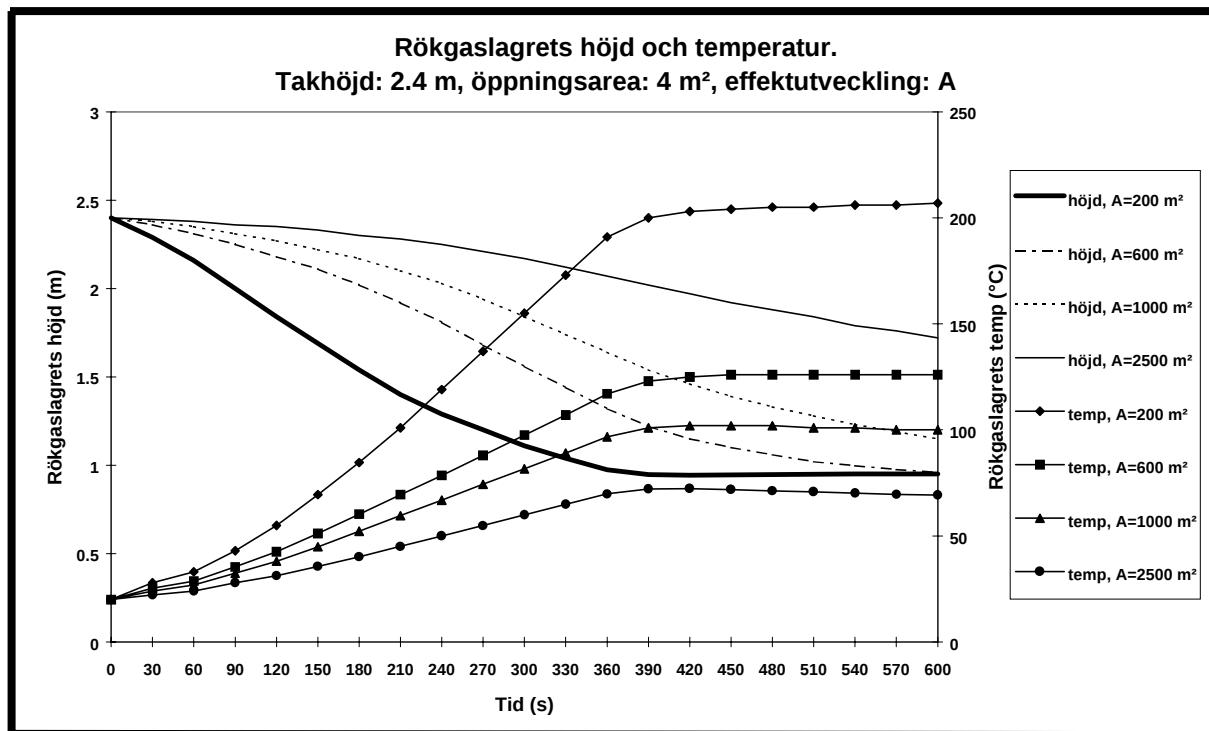




Institutionen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet

Scenariotänkande vid brandsyn i samlingslokaler



Marcus Abrahamsson

1997

Sammanfattning

Brandsyn, dvs myndigheternas kontroll av brandskyddsnivån i samhället, är i sig en gammal företeelse. På senare tid har ett alltmera komplext byggande med nya metoder och material lett till att denna kontroll blivit svårare och mera komplicerad att genomföra.

Ett syfte med detta arbete har varit att ta fram ett hjälpmedel för grova uppskattningar av hur allvarligt ett eventuellt brandscenario i olika typer av samlingslokaler skulle kunna bli. Detta verktyg är avsett att användas som ett hjälpmedel för att förbättra underlaget till väl underbyggda skälighetsbedömningar i brandsyneförrättningen.

Parametern som undersökts har varit hur lång tid det tar innan kritiska förhållanden, t ex att rökgaslagrets höjd når en på förhand bestämd kritisk nivå, uppstår i en lokal med viss geometri vid en viss dimensionerande brandeffektutveckling. Denna tid kan sedan jämföras med tiden det skulle ta att utrymma lokalen.

För att hjälpmedlet skall vara snabbt och lätt att använda har ett stort antal förenklingar och antaganden vid beräkningarna varit nödvändiga. Detta leder till att verktyget är tämligen grovt och endast bör användas för en första snabb analys av förhållandena i en lokal.

I rapporten redovisas också kortfattat metoder för att göra mer nyanserade analyser av brandsäkerheten på ett objekt. I dessa nyanserade metoder innefattas, förutom kvalificerade modeller för beräkning av bl.a. rökfyllnads- och utrymningsförlopp, även metoder för att kunna ta hänsyn till osäkerheter i indata till beräkningarna samt tillförlitligheten hos olika skyddssystem.

Ett annat syfte har varit att undersöka vilken nytta en brandsyneförrättare kan ha av en väl utformad brandskyddsdokumentation. I samband med införandet av funktionsbaserade byggregler, BBR-94, kom kravet på upprättande av brandskyddsdokumentation i samband med nybyggnation. För de flesta byggnader uppförda innan BBR-94 trädde i kraft saknas utförlig brandskyddsdokumentation och i detta arbete presenteras ett kortfattat förslag på hur en sådan skulle kunna upprättas.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning Innehållsförteckning

1. INLEDNING.....	5
2. ÖVERGRIPANDE OM BRANDSYN, KORT HISTORIK.....	6
3. GENERELLT OM SCENARIOBESKRIVNINGAR.....	8
3.1 DIMENSIONERANDE BRAND.....	8
3.1.1 $\alpha \cdot t^2$ branden.....	10
3.2 BRANDFÖRLOPP, GEOMETRISKA FAKTORER.....	11
3.2.1 Hur stor del av byggnaden skall ingå i analysen?.....	12
3.2.2 Hur skall denna del av byggnadens geometri förenklas?.....	13
3.2.3 Vilka öppningar är stängda / öppna?.....	13
3.3 DEFINITION AV KRITISKA FÖRHÅLLANDEN.....	14
4. ALLMÄNT OM SAMLINGSLOKALER.....	15
4.1 BRANDORSAKER OCH ANTÄNDNINGSKÄLLOR.....	16
4.2 INDELNING AV SAMLINGSLOKALSBEGREPPET.....	17
4.2.1 Klass I: Diskotek, danslokaler, restauranger.....	17
4.2.2 Klass II: Varuhus.....	18
4.2.3 Klass III: Teater, konsertlokal, biograf.....	19
4.2.4 Klass IV: Sporthall, idrottsarena.....	21
4.2.5 Klass V: Hörsalar, aulor, konferenslokaler, bibliotek.....	21
4.2.6 Klass VI: Kyrkor, religiösa samlingslokaler.....	23
5 SCENARIOBESKRIVNINGSVRKTYG.....	24
5.1 VRKTYGETS UPPBYGGNAD.....	24
5.1.1 Antändningskällor.....	24
5.1.2 Effektutvecklingar.....	25
5.1.3 Rumsgeometrier.....	28
5.2 EXEMPEL PÅ HUR VRKTYGET KAN ANVÄNDAS.....	30
5.2.1 Antändning.....	30
5.2.2 Effektutveckling.....	31
5.2.3 Geometri.....	32
5.2.4 Resultat.....	32
5.2.5 Känslighetsanalys.....	33
6. UTRYMNING VID BRAND /4/.....	34
6.1 UTRYMNINGSDIMENSIONERING GENOM BERÄKNING.....	36
6.1.1 Varseblivningstid.....	37
6.1.2 Reaktions- och beslutstid.....	38
6.1.3 Evakueringstid.....	39
6.2 EXEMPEL PÅ UTRYMNINGSBERÄKNING.....	43
6.2.1 Förutsättningar:.....	43
6.2.2 Tillvägagångssätt:.....	43
6.3 KÄNSLIGHETS- OCH OSÄKERHETSANALYS.....	44
7. NYANSERADE METODER FÖR SCENARIOBESKRIVNINGAR.....	45
7.1 RISKINVENTERING.....	45
7.2 SIMULERING AV RÖKFYLLNADSFÖRLOPP.....	46
7.2.1 Effektutveckling.....	46
7.2.2 Geometrier.....	46
7.2.3 Inverkan av skyddssystem.....	47
7.2.4 Sannolikheter och felfrekvenser.....	47

7.3 UTRYMNINGSSIMULERING	49
7.4 HÄNSYN TILL OSÄKERHETER I INDATA	50
7.4.1 Exempel.....	50
7.5 FÖRSLAG PÅ LITTERATUR FÖR VIDARE STUDIER	52
8 BRANDSKYDDSDOKUMENTATION - HJÄLPMEDEL VID BRANDSYN.....	53
8.1 NUVARANDE BYGGREGLER.....	53
8.1.1 Vad en brandskyddsdokumentation bör innehålla:.....	53
8.1.2 Hjälpmedel vid brandsyn	55
8.2 ÄLDRE BYGGLAGSTIFTNING	57
9 REFERENSLISTA.....	59
BILAGA A	61
STATISTIK RÖRANDE ANTÄNDNINGSKÄLLOR.....	61
BILAGA B.....	71
BESKRIVNING AV ANVÄNDA EFFEKTUTVECKLINGAR.....	71
BILAGA C	81
REDOVISNING AV TEMPERATUR- OCH RÖKFYLLNADSBERÄKNINGAR.	81
BILAGA D	115
EVAKUERINGSTIDER UNDER IDEALA FÖRHÅLLANDEN	115
BILAGA E.....	119
VAD SÄGER BBR-94 OM SAMLINGSLOKALER?.....	119
BILAGA F	125
REDOVISNING AV ANVÄNDA METODER OCH PROGRAM.....	125

1. Inledning

Denna rapport har utarbetats som ett projektarbete på Institutionen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet utfördes under sommaren och hösten 1997. Uppdragsgivare har varit Statens Räddningsverk.

Arbetet har handletts av Robert Jönsson, prefekt vid Institutionen för Brandteknik, samt brandingenjör Ola Åkesson från räddningsverket i Karlstad.

Under senare år och framför allt efter de funktionsbaserade byggreglernas (BBR-94) ikraftträdande 1994, har lösningar på brandskyddsproblematiken vid nybyggnation givits en mer ingenjörsmässig betoning. Denna ingenjörsmässiga dimensionering vid nybyggnation innehåller även kunskaper värdefulla vid brandsyn av tidigare uppfört byggbestånd, som dock ej byggts med nuvarande brandskyddstekniska kunskaper som grund.

I samband med införandet av de funktionsbaserade byggreglerna höjdes kraven på den till objektet hörande brandskyddstekniska dokumentationen, vilken skall redovisa hur det nybyggda objektet uppfyller samhällets krav på brandskydd och säkerställd utrymning. Denna sk brandskyddsdokumentation är en värdefull tillgång vid framtida brandsyner av nyare byggnader, men är således dokument som ej finns upprättade för tidigare uppfört byggbestånd.

Arbetets huvudsyfte har varit att ta fram ett hjälpmedel för grova bedömningar av hur allvarligt ett brandscenario skulle bli i olika typer av samlingslokaler, exempelvis teatrar, restauranger, danslokaler, bibliotek, varuhus mm. Detta hjälpmedel är avsett att användas i den kommunala brandsyneförrättningen, vilken som regel utförs av räddningstjänsten på uppdrag av räddningsnämnden.

Ett delsyfte med arbetet har varit att påvisa vilken nytta en brandsyneförrättare kan ha av en väl utformad brandskyddsdokumentation för ett aktuellt objekt, samt ge förslag på hur utformningen av denna dokumentation kan se ut för samlingslokaler uppförda innan BBR-94.

Huvuddelen av arbetet har bestått i att utföra ett stort antal datorsimuleringar av brandförlopp i lokaler med olika geometri och olika öppningsareor. Resultatet av dessa simuleringar har sedan sammanställts och systematiserats för att kunna användas till att göra uppskattningar av ungefärliga tider till kritiska förhållanden i lokalen. (Definition av kritiska förhållanden, se kap 3.3). För att dessa simuleringar skall vara relevanta har, utifrån en indelning av samlingslokalbegreppet i ett antal olika klasser, förbränningsdata samlats för material som kan tänkas finnas inom respektive klass. Detta för att ha en grund att stå på vid val av effektutveckling vid simuleringarna.

En osäkerhetsanalys har genomförts, där hänsyn till osäkerheter i indata till simuleringarna tagits, för att påvisa att hjälpmedlet ovan endast kan ses som en grov första analys av ett objekt.

Arbetet har avgränsats till att endast gälla samlingslokaler som saknar aktivt brandskydd, exempelvis sprinklersystem och brandventilation. En annan avgränsning är att endast de tio första minuterna av brandförloppet har tagits i beaktande då huvudinriktningen vid brandsyneförrättning är att undersöka objektets utrymningsmöjligheter.

2. Övergripande om brandsyn, kort historik

Brandsynen är ett sätt för samhället att kontrollera att en anläggningsinnehavare/ägare upprätthåller ett skäligt skydd mot att brand uppstår och sprids och mot att människor därvid kommer till skada.

