell 10 presenteras brandgaslagrets temperatur, brandgaslagrets lägsta nivå för genomförda simuleringar.

Tabell 10. Resultatsammanställning från simuleringar vid analys av möjlighet till utrymning.

Scenario	Brandgas ventilationsarea [m ²]	Ersättningsluft [m ²]	Brandgaslagrets temperatur [°C]	Brandgaslagrets lägsta höjd [m]	Övertryck i brandrum [Pa]
Staden_1_1 (Nuvarande)	84	75,1	100	17,0	10
Staden_1_1_1	84	75,1	30	17,7	10
Staden_2_1	84	44,4	110	15,3	10
Staden_2_1_1	84	44,4	30	15,8	10

Noterbart är att den automatiska sprinkleranläggningen aktiverar efter cirka 3,5 minuter vilket motsvarar en effektutveckling om 2,0 MW i scenario *Staden_1_1_1 och Staden_2_1_1*. Resultatet visar att med planerad reducering av öppningsarea för ersättningsluft sker en försämring mot nuvarande utformning då brandgaslagret sjunker ned till plan 7.

Även för det tidiga brandförloppet sker en försämring vid ombyggnaden gentemot nuvarande utformning. För att erhålla erforderlig säkerhetsnivå kan tidigare presenterade lösningar nyttjas.

5.2 Utrymningssäkerhet plan 3

Förbindelsegången i markplan (plan 3) med tillhörande butiker dimensioneras efter förenklad dimensionering. Innebörden av detta är att samtliga krav i kapitel 5:8 i BBR 20 ska uppfyllas via de allmänna råden. För plan 3 görs dock ett avsteg från förenklad dimensionering då utrymning tillåts över en annan brandcell varför säkerhetsnivån ska verifieras.

5.2.1 Analysens förutsättningar

Möjligheten till utrymning från markplan (plan 3) påverkas då ett tak anordnas ovan förbindelsegången. Konsekvensen blir att brandgaser inte kan flöda fritt upp i ljusgården utan ansamlas under taket ovan plan 3. Detta leder till att kritiska förhållanden kan uppstå tidigare än med nuvarande utformning.

Förbindelsegången projekteras för att inrymma ett maximalt personantal understigande 300 personer. Vidare kan det konstateras att det endast är en butik som inte uppfyller erforderade gångavstånd om Södra Station inte skulle nyttjas som utrymningsväg.

Utrymning kommer ske som med nuvarande utformning av plan 3. Det längsta gångavståndet till närmsta utrymningsväg understiger 30 meter (vid utrymning över annan brandcell) som är angivet avstånd i BBR 21 (Boverket, 2014). Samma antal utrymningsvägar kommer finnas efter ändringen och vägledande markering kompletteras, jämfört med dagens situation. Dock kommer förbindelsegången som klassificeras som verksamhetsklass 2B att utrymma över en annan brandcell vilket är ett avsteg från det allmänna rådet i BBR 21 (Boverket, 2014).

5.2.2 Utrymningssäkerhet

Utrymning av en samlingslokal via en annan brandcell tillåts, enligt allmänt råd till föreskrift 5:321, om angränsande brandcell innehåller huvudentrén. I aktuell byggnad är det förbindelsegången som innehåller huvudentrén även om Södra station har egna entréer vilka kan nyttjas dygnet runt till skillnad från huvudentrén via förbindelsegången som är låst under nattetid.

I praktiken nyttjas förbindelsegången som huvudentré varför det är utgångspunkten för analysen. I förbindelsegången kommer ett begränsat antal personer att vistas, under 300 personer. I händelse av brand kommer de flesta utrymma via den utrymningsväg som de är mest van vid, det vill säga via huvudentrén till Swedenborgsgatan. Med ett begränsat antal personer, låg belastning på utrymningsvägen mot Södra station och ingen samverkan hos utrymningslarmen för de olika fastigheterna bedöms utrymningsvägen via Södra station kunna nyttjas. Ingen kösituation bedöms uppstå och det krävs inte att personer behöver röra sig långa sträckor eller över flera brandceller då horisontella utrymningsvägar finns i anslutning till byggnadsgränsen. Därutöver installeras ett automatiskt vattensprinklersystem som med stor sannolikhet kan begränsa eller släcka en brand och i övrigt generera goda möjligheter till tillfredställande utrymning.