En brandsyneförrättare kommer att som första instans ensam att ta ställning i frågor som kan vara av ekonomisk och juridisk, såväl som säkerhetsmässig art. Dennes ställningstaganden kan dock komma att överklagas, vilket ytterligare höjer kraven på väl underbyggda och motiverade bedömningar.

I boken "Brandsyn - förr och nu" /7/ beskrivs hur brandsyn som företeelse växte fram i samband med att städer växte sig allt större. Detta ledde till ett utökat behov att begränsa tillbud med löskommen eld. Järnvägens utbyggnad förde med sig att det längs denna uppfördes tät bebyggelse som alltför ofta var planlös och dåligt skyddad mot brand. Den släckteknik och de resurser som på den tiden fanns för brandbekämpning räckte inte för att släcka några större bränder varför möjligheterna till snabba insatser, där elden kunde slås ned innan den hunnit växa sig för stor, var av största vikt.

Detta ledde till att det kontrollsystem som successivt växte fram var inriktat på att säkerställa tillgång till brandredskap på platser där brandtillbud kunde uppstå, en tidig form av brandsyn.

De stora konsekvenserna av brand uppkom alltså i de ständigt växande städerna, där en enda brand kunde förstöra hem och egendom för ett stort antal människor i ett slag. Detta förde med sig att kraven på en reglering av stadens bebyggelse växte allt snabbare, vilket snart resulterade i att man i de större städerna införde stadsplaner och regler för byggandet mm som ett sätt att komma till rätta med problemet.

Dagens brandsyneverksamhet regleras i Räddningstjänstlagen (1986:1102) /18/ med tillhörande förordning, samt i tillämpningsföreskrifter från SRV (Statens Räddningverk.)

Den kanske största skillnaden på brandsyneverksamheten idag, förutom kunskapsnivån förstås, och den kontroll som utfördes under senare delen av förra seklet är att den idag i betydligt högre grad inriktas på personsäkerhet.

All brandsyn lyder under den sk skälighetsprincipen, dvs nyttan av de krav som ställs måste stå i rimlig proportion till kostnaderna. Med undantag av säkerställande av utrymningsmöjligheterna från en anläggning är det mycket svårt att genom brandsyn retroaktivt ställa byggnadstekniska krav, vilket har inneburit att den traditionella brandsynen alltför ofta fått karaktären av ordningsbrandsyn. Utvecklingen av metodiken vid brandsyn har tyvärr inte följt den snabba kunskapsutvecklingen inom brandområdet. Om detta berott på resursbrist, tidsbrist eller något annat kan spekuleras länge om. Dessutom har läget förändrats i och med införandet av funktionsbaserade byggregler. Det är i dagsläget betydligt mer komplicerat att kontrollera huruvida en rimlig skyddsnivå har uppnåtts på ett objekt med tanke på de nya möjligheterna att utforma brandskyddet utan hjälp av schabloner. Det finns idag goda möjligheter att vid dimensioneringen av brandskyddet använda sig av ingenjörsmässiga bedömningar. Om en byggherre bara kan visa att objektets totala säkerhetsnivå är acceptabel kan han göra i stort sett vilka avsteg han vill från de detaljregler som gällde innan BBR-94. För att en brandsyneförrättare skall kunna bedöma om de avsteg som gjorts är försvarbara krävs det att han besitter goda kunskaper om de dimensioneringsprinciper och metoder som idag används i byggandet.

På många håll i landet verkar dock ansträngningar göras för att förbättra det förebyggande brandskyddsarbetet. Som exempel kan nämnas räddningstjänsten Linköping som med sitt koncept "fördjupad brandsyn" försöker få objektsägare/innehavare att bli mer medvetna om sitt ansvar och mer intresserade av att brandskyddet på deras anläggningar är tillfredsställande. Vid denna fördjupade brandsyn står räddningstjänsten för en grundligare riskinventering/riskanalys av anläggningen än vad som är brukligt vid traditionell brandsyn. Sedan görs tillsammans med företagsledningen och försäkringsbolaget en helhetsbedömning och gemensamt tas en åtgärdsplan fram för att komma till rätta med eventuella brister. Målsättningen är sedan att det inom företaget, med räddningstjänstens hjälp, skall byggas upp en brandskydds- och internkontrollsorganisation för att kunna bibehålla och vidareutveckla företagets fastställda säkerhetsnivå. /9/

Ett problem med den traditionella brandsynen är, som tidigare nämnts, att den i allt för hög grad inriktats på detaljer och ordningsfrågor. Detta är i och för sig viktiga saker men för att kunna säkerställa en rimlig skyddsnivå krävs det att man skaffar sig en helhetsbild över objektets risker. Ett sätt att komma närmare detta är att möjliga brand- och utrymningsscenarier börjar undersökas på objektet. För att kunna göra en grundlig genomgång av ett objekts risker krävs goda kunskaper om bl.a. brandförlopp och mänskliga reaktioner vid brand. Det kan även vara mycket tidskrävande. En målsättning med detta arbete är ta fram ett verktyg för att snabbt kunna göra en grov analys av objektet för att se om vidare utredning är nödvändig. Detta hjälpmedel redovisas i kapitel 5.

Vissa instruktioner om hur en sådan grundligare utredning skulle kunna se ut kommer också att ges i kapitel 7.

3. Generellt om scenariobeskrivningar

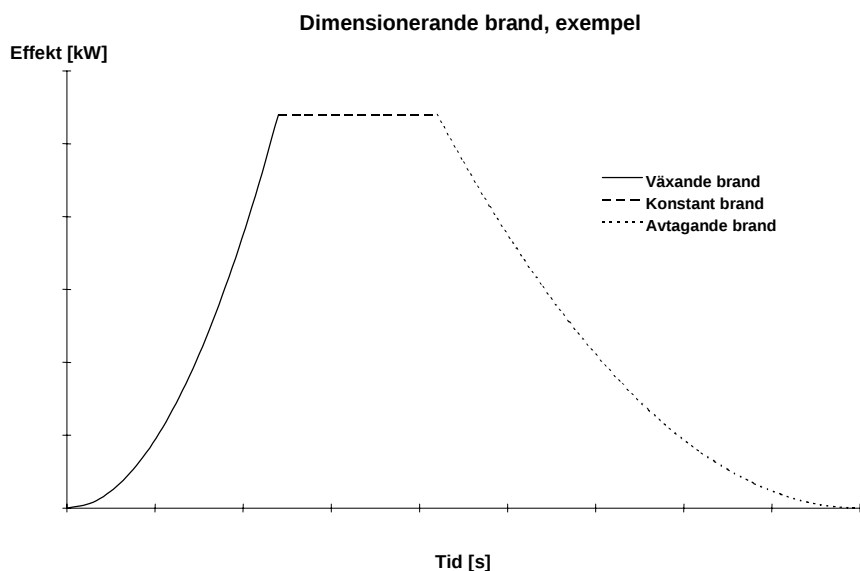
Som ett led i att förbättra beslutsunderlaget för brandsyneförättare är en målsättning med detta arbete att ta fram ett hjälpmedel för scenariobeskrivningar att användas vid brandsyn. Detta, tämligen grova, verktyg skall ses som ett första prioriteringsverktyg vars syfte är att ge en ungefärlig bild av var riskerna ligger och något om hur pass allvarliga de är. Verktöget presenteras i kapitel 5.

Vad är då viktigt att tänka på när man letar efter tänkbara brandscenarier i en byggnad? Till en början kanske brandsyneförättaren bör göra klart för sig vilken och hur stor del av ett brandförlopp som är mest väsentligt att beakta vid en brandsyn. Givetvis kan det vara av vikt att beakta hela brandförloppet, speciellt när det handlar om egendomsskydd, men eftersom det viktigaste vid en brandsyn berör personsäkerheten vid ett objekt är det tidiga brandförloppet klart mest intressant att undersöka. Denna del av brandförloppet karaktäriseras ofta av en tillväxt av brandens effektutveckling. Den hastighet med vilken brandeffekten tillväxer är en mycket viktig parameter för hur allvarligt scenariet kan bli.

Studier av det tidiga brandförloppet i en byggnad kan delas upp i två delar. En del behandlar brandens tillväxtprocess och innefattar förbränningstekniska och statistiska frågeställningar. Den andra är av mer fluid-mekanisk art, dvs här bestäms massflöde, gastemperatur, rökfylldhet av ett rum och brandgasspridning mellan rum etc.

3.1 Dimensionerande brand

Ur dimensioneringssynpunkt brukar brandförloppet delas in i tre områden; växande brand, konstant brand och avtagande brand /14/. En principskiss på det enklaste dimensioneringsfallet visas i figur 3.1. I scenariobeskrivningsverktyget i kapitel 5 tas endast den växande och konstanta delen i beaktning.



Figur 3.1 Principskiss för ett enkelt dimensioneringsfall med växande, konstant och avtagande brand.

I verkligheten följer effektutvecklingen givetvis inte en jämn kurva utan består snarare av en serie växande, konstanta och avtagande delar. Ovanstående principskiss är således endast en förenkling av verkligheten för att den ska bli möjlig att handha rent beräkningstekniskt.

Vi börjar med att koncentrera oss på brandens tillväxtfas. Dagens brandförloppsmodeller kräver av användaren en specifikation av brandens tillväxtprocess, dvs effektutvecklingen i en lokal måste specificeras som en funktion av tiden. Det gäller att hitta en **dimensionerande brandeffekt**. Orsakerna till att effektutvecklingen är så avgörande för förloppet och för hur pass allvarligt scenariet kommer att bli är flera:

- Effektutvecklingen är brandens drivande kraft

Det är rimligt att se effektutvecklingen som brandens motor. Man skulle kunna säga att effektutvecklingen i sig tenderar att skapa större effekt.

- De flesta av brandens parametrar är knutna till effektutvecklingen

Det går att se ett tydligt samband mellan produktionen av de flesta oönskade brandprodukter och effektutvecklingen. Alstring av rök, giftiga gaser, höga rumstemperaturer och andra faror som uppkommer pga branden är starkt beroende på hur brandens effektutveckling ser ut.

- Stor effektutveckling indikerar ökad fara för liv

En del av de parametrar som undersöks vid en brandriskanalys i en lokal har ingen direkt relation till fara för människoliv. Bränder med hög effektutveckling innebär däremot i sig själva stor fara. Detta beroende på att hög effektutveckling genererar höga temperaturer och stora värmeflöden, vilka kan visa sig livsfarliga för människor.

När en dimensionerande brand för det tidiga brandförloppet i en lokal skall bestämmas finns i princip två huvudvägar att gå. Den ena grundar sig på kännedom om de brännbara material som finns i lokalen, för vilka redan uppmätta förbränningsegenskaper kan utnyttjas. Det är denna metod som kommer att utnyttjas i scenariebeskrivningsverktyget i kapitel 5.

Den andra baseras på kännedom om lokalens användningsområde, där statistik om brandförlopp i olika typer av lokaler används som bas för bedömning av tillväxtprocessen. Med den förra har man dock möjlighet att vara något mer nyanserad i sitt val av dimensionerande brand.

I dagens läge finns inte någon fastställd procedur, fastställd av myndigheterna, för bestämmande av den dimensionerande brandeffekten. Därför är det av yttersta vikt att man skaffar sig erforderlig kunskap om brandkemi och brandförlopp. Detta för att ha en fast grund att stå på vid bestämmande av dimensionerande brandeffekt.

Eftersom effektutvecklingen är av sådan avgörande betydelse för hur allvarligt ett scenario skall bli, och dessutom är mycket svår att förutsäga, är det mycket viktigt att man utför en osäkerhetsanalys. I en sådan undersöker man hur osäkerheter gällande brandens effektutveckling påverkar resultatet av en analys av säkerheten på ett objekt. Hänsyn till osäkerheter i indata diskuteras i kapitel 7.

Effektutvecklingen vid en brand mäts i watt. Figur 3.2 visar typiska värden på effekten vid olika processer.