Med nuvarande utformning kan personer utrymma via Södra station men maximalt gångavstånd till närmsta utrymningsväg överskrids med denna utformning. Vid ombyggnaden anordnas en brandcellsgräns mellan fastigheterna. Detta leder till att gångavståndet till närmsta utrymningsväg kan efterlevas om utrymning via Södra station tillåts. Jämförelsen visar på att utrymningssituation förbättras vid ombyggnaden då en säkerhetsbarriär i form av en brandcellsgräns anordnas samtidigt som det genererar en högre säkerhetsnivå.

Med hänsyn till ovanstående resonemang bedöms en minst lika hög skyddsnivå genereras med aktuell utformning och utrymningskoncept som om föreskrift 5:321 uppfyllts via det allmänna rådet.

5.3 Analys av bärande konstruktion

Eftersom risken för personskada vid en kollaps av bärande byggnadsdelar är mycket stor ska de tillskrivas brandsäkerhetsklass 5 vilket innebär att de ska utföras, vid dimensionering enligt nominellt tid-temperatursamband, i lägst brandteknisk klass R 90. Vid installation av automatisk vattensprinkleranläggning kan bärande konstruktioner vilka tillskrivs brandsäkerhetsklass 5 utföras i lägst brandteknisk klass R 60 (Boverket, 2013c).

En komparativ analys nyttjas för att visa att en likvärdig skyddsfunktion kan erhållas. En byggnad i byggnadsklass Br1 utan automatisk vattensprinkler väljs som referensbyggnad. Den enda skillnad som föreligger mellan aktuell byggnad och referensbyggnaden är avsaknaden av sprinkler, i övrigt är de lika och bärande konstruktioner ska dimensioneras för att uppfylla brandsäkerhetsklass 5.

Utifrån EKS 9 (Boverket, 2013c) framgår det då att bärande konstruktioner ska dimensioneras utifrån ett fullständigt brandförlopp med 50 % ökad brandbelastning. I analysen antas brandbelastningen vara 800 MJ/m² för båda byggnaderna (Boverket, 2013b). Detta innebär att bärande konstruktioner för referensbyggnaden ska dimensioneras för en brandbelastning om 1200 MJ/m².

Vid installation av en automatisk sprinkleranläggning får brandbelastningen reduceras med 40 % enligt EKS 9 (Boverket, 2013c). Då kan dimensionerande brandbelastning för aktuell byggnad beräknas enligt:

$$q_b = 800 \cdot 1,5 \cdot 0,6 = 720 \text{ MJ/m}^2$$

Den automatiska vattensprinkleranläggningen minskar således sannolikheten för kritisk temperaturpåverkan för de bärande konstruktionerna jämfört med referensbyggnaden som är utförd utan sprinkler. Då brandbelastningen styr längden och maximala temperaturen av brandförloppet kan slutsatsen dras från beräkningarna och resonemanget ovan att den automatiska vattensprinkleranläggningen genererar en mindre påfrestning på byggnaden, givet att övriga parametrar är lika. Således bedöms det vara verifierat att bärande konstruktioner i aktuell byggnad kan utföras med reducerad brandteknisk klass, R 60 istället för R 90.

6 ROBUSTHETSANALYS

I aktuell byggnad anordnas två tilläggsåtgärder, ett heltäckande sprinklersystem och automatisk brandgasventilation i ljusgården. De kompletterande skyddsåtgärderna ska utföras med brandsäkert förlagd strömningsmatning eller utföras med erforderlig brandteknisk klass. Detta minskar sannolikheten för att de slås ut på grund av en brand. Vid kabeldragning ska det eftersträvas att separera kablar till de olika systemen för att öka oberoendet av systemen. Vidare ska systemen utföras med reservkraft vilket möjliggör att de upprätthåller sin funktion vid strömbortfall. Systemen ska underhållas och sprinkleranläggningen ska revisionsbesiktigas med jämna mellanrum. Sammantaget ökar detta robustheten i den brandskyddstekniska lösningen då systemen utförs oberoende av varandra.