TYP AV EFFEKT	Utvecklad effekt
Glöden från en cigarett	5 W
En normal glödlampa	60 W
En människa vid normal ansträngning	100 W
Brinnande papperskorg	100 kW
1 m ² bensinpöl	1.5 MW
SJ-pallar staplade till en höjd av 3 m	15 MW
Energiförbrukning en sommardag i Helsingborg	35 MW
Kraftvärmeverket i Helsingborg (el+värme)	185 MW
En reaktor i barsebäck	550 MW

Figur 3.2 Exempel på effektutveckling /4/

3.1.1 $\alpha \cdot t^2$ branden

Som tidigare nämnts karakteriseras ofta den tidiga tillväxtfasen i ett brandförlopp av en accelererande effektutveckling. En ofta använd förenkling för att beskriva denna acceleration är att effektutvecklingen antas öka med tiden i kvadrat. Om man multiplicerar den kvadrerade tiden med en faktor α fås en möjlighet att simulera olika tillväxthastigheter och effektutvecklingen kan beskrivas som en funktion av tiden enligt:

$$Q(t) = \alpha \cdot t^2 \quad (3.1)$$

Där: $Q(t)$ = effektutveckling som en funktion av tiden [kW]

α = tillväxtkonstant [kW/s²]

t = tid [s]

Denna relation har visat sig tillämpbar på olika typer av brännbara material och lokaltyper, under förutsättning att antändning skett och branden börjat växa. I kapitel 4 om samlingslokaler finns en förteckning över exempel på brännbara material i olika typer av samlingslokaler samt några av deras förbränningsegenskaper, då bl.a. tillväxtkonstanten. Denna förteckning är avsedd att användas vid bestämning av dimensionerande brand till scenariebeskrivningsverktyget. De olika värden på tillväxtkonstanten som används där visas i Figur 3.3:

Tillväxthastighet	$\alpha[\text{kW/s}^2]$
Ultra fast	0.187
Fast	0.046
Medium	0.0117
Slow	0.0029

Figur 3.3 Olika kategorier av $\alpha\text{-}t^2$ bränder

Det är lätt att inse att en generalisering av det här slaget tenderar att bli ganska ”grov”. Givetvis är det så att det brännbara materialets geometri, mängd och placering spelar en avgörande roll i sammanhanget. Ett brandförlopp i en lokal kommer t.ex. att se väldigt varierande ut beroende på om den ursprungliga brandhärden är belägen mitt i lokalen eller i ett hörn. Med de här sakerna i åtanke bör en god insikt om hur det skulle kunna se ut i ett verkligt förlopp vara möjlig. I kapitel 7 kommer betydelsen av att utföra osäkerhetsanalyser, där man undersöker hur variationer i indata kommer att påverka resultatet av analysen, att beläggas.

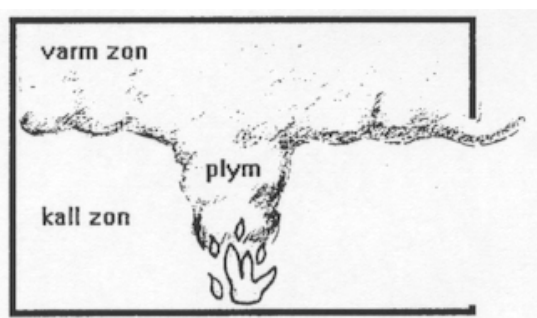
En annan viktig sak att beakta vid valet av dimensionerande brand är vilken inverkan eventuella skyddsanordningar har på förloppet. Generellt kan sägas att brandgasventilation inte antas ha någon inverkan på den dimensionerande branden även om den givetvis har stora möjligheter att påverka själva rökfyllnadsförloppet. Däremot måste utlösning av aktiva släcksystem, t.ex. spinkler antas ha inverkan även på den dimensionerande brandeffekten. Mer om detta i kapitel 7.

I scenariebeskrivningsverktyget i kapitel 5 ses detta som en avgränsning, dvs ingen hänsyn tas till aktiva släcksystem utan det är endast tillämpligt i samlingslokaler där sådana saknas.

3.2 Brandförlopp, geometriska faktorer

Den andra delen av studierna av det tidiga brandförloppet rör alltså själva rökfyllnadsförloppet och detta är starkt beroende av ett antal faktorer, såsom rummets geometri och om lokalens öppningar är öppna eller stängda.

De vanligaste kommersiellt tillgängliga programmen för rökfyllnadsberäkningar bygger på den så kallade ”två-zons modellen”, vilken kan ses som en förenkling där rummets luftmassor skiktas i två lager. För dessa löses ekvationerna för massa och energi för varje tidssteg. Det undre, kalla lagret och det övre varma blandas inte med varandra och respektive lager antas ha samma temperatur överallt. I bilaga G presenteras CFAST, vilket är det rökfyllnadsprogram som använts i detta arbete.



Figur 3.4 Två-zonsmodellen /17/

Dessa modeller har dock ett begränsat användningsområde. Nedan följer ett antal exempel på de mest uppenbara bristerna. Dessa är mycket viktiga att ha i åtanke vid användandet av scenariebeskrivningsverktyget då detta är uppbyggt med tvåzonsmodellen som grund:

-En mycket svag brand i ett stort utrymme kommer inte nödvändigtvis att resultera i en tvåzonsbildning. En svag plym i ett stort utrymme kan leda till att brandgaserna samlas i mitten av rummet och inte under taket. En två-zons modell skickar brandgaserna hela vägen upp till taket och antar att dessa omedelbart sprider sig över hela ytan.

-På samma sätt kommer inte en stor brand i ett litet utrymme att leda till tvåzonsbildning. Brandplymens hastighet leder till turbulens och en enda "blandad" zon uppstår. En mycket stor brand i en lokal med relativt liten takhöjd kan resultera i att flammen når taket och breder ut sig under detta. Ett sådant scenario innebär att plymmodellen inte längre gäller.

-Det kan vara svårt att modellera bränder i lokaler som har mycket stor golvarea i relation till takhöjden. Tvåzonsmodellen antar att brandgaserna sprids momentant under hela takytan och kyls därför av på grund av kontakt med en stor, kall yta. I verkligheten samlas gaserna i en relativt tjock "kudde" under en del av taket och breder så sakta ut sig under taket.

-I de fall lokalen är mycket hög med relativt liten golvarea kan plymen ibland inte driva brandgaserna hela vägen upp till taket eftersom gasflödet i plymen kyls av med höjden. Detta kan leda till rökfyllnad som börjar på relativt låg höjd.

-I ovan nämnda typ av lokal kan också brandplymens radie bli så stor att den på en viss höjd kommer i kontakt med rummets väggar. Därmed är plymmodellens antagande, om ett massflöde in i plymen från sidorna, ogiltigt och modellen kan inte antas ge riktiga resultat. Det faktum att modellerna har ovanstående begränsningar medför att för varje scenario måste ett flertal jämförande beräkningar utföras och att resultaten måste utvärderas kritiskt.

Studierna av hur geometriska faktorer påverkar ett brand- och rökfyllnadsförlopp kan i princip delas in i tre delar:

3.2.1 Hur stor del av byggnaden skall ingå i analysen?

Det, ur denna aspekten, kanske första man måste göra är att bestämma sig för hur stor del av byggnaden som ska ingå i analysen. Denna fråga är av yttersta vikt och för att göra en fullständig analys av ett stort objekt med många rum och komplicerade geometrier krävs mycket goda kunskaper om brandkemi och brandförlopp. Scenariebeskrivningsverktyget i kapitel 5 behandlar endast det primära brandrummet t.ex. själva biosalongen i en biograf. Detta är tillräckligt för en första analys men om resultatet visar att det kan finnas problem i en lokal bör en mera ingående utredning i syfte att skaffa sig en helhetssyn över objektets risker göras. Vissa direktiv hur en sådan analys skulle kunna se ut ges i kap 7.

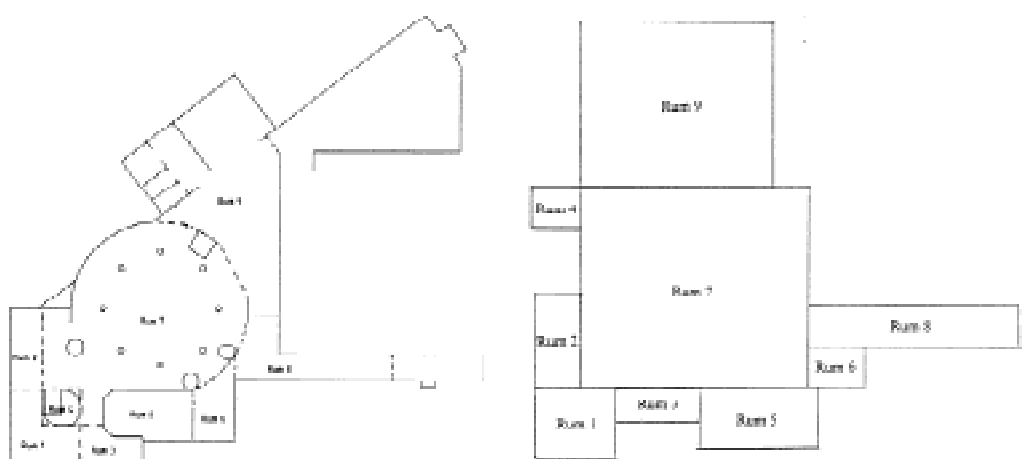
3.2.2 Hur skall denna del av byggnadens geometri förenklas?

För att kunna göra beräkningar på rökfyllnad och rökgestemperaturer samt använda dagens datormodeller för samma ändamål måste alltför komplicerade geometrier förenklas för att passa in i dessa. Variationen på byggnaders utförande är mycket stor varför olika grad av förenkling måste ske från fall till fall. Det finns ett antal regler för hur dessa förenklingar skall se ut:

- Dagens modeller kan endast behandla rektangulära rum. Lokaler med icke-rektangulära former måste därför förenklas till rektangulära. Viktigt att tänka på i sådana situationer är att låta golvarean och volymen överensstämma med den aktuella lokalens.

- Stora rum med varierande takhöjd måste förenklas så att hela rummet får samma takhöjd. Även här är det viktigt att låta golvarean och volymen överensstämma med den aktuella lokalens. Ett alternativt förfarande är att dela upp det stora rummet i ett antal mindre med olika takhöjd.

I figur 3.4 nedan visas ett exempel från BTR (Brandteknisk RiskVärdering)- rapporten: "Safari - Kök, Bar, Show Linköping" /6/ hur rumsindelningen gjorts för att passa rökfyllnadsmodellerna som användes vid beräkningarna.



Figur 3.5 Exempel på förenkling av rumsgeometri i HAZARD /6/

3.2.3 Vilka öppningar är stängda / öppna?

Öppningars beskaffenhet kommer att ha betydelse för brandförloppet, dels i fråga om syretillgång till brandhärden och dels när det gäller utventilering av rökgas. I scenariebeskrivningsverktyget i kapitel 5 ges ett antal öppningsareor från brandrummet, och det är upp till användaren att bestämma vilket som är rimligast från fall till fall.

3.3 Definition av kritiska förhållanden

Det man oftast är intresserad av när det gäller personsäkerheten vid brand är tiden till kritiska förhållanden i den aktuella lokalen. Dessa kritiska förhållanden definieras som råd i BBR-94 (5:361) enligt nedan:

- **Brandgasskiktets höjd**

Personer skall kunna orientera sig under hela utrymningsförloppet. Som minimum krävs att personer under utrymning inte störs av brandgasskiktet. I BBR ges därför rådet att brandgasskiktet bör ligga lägst på höjden $1.6 + 0.1 \cdot h$ meter från den nivå där människor kan tänkas stå, där h är rumshöjden. T.ex. om takhöjden i ett rum är 3 m blir den kritiska höjden för brandgasskiktet $= 1.6 + 0.1 \cdot 3 \text{ m} = 1.9 \text{ m}$.

- **Värmestrålning**

Personer under evakuering bör maximalt utsättas för:

- En kortvarig strålningsintensitet på 10 kW/m^2

- En sammanlagd strålningsenergi på 60 kJ/m^2 utöver energin från en strålning på 1 kW/m^2 .

Dessa kriterier brukar kunna förenklas till att motsvara en temperatur på $180 \text{ }^\circ\text{C}$ i rökgaslagret.

- **Temperatur**

Enligt BBR bör personer under utrymning maximalt utsättas för en temperatur på $80 \text{ }^\circ\text{C}$ i vistelsezonen. Denna temperatur kan beräknas med hjälp av handräknings- och brandförloppsmodeller.

Den tid det tar att uppnå dessa kritiska förhållanden kan sedan jämföras med den tid det tar att utrymma byggnaden. För att ett tillfredsställande resultat skall nås gäller således att:

$$t_u < t_{\text{krit}}$$

Där t_u är tid för utrymning och t_{krit} är tiden till kritiska förhållanden uppstår. Tid för utrymning kan beräknas enligt de metoder som beskrivs i kap 6.

Ovan nämnda kriterier för kritiska förhållanden är ej de enda existerande. I vissa andra arbeten beaktas även siktbarheten och mängden giftiga gaser (men dessa kriterier sammanfaller oftast med kriteriet för rökgaslagrets höjd).

4. Allmänt om samlingslokaler

Enligt BBR-94, 5:241, är definitionen på samlingslokal följande:

”Med samlingslokal avses varje lokal eller grupp av lokaler inom en brandcell, där ett större antal personer med mindre god lokalkännedom kan uppehålla sig.”

Som råd ges att en samlingslokal förutsätts rymma fler än 150 personer och används t.ex. som hörsal, biograflokal, kyrka, restaurang, sporthall eller för teater, konserter, dans, studier, fritidsverksamhet eller som varuhus eller annan detaljhandelsanläggning. (Se bilaga E)

Om man tar fasta på det faktum att samlingslokaler är avsedda för ett stort antal personer, vilkas kännedom om utrymningsvägar o.dyl. kan förväntas vara dåliga, inses lätt problematiken vad gäller utrymningsdimensionering och utrymningssäkerhet. I många samlingslokaler kan dessutom brandbelastningen vara mycket hög vilket kan leda till hastiga och kraftiga brandförlopp som givetvis försvårar ytterligare.

Det ligger ju i sakens natur att om många människor samlas i en lokal så kan, vid händelse av brand, konsekvenserna bli mycket stora. Detta har medfört att det enligt räddningstjänstförordningen (1986:1107) skall utföras regelbunden brandsyn i varuhus, restauranger, teatrar, biografier och andra samlingslokaler, om de är avsedda för mer än 50 personer. Det är tydligt att definitionen på samlingslokal skiljer sig något mellan olika föreskrifter. BBR-94 talar om 150 personer medan räddningstjänstförordningen nämner 50 personer, men syftet i båda fallen är ju detsamma: Att öka säkerheten i allmänna lokaler.

Den idag klart dominerande parametern vid utrymningsdimensionering för samlingslokaler är antalet personer som får vistas i lokalen. Detta kriterium uppfattas dock, med all rätt, som ganska missvisande i många situationer. Det saknar ju t.ex. all relevans att jämföra en danslokal med en kyrka ur utrymningssynpunkt. I ett förarbete om samlingslokaler diskuteras som komplettering till personantalskriteriet t.ex. personinnehållet i en lokal dvs om det är pensionärer, ungdomar, sportpublik etc som förväntas behöva utrymma. Här tas även upp bl.a. dimensionering efter vad lokalen skall användas till samt inverkan av hur mycket och vilken typ av brännbart material som finns i lokalen.

För att få en bättre överblick av specifika risker i olika typer av samlingslokaler kommer här att användas den indelning som redovisats i ovan nämnda förstudie. Denna indelning ser ut som följer,

- Klass I Diskotek, danslokaler, restauranger
- Klass II Varuhus
- Klass III Teater, konsertlokal, biograf
- Klass IV Sporthall, idrottsarena
- Klass V Hörsalar, aulor, konferenslokaler, bibliotek
- Klass VI Kyrkor, religiösa samlingslokaler

I avsnitt 4.2 redovisas speciella förhållanden och exempel på brännbara material för respektive klass.

4.1 Brandorsaker och antändningskällor

Den kanske första frågan som bör ställas när det är dags att försöka hitta tänkbara brandscenarier i en lokal är vad för slags potentiella antändningskällor som finns där. Sannolikheten för brands uppkomst är givetvis av största betydelse när säkerhetsnivån på ett objekt skall bedömas. Förutom att använda sunt förnuft och fantasi har man ett kraftfullt hjälpmedel i att titta på vad som skett vid tidigare bränder.

Det hade givetvis varit önskvärt att för varje kategori av samlingslokal hitta de vanligast förekommande brandorsakerna samt deras frekvenser. Tyvärr är statistikläget idag sådant att det är omöjligt att säga med hur stor sannolikhet en preliminär antändningskälla skulle komma att orsaka en brand inom en viss tidsrymd utan att göra vissa, ibland grova, antaganden. Därför har här valts att endast redovisa hur stor andel av förekommande bränder som orsakas av en specifik företeelse eller typ av utrustning. Detta bör dock vara tillräckligt för att göra sig en uppfattning om var de stora farorna ligger.

Uppgifterna baseras på amerikansk insatsstatistik /10/ eftersom deras statistikunderlag av naturliga skäl är större än det svenska och uppgifterna vid en jämförelse överensstämmer i alla väsentliga delar.

Figur 4.1 visar en sammanställning av NFIRS, National estimates - Report 25 /10/, vilken redovisar en summering av brandorsaker för olika byggnadsbränder gällande allmänna platser och handel. Varje brandorsaks procentuella andel anges för respektive kategori. Endast en del av de kategorier som redovisas i rapporten visas här.

Orsak	Allmän samlingsal	Restauranger, caféer osv.	Varuhus, kontor	Totalt antal bränder, alla kategorier
Anlagd brand, misstänkt	26,3%	9,0%	16,4%	20,3%
Barns lek med eld	1,4%	0,1%	0,6%	0,9%
Rökning	4,9%	4,7%	5,3%	5,2%
Uppvärmning	9,1%	7,1%	7,8%	7,1%
Matlagning	7,5%	38,5%	5,6%	13,9%
Eldistribution	13,2%	11,6%	17,4%	13,0%
Anordningar, apparater	6,3%	5,5%	10,0%	9,4%
Öppen låga, glöd, fackla	6,1%	3,0%	6,5%	5,3%
Annan värmekälla, gnista	1,4%	0,9%	1,2%	1,1%
Annan utrustning	2,8%	1,3%	5,2%	4,0%
Naturliga orsaker	3,2%	1,5%	1,9%	1,8%
Exponering för annan brand	3,3%	1,7%	5,9%	3,4%
Okänd orsak	17,3%	15,0%	16,3%	14,7%
Brännbar vätska	1,2%	1,0%	1,3%	1,0%
Gas	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Totalt	100 % (2 571 st)	100 % (4 990 st)	100 % (10 881 st)	100 % (26 453 st)

Figur 4.1 Brandorsaker för olika verksamhetskategorier, USA 1995

I bilaga A redovisas en sammanställning av den amerikanska insatsstatistiken 1995 vad gäller:

- bränder fördelade på olika verksamhetsområden
- typ av utrustning som varit inblandad i antändningen
- typ av material som antänts först
- typ av utrymme där branden startat
- typ av värmekälla som varit inblandad i antändningen
- det antända materialets form
- orsak till antändning

4.2 Indelning av samlingslokalsbegreppet

I detta avsnitt kommer begreppet samlingslokal att delas in i ett antal klasser och för var och en av klasserna kommer speciella förutsättningar ur utrymningssynpunkt, samt exempel på brännbara material och dess egenskaper att redovisas. Syftet med denna indelning är att nyansera samlingslokalbegreppet och få en överblick om var riskerna ligger.

4.2.1 Klass I: Diskotek, danslokaler, restauranger

Det är inom denna kategori som de sammantaget största riskerna ligger. Detta beror på ett antal olika faktorer. Miljön i denna typ av lokaler är avsedd att skapa en viss stämning och är ofta mycket ogynnsam ur utrymningssynpunkt. Dämpad belysning, hög ljudnivå och hög persontäthet är faktorer som alla medverkar till långsammare utrymning till exempel p.g.a. fördröjd upptäckt av branden och allmän trängsel.

Till detta måste läggas att personer i denna typ av lokaler inte sällan är påverkade av alkohol vilket ytterligare försämrar utrymningssituationen.

Det är inte heller ovanligt att lokaler av denna typ är belägna under markplanet vilket är en klar försämring av utrymningsmöjligheterna.

Människors agerande i det tidiga skedet av en brand är extremt svårt att förutsäga, eftersom de varierar mycket. En del försöker undersöka vad som är fel, andra larmar tidigt omgivningen och räddningstjänsten medan ytterligare några avvaktar mer information och andra människors initiativ.

En viktig detalj som verkar vara generell är att människor i grupp tenderar att bli avvaktande, kanske av rädsla för att tappa ansiktet om det inte föreligger någon fara, vilket får till följd att utrymningen fördröjs. I sådana situationer är det oerhört viktigt att personalen är väl utbildad och instruerad så att de snabbt kan initiera utrymningen och därefter leda den. Detta gäller i de flesta typer av samlingslokaler men problemen verkar vara störst inom denna kategori då det är vanligt att dessa lokaler ofta byter ägare samt har hög personalgenomströmning.

Stadigvarande ägare och personal är en förutsättning för att en släck- och utrymningsorganisation skall fungera tillfredsställande.

En annan nackdel i lokaler av denna typ är att larmsignaler kan vara svåra att uppfatta eller tyda. Ett lämpligt sätt att lösa detta kan vara att se till att eventuell musik tystnar och ett talat utrymningsmeddelande spelas upp i högtalarna.

Det har visat sig att utrymnande personer har stor benägenhet att vilja gå ut samma väg de kom in eller, om miljön är bekant, en väg som de använder i normala situationer, vilket är värdefull information för den som skall dimensionera utrymningsvägar. Man bör i möjligaste mån undvika att anlägga utrymningsvägar som kommer att vara stängda för normalt bruk.

Brandbelastningen i restauranger, diskotek o.dyl. varierar något men på många ställen förekommer väggbeklädnader och inredning som kan ge upphov till snabba brandförlopp och höga effektutvecklingar.

I figur 4.2 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass I -lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Grunderindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt. ex (kW)	Tillväxthastighet (S,M,F,UF)
Klass I (Diskotek, danslokaler, restauranger)	Träpanel, plywood, väggar	15-20 (Trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) ¹ 1000 / m bredd, (480 cm höjd) ¹	F
	Träpanel, tak, golv	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹	M, F
	Träinredning, stolar bord osv.	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹ 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) ¹ 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd) ¹	M, F
	Möbler stoppade med PUR-skum.	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Acryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyg) ² 1500 (Soffa, acryltyg, 8.80 kg) ² 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg) ²	M, F
	Tyginredning, gardiner, dukar osv.	15-20 (Bomull) 22-30 (Polyester) 14-20 (Rayon) 30 (Acryl)	190 (Gardin, bomull, 2*(2.13*1.25m ²) ² 240 (Gardin, rayon/bomull, 2*(2.13*1.25m ²) ² 270 (Gardin, bomull/polyester, 2*(2.13*1.25m ²) ² 230 (Gardin, acryl, 2*(2.13*1.25m ²) ²	F, UF
	Sopsäckar, papperskorgar.	15-20 (Papper) 46 (Polyetylen)	50 (PE-papperskorg, 12 mjölkpaket) ² 300 (Två sopsäckar, 2.34 kg papper) ²	F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl) 22-30 (Polyester) 30-32 (Nylon)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) ³ 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl) ⁴	M, F

Figur 4.2 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass I

¹ Ondrus J., Brandfölopp. LTH - Brandteknik 1990

² Särdaqvist S., Initial fires. LTH - Brandteknik 1993 (Maxeffekten varade endast en kort tid.)

³ Andersson B, mfl, Brandteknisk utvärdering av Norreportskolan Ystad. 1994

⁴ Ahlström A, mfl, Brandteknisk utvärdering av Domus Lund. 1992

4.2.2 Klass II: Varuhus

Inom denna kategori uppkommer riskerna på lite andra grunder än den föregående. Här ligger problemen inte i mörka och bullriga miljöer eller alkoholpåverkade personer, utan mer i det faktum att brandbelastningen i varuhus tenderar att vara mycket hög.

Det är även vanligt med varor o.dyl. vars förbränningsegenskaper och förvaringssätt kan ge upphov till mycket snabba brandförlopp. (Se figur 4.3)

Ur utrymningssynpunkt är det normalt gynnsammare förhållanden i ett varuhus än t.ex. på ett diskotek. Även här är det givetvis av största vikt att personer som befinner sig i lokalen blir varse att någonting har hänt och att utrymning skall ske. Detta sker lämpligast genom ett talat meddelande via högtalarsystemet.

Det är av stor betydelse hur omgivningen kring varuhuset ser ut. Ett varuhus i markplanet med utgångar ut i det fria är förstås gynnsammare än om det är beläget inne i ett stort affärskomplex. I det senare fallet är det viktigt att skaffa sig en bild över hela anläggningens utrymningsmöjligheter och potentiella brandscenarier.

I figur 4.3 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass II-lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Grunderindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S.M.F.UF)
Klass II (Varuhus)	• Brännbara vätskor:			
	-tändvätska	27 (Etanol)	400 / m ² golvyta (Etanol) ¹	UF
	-Motorolja	40 (Fuel oil, heavy)	1000 / m ² golvyta (Fuel oil) ¹	UF
	-Lacknafta (aromatiska kolväten)	40 (Bensen)	2220 / m ² golvyta (Bensen) ¹	UF
	• Kundkorgar/läskbackar i plast	46 (Polyetylen)	8510 / m ² golvyta (PE postbackar, fyllda, höjd 1.50 m) ²	F
	• Kläder på galgar	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl) 22-30 (Polyester)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) ³ 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl) ⁴	M, F M, F
	• Plasttallrikar / muggar o.dyl.	41-43 (Polystyren) 43 (Polypropylen)	5400 - 8200 / m ² golvyta (Polystyrentallrikar i kartong, staplade 4.3m) ¹ 4400 - 9600 / m ² golvyta (Polypropylentallrikar i kartong, staplade 4.6 m) ¹	F F, UF
	• Kontorsmaterial	46 (Polyetylen)	8500 / m ² golvyta (Brevkorgar, staplade 1.5m) ¹	M, F
	• Lagring av lastpallar	15-20 (Trä)	1420 / m ² golvyta, (höjd 45 cm) ² 5220 / m ² golvyta, (höjd 150 cm) ² 10670 / m ² golvyta, (höjd 300 cm) ² 17020 / m ² golvyta, (höjd 480 cm) ²	F F F F
	• Lagring av kartong o.dyl.	15-20 (Papper)	1700 / m ² golvyta, (höjd 450 cm) ²	F

Figur 4.3 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass II

¹ SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. NFPA 1995

² Ondrus J., Brandfölopp. LTH - Brandteknik 1990

³ Andersson B, mfl, Brandteknisk utvärdering av Norreportskolan Ystad. 1994

⁴ Ahlström A, mfl, Brandteknisk utvärdering av Domus Lund. 1992

4.2.3 Klass III: Teater, konsertlokal, biograf

Denna klass kategoriseras av att man till allra största delen har att göra med sittande publik. Detta innebär bl.a. ur brand- och utrymningssynpunkt att sittplatserna i sig kan utgöra en hög brandbelastning samt att evakueringen kan försvåras p.g.a. dessa.