Skulle brandgasventilationen felfunktera är det sannolikt att sprinklern fortfarande fyller sin funktion och kan begränsa eller släcka en brand. En automatisk vattensprinkleranläggning har en tillförlitlighet på 90 till 95 % (Nystedt, 2011) vilket innebär att det endast är 5-10 av 100 bränder som inte släcks eller begränsas effektivt. Det automatiska sprinklersystemet ska utföras enligt gällande regelverk och bedöms därför vara både effektivt och tillförlitligt.

Skulle istället sprinklersystemet felfunktera kommer en större brand att kunna uppstå. I händelse av felfungerande sprinklersystem kvarstår brandgasventilationen. Genomförda analyser visar att brandgasventilationen då kan begränsa temperaturen och brandgaslagrets höjd.

Slutligen kan det konstateras att om både brandgasventilationen inte aktiveras som avsett och sprinklern samtidigt inte klarar av att hantera branden kommer varken möjlighet till tillfredställande utrymning eller skydd mot brand- och brandgasspridning erhållas vilket visar på vikten av att systemen utförs oberoende.

Byggnadens robusthet bedöms som god med anledning av resultat från samtliga analyser.

7 SLUTSATSER

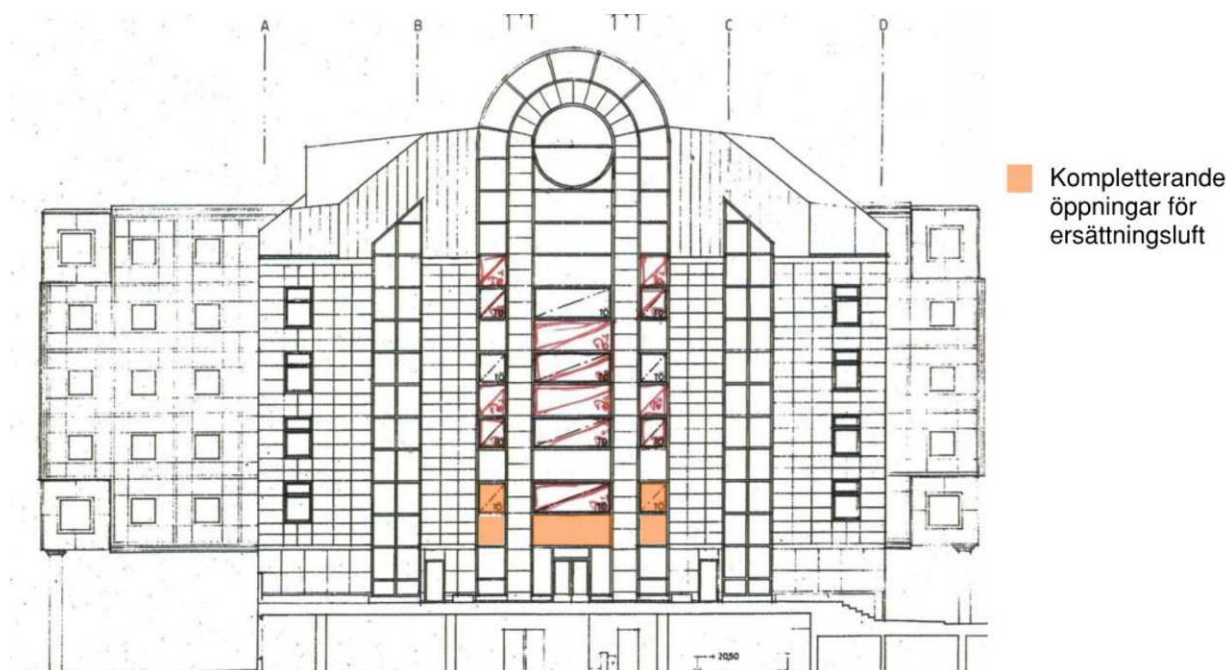
I analyserna har verifiering skett rörande möjligheten till tillfredställande utrymning, skydd mot brandspridning inom byggnaden och för att säkerställa bärförmågan vid brand. Planerade ändringar har analyserats utifrån aktuella föreskrifter i Boverkets Byggregler 21 (BFS 2011:26 med ändringar t.o.m. BFS 2014:3) och hänsyn till påverkan på aktuell byggnads totala brandskydd har tagits.