Ur utrymningssynpunkt kan i övrigt sägas att det ofta rör sig om nedsläckta och ibland ljudstarka lokaler varför det även här är viktigt att det finns en fastlagd organisation för hur utrymning skall initieras och ledas. Det är mycket viktigt att den pågående aktiviteten avbryts när det är dags att inleda utrymningen. Skulle t.ex. alla på en biograf resa sig och gå ut vid ett utrymningslarm om inte filmen stannade? På större biografkomplex kan det ibland vara så att flera salonger mynnar ut i samma utrymningsväg varför det är viktigt att kontrollera att utrymningsvägarna är dimensionerade för en fullständig utrymning ur samtliga salonger.

I vissa sammanhang kan det i konsertlokaler vara extremt hög persontäthet, då med stående publik, och förhållandevis stökig miljö. I dessa lägen är det extra viktigt med en väl fungerande utrymningsorganisation, något som kan vara svårt att upprätthålla då det sällan är samma personal som arbetar vid alla tillfällen.

På fasta teatrar utgör scen, loger och verkstäder den största brandrisken. Brandbelastningen är ofta hög med dekor, kostymer, ridåer o.dyl. som inte alltid är brandskyddsimpregnerade och som kan ge upphov till mycket snabba brandförlopp.

I figur 4.4 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass III-lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_C (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S,M,F,UF)
Klass III (Teater, konsertlokal, biograf)	Träpanel, väggar	15-20 (Trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) ¹ 1000 / m bredd, (480 cm höjd) ¹	F
	Träpanel, golv, tak	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹	M, F
	Träinredning, stolar osv	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹ 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) ¹ 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd) ¹	M, F
	Stoppade möbler	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Acryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyg) ² 1500 (Soffa, acryltyg, 8.80 kg) ² 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg) ²	M, F
	Tyginredning, ridå etc	15-20 (Bomull) 22-30 (Polyester) 14-20 (Rayon) 30 (Acryl)	190 (Gardin, bomull, 2*(2.13*1.25m) ²) ² 240 (Gardin, rayon/bomull, 2*(2.13*1.25m) ²) ² 270 (Gardin, bomull/polyester, 2*(2.13*1.25m) ²) ² 230 (Gardin, acryl, 2*(2.13*1.25 m) ²) ²	F, UF
	Papperskorgar etc	15-20 (Papper) 46 (Polyetylen)	50 (PE-papperskorg, 12 mjölkpaket) ²	F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) ³ 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl) ⁴	M, F
	Dekor	15-20 (Trä) 40 (Cellplast, polystyren)	3500 (PS chips i kartong, 0.45*0.55*0.37m ³ , 12 kartonger ordnade 2*2*3) ⁵	UF
	Lösningsmedel (Ateljé / verkstad)	40 (Lacknafta)	2220 / m ² golvyta (Bensen) ⁵	UF

Figur 4.4 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass III

¹ Ondrus J., Brandfölopp. LTH - Brandteknik 1990

² Särdaqvist S., Initial fires. LTH - Brandteknik 1993 (Maxeffekten varade endast en kort tid.)

³ Andersson B, mfl, Brandteknisk utvärdering av Norreportskolan Ystad. 1994

⁴ Ahlström A, mfl, Brandteknisk utvärdering av Domus Lund. 1992

⁵ SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. NFPA 1995

4.2.4 Klass IV: Sporthall, idrottsarena

De stora personskadorna inom denna kategori har inte varit brandrelaterade utan snarare orsakats av t.ex. att läktare rasat samman eller bråk uppstått mellan supportrar. Eftersom det ofta rör sig om relativt stora rumsvolymer kommer det i de flesta lägen att ta lång tid att få kritiska förhållanden i lokalen. Många anläggningar av denna typ är också relativt ”kala” ur brandbelastningssynpunkt.

Ett problem ur utrymningssynpunkt är att det i anläggningar av den här typen ofta rör sig om ett väldigt högt personantal. En på förhand upptrissad stämning i kombination med hög persontäthet skulle kunna leda till panik om fara uppstod och delar av publiken börjar känna att det kan bli problem att ta sig ut i tid. Å andra sidan kan det vara en fördel att ha hela planen att tillgå i en utrymningssituation.

I figur 4.5 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass IV-lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S.M.F.UF)
Klass IV (Sporthall, idrottsarena)	Läktare / sittplatser av trä	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹ 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) ¹ 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd) ¹	M, F
	Läktare / sittplatser av plast	46 (Polypropen)	750 (fem stolar i en rad) ²	M
	Papperskorgar	15-20 (Papper) 46 (Polyetylen)	50 (PE-papperskorg, 12 mjölkpaket) ²	F
	Tyginredning	15-20 (Bomull) 22-30 (Polyester) 14-20 (Rayon) 30 (Acryl)	190 (Gardin, bomull, 2*(2.13*1.25m ²) ² 240 (Gardin, rayon/bomull, 2*(2.13*1.25m ²) ² 270 (Gardin, bomull/polyester, 2*(2.13*1.25m ²) ² 230 (Gardin, acryl, 2*(2.13*1.25 m ²) ²	F,UF

Figur 4.5 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass IV

¹ Ondrus J., Brandföllopp. LTH - Brandteknik 1990

² Särndqvist S., Initial fires. LTH - Brandteknik 1993 (Maxeffekten varade endast en kort tid.)

4.2.5 Klass V: Hörsalar, aulor, konferenslokaler, bibliotek

Den största anledningen till att denna kategori hamnar så långt ner på skalan är att det, vid normal användning, rör sig om miljöer som är att betrakta som någorlunda gynnsamma ur utrymningssynpunkt. Lugn miljö, bra belysning, förhållandevis låg brandbelastning (undantaget bibliotek) och förhoppningsvis hög vakenhetsgrad är faktorer som medverkar till att en eventuell brand har goda möjligheter att upptäckas i tid och att utrymning hinner ske innan kritiska förhållanden uppstått.

Det finns givetvis undantag och i de flesta fall är nog bibliotek att betrakta som svårast inom kategorin. Orsakerna är flera:

-Bibliotek är den lokaltyp inom klassen som har högst brandbelastning vilken kan ge upphov till riktigt kraftiga brandförlopp. Detta bevisades inte minst vid biblioteksbranden i Linköping (1996), där byggnaden brann ner till grunden under ett mycket häftigt brandförlopp. Den största boven i det dramat verkar dock ha varit en slags vertikalställd träpanel i undertaket. Inga människor kom till skada vid händelsen.

-Medan de övriga lokaltyperna inom klassen kategoriseras av att vara en enda, förhållandevis lättöverskådlig lokal, är bibliotekslokalen ofta betydligt mer svåröverskådlig med gångar och bokrader löpande genom lokalen. Detta ställer givetvis högre krav på fungerande utrymningslarm och väl markerade utrymningsvägar.

Som i de flesta lägen gäller även här att om man har att göra med ett större komplex av lokaler är det av stor vikt att man skaffar sig en uppfattning om hur potentiella brand- och utrymningsscenarier för hela objektet skulle kunna gestalta sig.

I figur 4.6 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass V-lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S.M.F.UF)
Klass V (Hörsalar, aulor, konferenslokaler, bibliotek)	Träinredning	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹ 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) ¹ 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd) ¹	M, F
	Stoppad inredning	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Acryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyg) ² 1500 (Soffa, acryltyg, 8.80 kg) ² 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg) ²	M, F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) ³ 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl) ⁴	M, F
	Böcker i hyllor	15-20 (Papper, trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) ¹ 1000 / m bredd, (480 cm höjd) ¹	F

Figur4.6 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass V

¹ Ondrus J., Brandfölopp. LTH - Brandteknik 1990

² Särqvist S., Initial fires. LTH - Brandteknik 1993 (Maxeffekten varade endast en kort tid.)

³ Andersson B, mfl, Brandteknisk utvärdering av Norrreportskolan Ystad. 1994

⁴ Ahlström A, mfl, Brandteknisk utvärdering av Domus Lund. 1992

4.2.6 Klass VI: Kyrkor, religiösa samlingslokaler

Denna kategori har hamnat lägst på listan på samma grund som föregående. Den ofta låga brandbelastningen, i kombination med en i de flesta lägen ur utrymningssynpunkt gynnsam miljö, leder till att det sällan är några problem i denna typen av lokaler.

Skall någon distinktion göras kan sägas att traditionella stenkyrkor är gynnsammast med förhållandevis stora rumsvolymer och låg brandbelastning, medan modernare kyrkor ofta kan ha högre brandbelastning och mindre rumsvolymer.

Ur utrymningssynpunkt kan sägas att många kyrkor har en förhållandevis stor andel äldre besökare som ibland kan ha svårt att förflytta sig snabbt, vilket leder till försvårad utrymning. Ur brandorsakssynpunkt kan sägas att av USA:s ca 1600 kyrkbränder 1990-1994 var 26.3% anlagda. I Sverige har vi lyckligtvis ej haft tillräckligt många bränder för att det skall vara möjligt att bilda sig en uppfattning om andelen anlagda.

I figur 4.7 visas exempel på brännbara material, samt dess förbränningsegenskaper, som kan förekomma i klass VI-lokaler. Denna tabell kan användas som understöd vid uppskattning av effektutveckling i scenariebeskrivningsverktyget som beskrivs i kapitel 5.

Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S,M,F,UF)
Klass VI (Kyrkor, religiösa samlingslokaler)	Träpanel, plywood, väggar	15-20 (Trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) ¹ 1000 / m bredd, (480 cm höjd) ¹	F
	Träpanel, tak, golv	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹	M, F
	Träinredning	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan ¹ 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) ¹ 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd) ¹	M, F
	Stoppad inredning	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Acryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyng) ² 1500 (Soffa, acryltyg, 8.80 kg) ² 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg) ²	M, F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) ³ 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl) ⁴	M, F

Figur 4.7 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass VI

¹ Ondrus J., Brandfölopp. LTH - Brandteknik 1990

² Särqvist S., Initial fires. LTH - Brandteknik 1993 (Maxeffekten varade endast en kort tid.)

³ Andersson B, mfl, Brandteknisk utvärdering av Norreportskolan Ystad. 1994

⁴ Ahlström A, mfl, Brandteknisk utvärdering av Domus Lund. 1992

Slutligen påpekas återigen att de angivna värmeeffekterna ovan endast är exempel och måste ses som fingervisningar och ej absoluta sanningar.

5 Scenariobeskrivningsverktyg

Det största syftet med detta arbete har varit att ta fram ett hjälpmedel för att vid brandsyn enkelt kunna göra grova bedömningar av hur snabbt en lokal rökfylls och vilka temperaturer som kommer att råda.

Detta för att för att förbättra underlaget för kvalificerade skälighetsbedömningar vid brandsyneförrättning, eller enklare uttryckt ha en fastare grund att stå på när man bedömer brandskyddet på ett objekt.

En huvudinriktning vid framtagandet av detta verktyg har varit att det skall vara snabbt och lätt att använda, vilket har lett till att ett antal mer eller mindre grova generaliseringar varit nödvändiga. Dessa generaliseringar kommer att belysas vartefter de dyker upp i beskrivningen av verktyget.

5.1 Verktygets uppbyggnad

5.1.1 Antändningskällor

En mycket viktig fråga som måste ställas vid bedömning av brandsäkerheten på ett objekt är vilken typ av möjliga antändningskällor som finns och hur troligt det är att dessa skall kunna ge upphov till en brand. Givetvis hade det varit mycket önskvärt att det till varje tänkbar antändningskälla kunde kopplas en sannolikhet, t.ex. hur stor sannolikheten är att en viss sorts gasspis ger upphov till en brand under ett år. Tyvärr är statistikläget idag sådant att detta är omöjligt utan att göra en hel del mycket grova antaganden. Därför har i detta arbete i stället valts att endast redovisa hur olika antändningskällor fördelas procentuellt mellan det totala antalet bränder t.ex. enligt fig 5.1 nedan. Uppgifterna baseras på amerikansk insatsstatistik under 1995 /10/ och kan användas för att få en bild av vilka antändningskällor man bör beakta under sin utredning.

Orsak	Totalt antal bränder, alla kategorier
Anlagd brand, misstänkt	20,3%
Barns lek med eld	0,9%
Rökning	5,2%
Uppvärmning	7,1%
Matlagning	13,9%
Eldistribution	13,0%
Anordningar, apparater	9,4%
Öppen låga, glöd, fackla	5,3%
Annan värmekälla, gnista	1,1%
Annan utrustning	4,0%
Naturliga orsaker	1,8%
Exponering för annan brand	3,4%
Okänd orsak	14,7%
Brännbar vätska	1,0%
Gas	0,1%
Totalt	100%
	(26 453 st)

Fig 5.1 Brandorsaker för byggnadsbränder i USA 1995 /10/

I bilaga A Redovisas bl.a. en betydligt utförligare och mera nyanserad sammanställning av den amerikanska insatsstatistiken 1995 vad gäller:

- bränder fördelade på olika verksamhetsområden
- typ av utrustning som varit inblandad i antändningen
- typ av material som antänts först
- typ av utrymme där branden startat
- typ av värmekälla som varit inblandad i antändningen
- det antända materialets form
- orsak till antändning

Genom att studera denna statistik ges en möjlighet att bilda sig en uppfattning om var de stora problemen har legat vid tidigare bränder och på så sätt få en god fingervisning om vad som kan vara värt att notera i sin brandsyn i detta avseende.

5.1.2 Effektutvecklingar

Till scenariobeskrivningsverktyget finns det åtta olika effektutvecklingsförlopp vilka alla är uppbyggda enligt samma princip. Effektutvecklingen accelererar till en början för att sedan plana ut och bli konstant under resten av förloppet som totalt varar tio minuter.

Tillväxtfasen är en α^2 -brand, vilken diskuteras närmare i kapitel 3. Tre olika tillväxthastigheter används:

- Medium (m), med α -värdet 0.01172
- Fast (f), med α -värdet 0.0469
- Ultrafast (uf), med α -värdet 0.1876

De åtta effektutvecklingarna är:

- A: Medium till 1.5 MW, sedan konstant
- B: Medium till 3 MW, sedan konstant
- C: Fast till 1.5 MW, sedan konstant
- D: Fast till 3 MW, sedan konstant
- E: Fast till 6 MW, sedan konstant
- F: Fast till 10 MW, sedan konstant
- G: Ultrafast till 3 MW, sedan konstant
- H: Ultrafast till 6 MW, sedan konstant

Givetvis är det så att detta sätt att beskriva brandens utveckling blir tämligen grovt. I verkligheten skulle effektutvecklingskurvan bestå av en oändlig mängd av små toppar och dalar och förmodligen aldrig ligga helt konstant men med vetskap om detta går det ändå att bilda sig en ungefärlig uppfattning om hur det skulle kunna se ut. I kapitel 7 redovisas en analys av hur osäkerheterna när det gäller att bestämma effektutvecklingen påverkar resultatet, dvs tiden till kritiska förhållanden i lokalen. Eftersom man vid användandet av detta verktyg ej kommer att kunna göra motsvarande osäkerhetsanalys redovisas nedan en metod för att komma till rätta med problemet med att välja ”rätt” effektutveckling.

Ett rekommendabelt sätt att använda verktyget när det ej går att vara säker på vilken effektutveckling som bör användas är att undersöka ett antal olika fall och se efter inom vilket intervall tiden till kritiska förhållanden ligger.

T.ex. om en brandsyneförrättare undersöker en danslokal och antar att de stora hörnsofforna skulle ge upphov till en "fast" tillväxt men han/hon är inte säker på maxeffekten, bara att den ligger någonstans mellan tre och sex MW. Det skulle då vara lämpligt att använda sig av effektutvecklingarna D och E för att få en ungefärlig bild av inom vilket intervall tiden till kritiska förhållanden ligger.

På samma sätt om det bedöms att mängden brännbart material skulle kunna ge en maxeffekt av tex 1.5 MW men man är osäker på tillväxthastigheten. I detta fall skulle tex effektutvecklingarna A och C kunna användas.

Med detta underlag och vetenskap om metodens begränsningar är det möjligt att skaffa sig en översiktlig uppfattning av hur lång tiden till kritiska förhållanden kan bli.

Till sin hjälp vid val av effektutveckling finns en tabell med exempel på brännbara material och deras förbränningsegenskaper för den lokaltyp som undersöks tex en danslokal enligt fig 5.2 nedan. Tabeller av detta slag för samtliga samlingslokalskategorier finns i kapitel 4 - Allmänt om samlingslokaler.

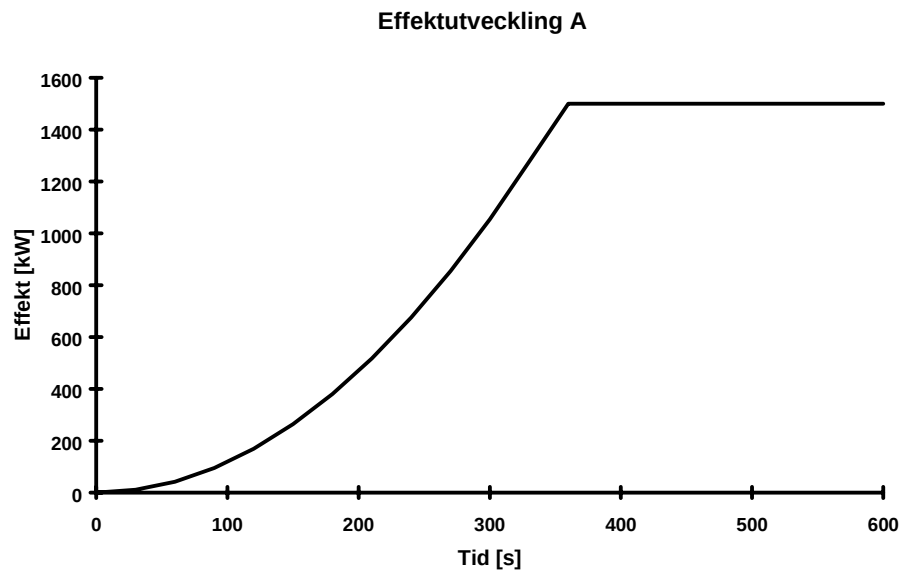
Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. Exempel	ΔH_C (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxt- hastighet (S,M,F,UF)
Klass I (Diskotek, danslokaler, restauranger)	Träpanel, plywood, väggar	15-20 (Trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) 1000 / m bredd, (480 cm höjd)	F
	Träpanel, tak	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan	M, F
	Träinredning, stolar bord osv.	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd)	M, F
	Möbler stoppade med PUR-skum.	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Akryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyg) 1500 (Soffa, akryltyg, 8.80 kg) 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg)	M, F
	Tyginredning, gardiner, dukar osv.	15-20 (Bomull) 22-30 (Polyester) 14-20 (Rayon) 30 (Akryl)	190 (Gardin, bomull, 2*(2.13*1.25m ²) 240 (Gardin, rayon/bomull, 2*(2.13*1.25m ²) 270 (Gardin, bomull/polyester, 2*(2.13*1.25m ²) 230 (Gardin, akryl, 2*(2.13*1.25 m ²)	F, UF
	Sopsäckar, papperskorgar.	15-20 (Papper) 46 (Polyetylen)	50 (PE-papperskorg, 12 mjölkpaket) 300 (Två sopsäckar, 2.34 kg papper)	F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Akryl) 22-30 (Polyester) 30-32 (Nylon)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl)	M, F

Figur 5.2 Exempel på brännbara material i Klass I - lokaler

Utöver detta ges vid var och en av de i verktyget använda effektutvecklingarna exempel på vad som skulle kunna ge just detta förlopp. Nedan redovisas presentationen av Effektutveckling A. Övriga effektutvecklingar redovisas på samma sätt i Bilaga B.

Effektutveckling A

Nedanstående diagram visar effektutveckling A:



Figur 5.3 Effektutveckling A

För att få en känsla av hur stor brand 1.5 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 1 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling A. Här påpekas återigen att detta är ganska **grova generaliseringar** av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En soffa fylld med PUR-skum antänds. Vid maxeffekten 1.5 MW förbränns ca 50 g per sekund vilket skulle kunna motsvara en tvåsitssoffa av normalstorlek. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 30 kg brännbart material ($\Delta H_C = 30 \text{ MJ/kg}$)
- En stapel med trästolar antänds (lagringshöjd ca 50 cm) och intill finns ett antal likadana staplar som antänds så att max fyra staplar brinner samtidigt. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 40 kg brännbart material ($\Delta H_C = 20 \text{ MJ/kg}$)

5.1.3 Rumsgeometrier

Ett problem som skulle lösas var att utforma ett verktyg som gäller i de flesta typer av lokaler med varierande geometrier och öppningar. Det är mycket svårt att presentera något enkelt utan att göra en del standardiseringar och förenklingar. I detta arbete har detta lösts genom att undersöka storleksordningen på lokaler i de olika klasserna och sedan väga samman dessa bedömningar till ett antal geometrier som får verka som representativa för större delen av de samlingslokaler som finns i landet. De olika geometriska faktorer som till slut användes vid simuleringarna av brandförlopp är:

- Fyra olika golvareor

-200 m²
-600 m²
-1000 m²
-2500 m²

- Fyra olika takhöjder

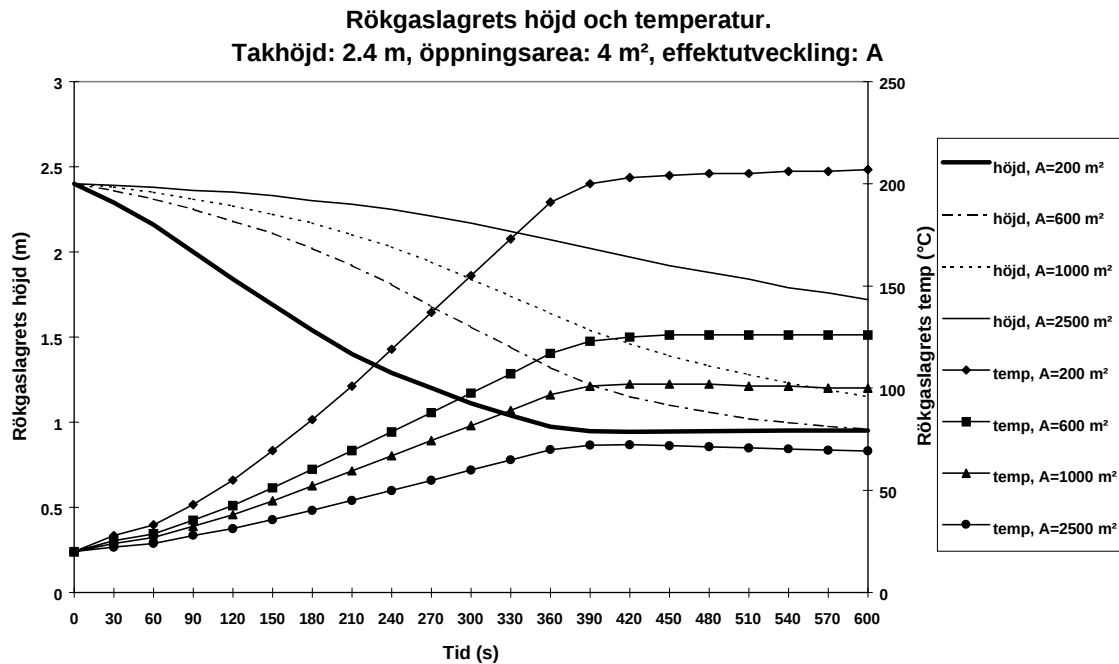
-2.4 m
-3.5 m
-5.5 m
-8.0 m

- Två olika öppningsareor

-4 m² (motsvarande en öppen dörr)
-8 m² (motsvarande två öppna dörrar)

I beräkningarna har alla lokalerna förutsatts vara kvadratiska och branden har antagits uppkomma mitt i rummet. Modellens övriga begränsningar vad gäller geometrier redovisas i kapitel 3.

Ovanstående geometriska parametrar har kombinerats på alla tänkbara sätt så att 32 ”standardgeometrier” uppkommit, i vilka verktygets åtta olika effektutvecklingsförlopp (dimensionerande bränder) simulerats med rökgaslagrets höjd och temperatur som en funktion av tiden som resultat. Dessa resultat har sedan strukturerats så att det blivit möjligt att redovisa dem i diagramform enligt figur 5.4 nedan:



Figur 5.4 Rökgaslagrets höjd och temperatur som en funktion av tiden, effektutveckling A, takhöjd 2.4 m, öppningsarea 4 m².

Dessa diagram, ur vilka man då slutligen hämtar den ungefärliga tiden till kritiska förhållanden enligt definition i kapitel 3, finns för samtliga effektutvecklingar och geometrier i Bilaga C. De är sorterade efter vilken effektutveckling som använts vid simuleringarna.