En robusthetsanalys har genomförts för den brandskyddstekniska lösningen vilken omfattar heltäckande automatisk vattensprinkleranläggning och brandgasventilation i ljusgården. Utifrån resultatet av samtliga analyserna är det verifierat att aktuell byggnad inom stadens dike 7, Stockholm uppfyller gällande krav på säkerhet vid händelse av brand om följande åtgärder genomförs:

- Bärande konstruktioner ska utföras i lägst brandteknisk klass R 60.
- Öppningsarean för ersättningsluft utökas med cirka 14 m² i den västra fasaden, förutsatt att öppningarna placeras på de nedre planen (plan 4 och 5). Detta åstadkoms genom att utföra fönster markerade i Figur 8 med öppningsautomatik kopplat till brandlarmet.

Om kompletterande öppningar för ersättningsluft inte anordnas ska följande åtgärd genomföras:

- Glaspartier mot ljusgården på plan 7 och uppåt ska utföras med klass 300/30 och med ett tryckfall om minst 10 Pa över överluften.



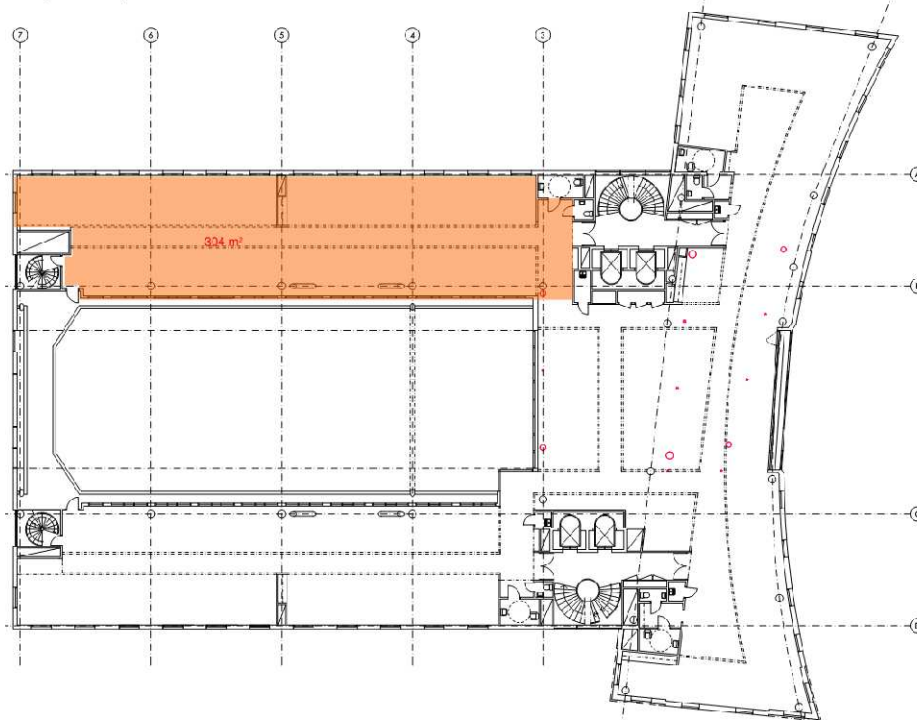
Figur 8. Placering av fönster för ersättningsluft.