I figur 5.4 ovan kommer kriteriet för kritiska förhållanden att vara att rökgaslagrets höjd över marken understiger $1.6 + 0.1 h \approx 1.85$ m. Om vi antar att det aktuella rummets golvarea är 600 m² kommer tiden till att kritiska förhållanden råder i rummet att vara ≈ 200 s.

5.2 Exempel på hur verktyget kan användas

För att få en bättre överblick över verktygets funktion och vilka steg som ingår i användandet av det ges här ett exempel. Förutsättningarna är att brandsyn skall förrättas i en biografssalong och man vill som brandsyneförrättare skaffa sig en bild över hur lång tid man har på sig att utrymma salongen, vid händelse av brand, innan kritiska förhållanden uppstår.

Följande gäller för biosalongen:

- Salongen har ett djup från filmduk till bakre vägg på ca 20 m. Bredden är ca 10 m. Takhöjden är ca 5 m.
- I salongen finns 150 sittplatser fördelade på 15 rader. Sitsarna har trästomme och är stoppade med polyuretanskum.
- Två utrymningsvägar finns ifrån lokalen. En i bakre delen av salongen, vilken också används som entré, samt en i främre delen.
- Utmed sidorna brevid sitsarna finns ett antal papperskorgar.
- Rökförbud råder i salongen

5.2.1 Antändning

Det första man bör göra är att ställa sig frågan: Vad kan egentligen hända här, finns det några naturliga antändningskällor?

I detta fallet går det att, efter en stunds funderande och studerande av statistiken i Bilaga A, konstatera att det är ont om naturliga antändningskällor i just denna lokal, men det finns dock några tänkbara initialhändelser, exempelvis:

- Någon tänder avsiktligt på en av sitsarna med hjälp av en tändare.
- Någon tömmer sin pipa, som denne just har använt, i en av papperskorgarna varpå några pappersbitar fattar eld och innan någon hinner upptäcka och släcka branden har den spridit sig till en av de närliggande sitsarna.

Dessa exempel är rent hypotetiska och troligen inte särskilt sannolika, men det är viktigt att gå igenom för sig själv och göra klart för sig vilka tänkbara antändningskällor som finns på objektet.

5.2.2 Effektutveckling

När man så har gjort klart för sig vilka tänkbara antändningskällor som finns gäller det att bestämma sig för en eller några stycken dimensionerande effektutvecklingar. Till sin hjälp har man de tabeller med förbränningsdata som finns redovisade i kapitel 4. I detta fallet rör det sig om en biografialong och i figur 5.6 nedan visas tabellen för den klass där biografer ingår.

Gruppindelning	Brännbart material i lokalen. exempel	ΔH_c (MJ/kg)	Avgiven värmeeffekt, ex (kW)	Tillväxthastighet (S,M,F,UF)
Klass III (Teater, konsertlokal, biograf)	Träpanel, väggar	15-20 (Trä)	600 / m bredd, (240 cm höjd) 1000 / m bredd, (480 cm höjd)	F
	Träpanel, golv, tak	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan	M, F
	Träinredning, stolar osv	15-20 (Trä)	170 / m ² av ytan 1420 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 45 cm höjd) 5220 / m ² golvyta (träpallar, staplar, 150 cm höjd)	M, F
	Stoppade möbler	25-32 (PUR-skum) 18-20 (Läder) 30 (Acryl)	500 (Fåtölj, träram, bomullstyg) 1500 (Soffa, acryltyg, 8.80 kg) 3000 (3 sits soffa, träram, 51.5 kg)	M, F
	Tyginredning, ridå etc	15-20 (Bomull) 22-30 (Polyester) 14-20 (Rayon) 30 (Acryl)	190 (Gardin, bomull, 2*(2.13*1.25m ²) 240 (Gardin, rayon/bomull, 2*(2.13*1.25m ²) 270 (Gardin, bomull/polyester, 2*(2.13*1.25m ²) 230 (Gardin, acryl, 2*(2.13*1.25 m ²)	F, UF
	Papperskorgar etc	15-20 (Papper) 46 (Polyetylen)	50 (PE-papperskorg, 12 mjölkpaket)	F
	Kläder i garderob	15-20 (Bomull) 20-27 (Ylle) 30-32 (Nylon) 30 (Acryl)	3000 (100 jackor, bomull, polyester) 6000 (Fem klädställ, 1.3*0.6*1.0, blandat mtrl)	M, F
	Dekor	15-20 (Trä) 40 (Cellplast, polystyren)	3500 (PS chips i kartong, 0.45*0.55*0.37m ³ , 12 kartonger ordnade 2*2*3)	UF
	Lösningsmedel (Ateljé / verkstad)	40 (Lacknafta)	2220 / m ² golvyta (Bensen)	UF

Figur 5.5 Brännbara material samt förbränningsegenskaper, Klass III

En av de tänkbara antändningsmöjligheterna var att någon satte eld på en av sitsarna med hjälp av en tändare. I det här fallet rörde det sig om sammankopplade sitsar med trästomme och fyllning med polyuretanskum. I tabellen ovan finns ett antal exempel på möbler stoppade med polyuretanskum.

Efter en grov uppskattning och bedömning bestämmer brandsyneförrättaren sig för att undersöka både fallet med Medium utveckling och fallet med Fast utveckling. Tresitssoffan i tabellen gav ett maxvärde på 3 MW, vilket bedöms rimligt även i detta fall. Detta skulle motsvara att ca 3 - 5 sitsar brinner samtidigt. Sammantaget innebär detta att både effektutveckling B, Medium upp till 3 MW, och effektutveckling D, Fast upp till 3 MW, skall användas.

5.2.3 Geometri

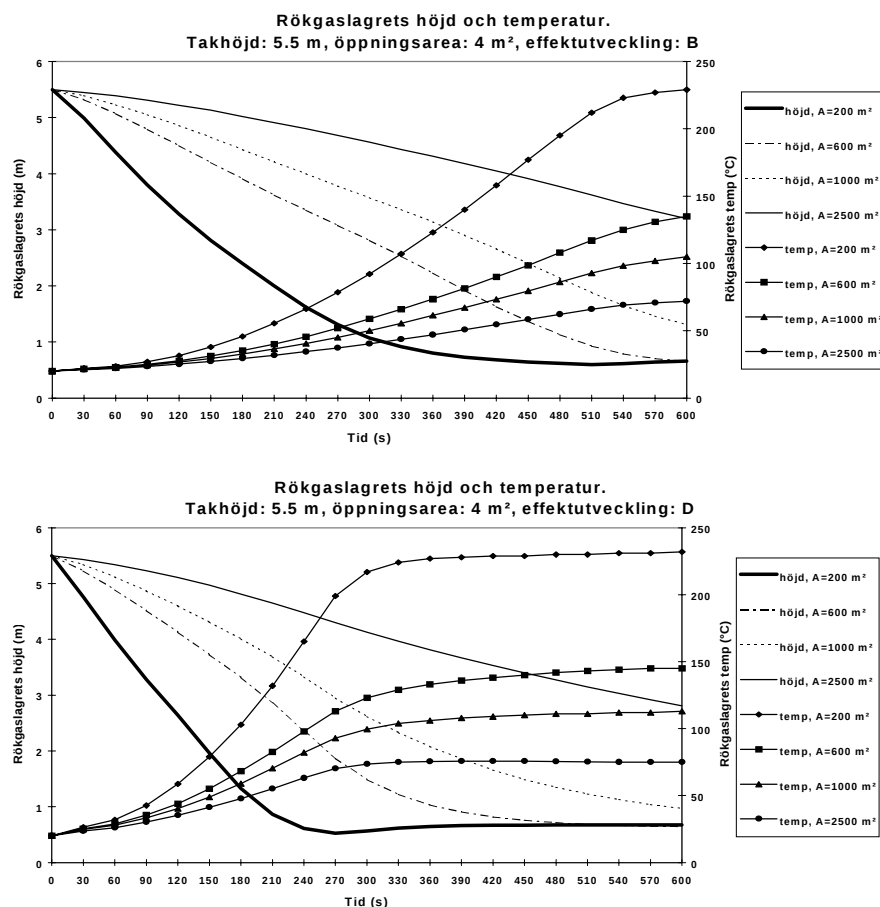
Nästa steg blir att undersöka vilken av de 32 ”standardgeometrierna” som stämmer bäst överens med de verkliga förhållandena i salongen. I vårt fall blir det relativt enkelt. Den totala golvarean är ca 200 m², takhöjden ca 5.5 m och öppningsarean ca 4 m² (två dörrar som är öppna under utrymningen). Möjligen borde här även undersökas fallet med 3.5 meters takhöjd då den verkliga höjden ligger mellan 3.5 och 5.5 m och lägre takhöjd ger ett värre fall. Vi nöjer oss dock med 5.5 metersfallet i nuläget.

5.2.4 Resultat

Nu har tillräckligt med information inhämtats och bedömningar gjorts för att det skall vara möjligt läsa av de aktuella diagrammen och få fram en ungefärlig tid till kritiska förhållanden i lokalen. Nedan följer en kort sammanfattning av kärninformationen som tagits fram för att rätt diagram skall kunna väljas:

- Effektutvecklingarna B och D skall undersökas.
- Takhöjden 5.5 m, öppningsarean 4 m² och golvarean 200 m² skall användas.

I Bilaga C finns resultaten redovisade i diagram, vilka är strukturerade efter vilken effektutveckling som använts. Nedan visas de diagram som skall användas i detta fall:



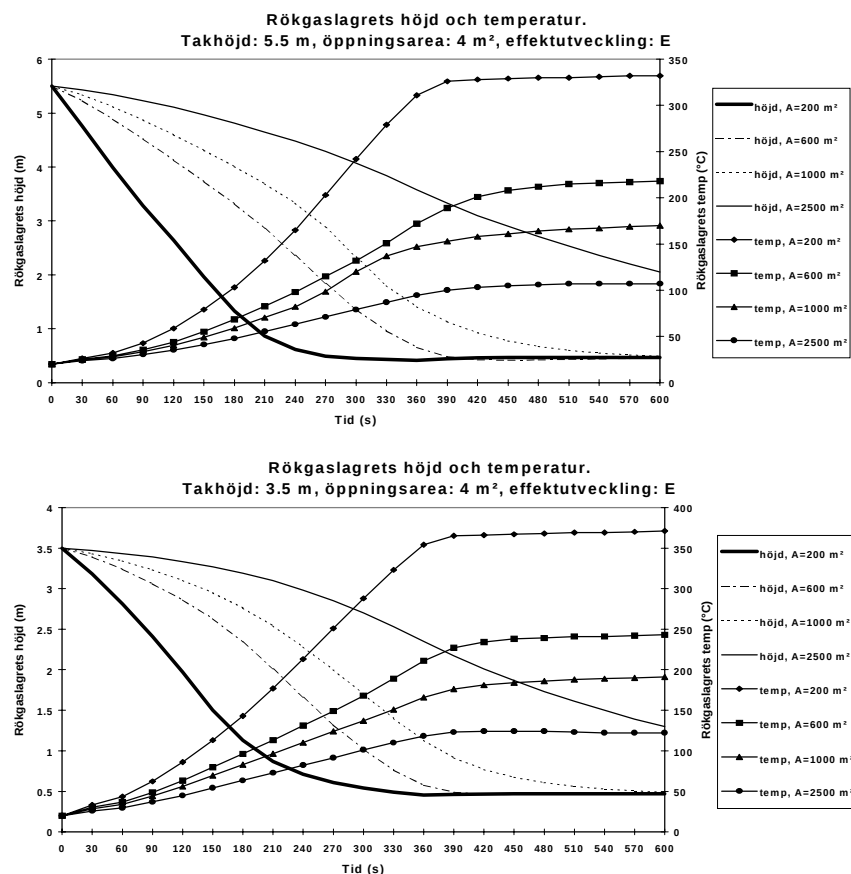
Figur 5.6 Diagram för avläsning av tid till kritiska förhållanden i biografsalongen.

Ur dessa diagram kan utläsas att tiden till kritiska förhållanden kommer att ligga någonstans mellan 150 och 210 sekunder. Kriteriet för kritiska förhållanden kommer här att vara att rökgaslagrets höjd över marken understiger $1.6 + 0.1 \cdot \text{takhöjden}$ ($= 1.6 + 0.1 \cdot 5.5 \text{ m} = 2.15 \text{ m}$). Detta kriterie gäller för övrigt alla scenarier som används i verktyget. För att denna information skall ha något som helst värde måste den jämföras med hur lång tid det kan komma att ta att utrymma lokalen i händelse av brand. Denna tid för utrymning diskuteras i kapitel 6.

5.2.5 Känslighetsanalys

Eftersom effektutvecklingen är så viktig för hur pass allvarlig situationen skall bli i händelse av brand är det här på sin plats att göra en känslighetsanalys, dvs vad händer t.ex. om maxeffekten blir större än 3 MW? För att undersöka detta använder vi oss av effektutveckling E, dvs Fast utveckling till 6 MW.