8 LITTERATURFÖRTECKNING

- Björk, L.-E., Brolin, H., Ljungström, L.-F., & Pilström, H. (1987). *Tabell- och formelsamling*. Stockholm: Från natur och kultur.
- Boverket. (2011). *Konsekvensutredning, - för revidering (BFS 2011:26) av avsnitt 5 Brandskydd i Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6), - för allmänt råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27)*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2013a). *Boverkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BFS 2011:27 med ändringar t.o.m. BFS 2013:12)*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2013b). *Boverkets allmänna råd (2013:11 om brandbelastning (BFS 2013:11)*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2013c). *Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder) BFS 2011:10 med ändringar t.o.m. 2013:10*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2014). *Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2014:3)*. Karlskrona: Boverket.
- Boverket. (2014). *Boverkets byggregler, BBR (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2014:3)*. Karlskrona: Boverket.
- Cadorin, J., Pintea, D., & Franssen, J. (2001). *The Design Fire Tool OZone V2.0 - Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests*. Département de Mécanique des matériaux & structures. Liège: Université de Liège.
- Cadorin, J.-F., & Franssen, J.-M. (2003). A tool to design steel elements submitted to compartment fires - OZone V2. Part 1: pre- and post-flashover compartment model. *Fire Safety Journal*, 38(5), 395-427.
- Malm, D., & Pettersson, A.-I. (2008). *Tillförlitlighet för automatiska sprinkleranläggningar – en analys av befintlig statistik*. Lunds tekniska högskola, Institutionen för Brandteknik och Riskhantering).
- Nystedt, F. (2011). *Verifying Fire Safety Design in Sprinklered Buildings*. Lunds tekniska högskola, Brandteknik och riskhantering. Lund: Lunds Universitet .
- SFPE. (2002). *SFPE handbook of Fire Protection Engineering*. Quincy, Massachusetts 02269, USA: National Fire Protection Association.
- Standardiseringskommissionen i Sverige. (2007). *Eurokod 1: Laster på bärverk = Eurocode 1 : Actions on structures Del 1-2 = Part 1-2 Allmänna laster - Termisk och mekanisk verkan av brand = General actions - Actions on structures exposed to fire*. Stockholm: SIS.
- Swedish Standards Institute. (2014). *Teknisk specifikation SIS-TS 24833:2014/Insta 950*. Stockholm: SIS.

APPENDIX A

Nedan presenteras beräkningsförfarande för bestämmande av maximal effektutveckling för dimensionerande brandscenario. Beräkningsförfarandet som redovisas är enligt SS-EN 1991-1-2 bilaga E (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2007) samt INSTA 950 (Swedish Standards Institute, 2014) med tillhörande beräkningsförfaranden för ventilationskontrollerade bränderna. Övriga beräkningar för bränslekontrollerade bränder och beräkningar enligt SS-EN 1991-1-2 Bilaga B (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2007) samt bränslekontrollerade bränder redovisas på begäran. Utgångspunkten för beräkningarna är en begränsad del av ett kontorsplan enligt Figur A.1 med en area om 300 m² och 13 fönster i yttervägg. Denna yta bedöms ge upphov till brandscenarier som täcker in en tillräckligt stor andel av sannolika bränder. Det utgör även en naturlig indelning till rumsbildning vid hyresgäst Anpassning. Varje fönster är utförda med måtten 1,4 m x 1,4 m).



Figur A.1. Del av kontor som antas delta i ett brandförlopp.

Beräkningsförfarande enligt INSTA 950 och SS-EN 1991-1-2 Bilaga E
Maximal effektutveckling kan bestämmas med nedanstående ekvation

$$Q_{max} = 0,10 \cdot m \cdot H_u \cdot A_v \cdot \sqrt{h_{eq}} \quad \text{där}$$

Q_{max} = Maximal effektutveckling [kW]

m = Förbränningsfaktor [-]

H_u = Förbränningsvärme [MJ/kg]

A_v = Öppningsarea [m²]

h_{eq} = Medelhöjd av öppningar [m]

Indata till beräkningar presenteras i Tabell A.1

Tabell A.1. Indata till beräkning av maximal effektutveckling.

Variabel	Värde
m	0,8 (Standardiseringskommissionen i Sverige, 2007)
H_u	17,5 MJ/kg
A_v	25,48 m ²
h_{eq}	1,4 m

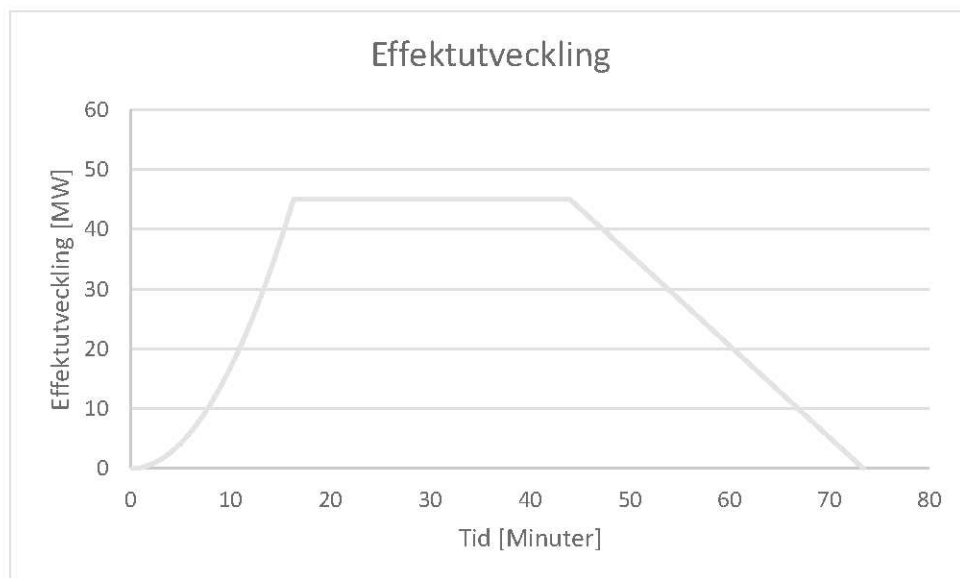
Aktuella värden sätts in i ekvationen vilket ger följande beräkning:

$$Q_{max} = 0,10 \cdot 0,8 \cdot 17,5 \cdot 25,48 \cdot \sqrt{1,4} \approx 42,2 \text{ MW}$$

Dimensionerande effektutveckling avrundas till 45 MW.

Då rumsbildningen inte är fastställd kan ingen beräkning genomföras för maximal effektutveckling inom själva brandcellen. Då större delen av byggnaden dessutom ingår i samma brandcell innebär det en oerhört hög brandbelastning och ventilationsflöde då en stor del av ytterväggarna utgörs av fönster. Detta ger upphov till orimligt höga effektutvecklingar. Med föreslaget tillvägagångssätt bedöms ett rimligt brandförlopp med en hög och konservativ effektutveckling erhållas.

Brandbelastningen kan bestämmas utifrån Boverkets allmänna råd (2013:11) om brandbelastning (Boverket, 2013b) vilket ger en brandbelastning om 720 MJ/m². Dock kan brandbelastningen reduceras med en faktor 0,6 (Boverket, 2013c) eftersom det finns en automatisk vattensprinkleranläggning vilket ger den dimensionerande brandbelastningen om 432 MJ/m². Sedan multipliceras detta med golvarean om 300 m² för att erhålla den totala brandbelastningen som är 129600 MJ. Utifrån en dimensionerande tillväxthastighet om 0,047 kW/s² och antagande om linjär avsvalningsfas då 70 % av den totala brandenergin förbrukats erhålls dimensionerande brandförlopp enligt Figur A.2.



Figur A.2. Dimensionerande brandförlopp.

APPENDIX B

Nyttjad relevant indata till simuleringar i OZone (Cadorin & Franssen, 2003) presenteras i Tabell B.1.

Tabell B.1. Indata till simuleringar i OZone.

Variabel	Värde
Planerad geometri	
Längd	35
Bredd	11,8
Ekvivalent höjd	29,6
Nuvarande geometri	
Längd	50
Bredd	11,8
Ekvivalent höjd	30,4
Materialdata glas (SFPE, 2002) och (Björk, Brolin, Ljungström, & Pilström, 1987)	
Tjocklek	0,5
Värmekonduktivitet	0,8
Specifik värmekapacitet	840
Emissivitet	0,8
Densitet	2600
Materialdata betong (SFPE, 2002) och (Björk, Brolin, Ljungström, & Pilström, 1987)	
Tjocklek	25
Värmekonduktivitet	1,6
Specifik värmekapacitet	1000
Emissivitet	0,8
Densitet	2300
Simuleringsparametrar	
Simuleringstid	900 s / 8100 s
Övrigt	
1) Rökluckor och luckor för ersättningsluft öppnar efter 2 minuter.	
2) Brandförlopp i enlighet med Appendix A med 30 s mellan tidpunkterna i tillväxtfasen.	