När salongens geometri diskuterades ovan nämndes att takhöjden var ca 5 m. Vid analysen av tiden till kritiska förhållanden använde man sig av takhöjden 5.5 m, alltså något gynnsammare. Som en känslighetsanalys undersöks här också fallet med 3.5 m, som ju ger ett allvarligare scenario. Följande diagram hämtas ur Bilaga C:



Figur 5.7 Diagram som används för känslighetsanalysen

Ur översta diagrammet kan avläsas tiden till kritiska förhållanden med takhöjden 5.5 m ≈ 150 sekunder, dvs samma som för fallet med maxeffekten 3 MW. Detta beror på att kritiska förhållanden uppnås innan maxeffekten uppnåtts i båda fallen. I fallet med 3.5 meters takhöjd kommer däremot t_{krit} att uppnås efter ca 120 s enligt det undre diagrammet i i figur 5.7. Detta är dock förmodligen en underprediktering av t_{krit} men en rimlig bedömning torde vara att tiden till kritiska förhållanden kommer att ligga någonstans mellan 140 och 210 sekunder.

6. Utrymning vid brand /4/

En utrymning karakteriseras av att man skall utföra en handling som är obekant under förhållanden som är onormala, samtidigt som graden av hot ökar. Detta innebär att när utrymningsvägar skall planeras och dimensioneras är det inte bara faktorer som gångavståndet till, eller bredden i utrymningsvägen som är viktiga.

Förutom att bestämma utrymningsvägens bredd och längd måste man också vid dimensioneringen bl.a. se till att berörda personer uppmärksammas på faran och påbörjar utrymningen.

Det kan verka enkelt att få personer att påbörja en utrymning, men det finns en mängd både psykologiska och fysiologiska faktorer som fördröjer att så faktiskt sker. Sådana faktorer kan vara att föräldrar ser till att få med sig sina barn innan de själva börjar utrymma och att personer i större grupper tenderar att avvakta och se vad andra gör innan de själva agerar. Det senare är vanligast om personerna i lokalen inte i förväg känner varandra som t ex i varuhus. Fysiologiska faktorer kan vara att en persons omdöme är nedsatt p g a alkoholskonsumtion eller läkemedelsintag.

En annan faktor som påverkar utrymningen är på vilket sätt personerna i en byggnad får reda på att de skall utrymma. I många byggnader sker detekteringen genom något av sinnena lukt, hörsel eller syn men den kan även utgöras av ett automatiskt brandlarm. En fråga som kan dyka upp i diskussionen om automatiska brandlarm är om de direkt skall starta ett eventuellt utrymningslarm eller om detta bör ske vid ett senare tillfälle. Det som är avgörande i den frågan är sannolikheten för falsklarm i den aktuella lokalen.

Figur 6.1 visar några av de faktorer som påverkar en utrymning. De är inte i prioritetsordning.

Personberoende	Byggnadsberoende	Brandberoende
Ålder	Orienterbarhet	Brandgasproduktion
Kön	Vägledande markeringar	Värmeproduktion
Fysisk förmåga och hjälpbehov	Belysning	Toxiska gaser
Sociala förhållanden, ledare	Antal utrymningsvägar	
Alkohol / medicinering	Fördelning av utrymningsvägar	
Vakenhetsgrad	Utformning av utrymningsvägar	
Påverkan av brandgas	Sprinkleranläggning	
Personal (säkerhetsorganisation)	Automatiskt brandlarm	
Räddningstjänsten	Utrymningslarm	
	Säkerhetsorganisation (personal)	
	Avstånd till utrymningsvägen	

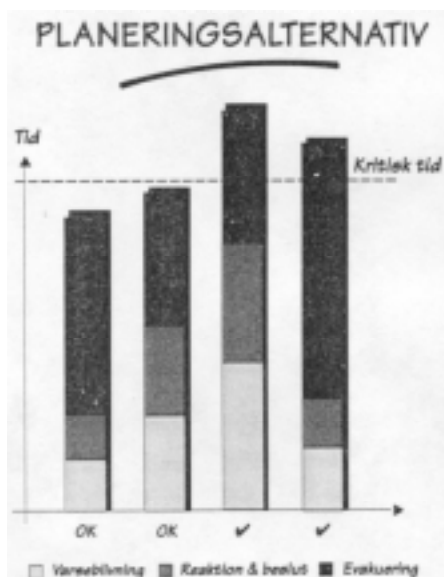
Figur 6.1 Exempel på faktorer som påverkar en utrymning /4/

För att ingenjörsmässigt angripa problemet, kan utrymningen delas upp i tre delar som karakteriseras av typiska aktiviteter:

- varseblivning
- reaktion och beslut
- evakuering

Dessa tre delar tar i utrymningsprocessen olika lång tid. De beror på t ex hur branden detekteras, om de som ska utrymma tidigare fått instruktioner om vad de skall göra och hur långt de måste gå för att hinna till en utrymningsväg innan kritiska förhållanden uppstår.

Det viktiga i sammanhanget är att personerna hinner ut, ur i första hand den brandcell där branden startat, innan kritiska förhållanden uppstår. Förhållandena mellan de olika delarna kan variera mellan olika byggnader beroende på byggnadens och personernas förutsättningar och vald utrymningsstrategi. Exempelvis kan längre avstånd till en utrymningsväg tillåtas om man samtidigt ser till att personerna i ett tidigt skede blir varse om att de ska utrymma, jämfört med om ingen tidig indikering förväntas ske. Några alternativ visas i figur 6.2.



Figur 6.2 Olika planeringsalternativ /4/

Skillnader i gångavstånd till utrymningsvägar och i dessa kan också uppstå beroende på hur byggnaden är utförd och vilka andra tekniska eller organisatoriska förutsättningar som finns. Stora genomlysta vägledande markeringar har en positiv inverkan på utrymningen vilket kan bidra till att ökat gångavstånd till en utrymningsväg godkänns. Personer som har gångsvårigheter tar längre tid på sig för att komma till utgången vilket bör vara en begränsande faktor.

För information om allmänna förutsättningar för utrymningsdimensionering hänvisas till BBR-94, kap 5:3, /5/ samt "Brandskydd - teori och praktik", kap 9.2. /4/

6.1 Utrymningsdimensionering genom beräkning

Så som tidigare nämnts kan en utrymningssituation delas upp i tre olika skeenden som vart och ett tar olika lång tid i anspråk;

- varseblivning
- reaktion och beslut
- evakuering.

I praktiken är det inte så att det efter att larmklockan startat ringa tar X antal minuter att reagera och därefter Y antal minuter att promenera ut ur byggnaden.

Under utrymningsförloppet sker hela tiden nya reaktioner och personerna tar nya beslut beroende på nya upplevelser men för att förenkla det hela och se det ur en mera ingenjörsmässig synvinkel är den föreslagna uppdelningen fullt tillfredsställande. Det gäller att skaffa sig tillgång till bra indata och göra värderingar av förtjänsten av olika typer av skyddssystem och hur denna värdering påverkas av byggnadens typ samt personinnehållet. Summan av tiderna för varseblivning, reaktion och beslut samt evakuering måste i varje del av byggnaden vara mindre än tiden då kritiska förhållanden, definierade i avsnitt 3.3, inträffar i den aktuella delen. Ekvation 6.1 beskriver det dimensionerande gränstillståndet

$$t_v + t_r + t_e < t_{\text{krit}} \quad (6.1)$$

När denna metod för dimensionering används måste en bedömning av resultatens riktighet göras. Om t ex ett varuhus förses med både sprinkler och brandgasventilation på sådant sätt att kritiska förhållanden enligt beräkningar aldrig inträffar måste ändå vissa begränsningar sättas. Exemplet skulle medföra att oändligt långt avstånd till utrymningsvägen skulle kunna räknas fram vilket ur skyddssynpunkt inte är lämpligt. Tillförlitligheten för t ex sprinkler eller brandgasfläktar är inte till 100 % garanterad och brandgaserna följer inte alltid de antaganden som görs i beräkningarna. Även andra motiv till begränsning finns. De personer som utrymmer kan få allvarliga oroskänslor och panik kan utbryta om personerna uppfattar situationen som att de inte kommer att hinna sätta sig i säkerhet.

Vid dimensioneringen måste även sunt förnuft ingå som en komponent. Avståndet till en utrymningsväg bör av dessa anledningar normalt inte överstiga 50-60 m även om beräkningar visar att det fungerar med längre avstånd.

6.1.1 Varseblivningstid

Tiden som förflyter fram till en person blir varse om att brand uppstått är till stor del beroende på om det finns ett automatiskt brandlarm installerat eller inte. I det fall då automatiskt brandlarm finns installerat kan man beräkna den teoretiska aktiveringstiden för en detektor utifrån en given brandtillväxt. Denna tid kan användas som varseblivningstid. För metoder att beräkna aktiveringstiden för olika slags detektorer, se "Brandskydd - teori och praktik" /4/.



Figur 6.3 Varseblivning /4/

Man bör noga överväga hur initieringen av utrymningslarmet skall ske, direkt på signal från det automatiska brandlarmet eller efter en viss fördröjning. I de fall det automatiska brandlarmet har hög felfrekvens kan det vara lämpligt att ha någon fördröjning så att inte utrymningslarmet startar för ofta. Det mister då sin trovärdighet. Larmlagring kan vara en lösning till problemet.

I de fall det inte finns något automatiskt brandlarm som talar om att brand utbrutit kan det vara besvärligare att uppskatta varseblivningstiden. Den blir beroende på bl a vilka som vistas i byggnaden, vilken relation dessa har till varandra, hur överblickbarheten i lokalen är och om personerna är mottagliga för den indikation som branden genererar.

Från en undersökning, av Frantzich 1993a, där brandingenjörer i landet fick göra en uppskattning av olika tider i en utrymningsprocess kan vissa skattningar göras på larmtider både med och utan inverkan av automatiska brandlarm. De värden som anges i figur 6.4 kan tjäna som riktlinjer för bedömningen av en rimlig larmtid. Siffrorna som anges är medianvärdena för respektive parameter och är baserade på de 138 svar som erhöles.

Lokaltyp	Varseblivning [min]		Reaktion och beslut [min]			
	Automatiskt brandlarm		Utrymningslarm			
	Nej	Ja	Nej	Larm-klocka	Talat meddelande	Personal
Varuhus	3	1.5	5	3	2	2
Restaurang	2.5	1.5	3	2.5	2	2
Danslokal	5	2	5	4	3	3
Teater			5	4	2	2
Biograf	5		5	4	2	2
Vårdlokal		2	3	2	2	1
Hotell		2	4	3	3	3

Figur 6.4 varseblivning och reaktionstider /4/

6.1.2 Reaktions- och beslutstid

Denna tid ska motsvara den tid som det tar för personerna i byggnaden att starta utrymningen från det att larmet utlöst eller att branden upptäckts på annat sätt. Detta skeende kännetecknas av osäkerhet bland de som ska utrymma och vanliga beteenden är att söka efter ytterligare information, försöka släcka branden, rädda andra eller egna saker eller till och med att fullständigt ignorera brandfaran eller larmet.



Figur 6.5 Beteende vid brand /4/

En mängd undersökningar har gjorts på området som resulterat i bl a sk beteendesequenser som talar om vad personerna gjort och i vilken ordning det skett. Reaktionstiden ska också innehålla de extra tider som måste tas i anspråk under själva utrymningen som kan uppkomma till följd av att personerna kanske inte hittar rätt väg ut direkt utan tvekar en stund. Denna tid kan ofta vara mycket längre än de båda andra, varseblivnings- och evakueringstiden. Ett sätt att minska denna tid är att montera vägledande markeringar som är synliga i hela lokalen och att se till att belysningen är tillräcklig för att utrymma i. Utrymningslarm har också en positiv effekt.

Utrymningsvägen och gångvägen dit bör dessutom anordnas så att man så snart som möjligt kommer ut i det fria eller till annan säker plats och inte behöver gå långa sträckor vilket kan minska förtroendet för att utrymningsvägen verkligen leder ut. Placeringen av dörrarna till utrymningsvägen bör vara sådan att de intuitivt är lätta att hitta till vid fara vilket innebär att orienterbarheten i lokalen måste vara god. Ett bra exempel på en dörr som personerna kan hitta till är den normala ingången till en byggnad. Den vägen är den som de flesta kommer att använda för utrymning eftersom de i förväg vet var den är belägen, hur den ser ut och var den mynnar.

Det normala är att personer som ska utrymma är vakna och medvetna om vad som sker omkring dem men även motsatsen finns. I hotell, restauranger, danslokaler eller vårdanläggningar kan personerna vara sovande eller på annat sätt vara förhindrade att reagera snabbt. För denna typ av byggnad måste längre reaktionstider förutsättas.

Reaktionstiden är också beroende på vilken typ av larm som talar om för personerna att de ska utrymma. Det är inte troligt att personerna direkt startar att utrymma om det är en vanlig brandlarmsklocka som ringer. Om indikationen i stället kommer från ett iförväg inspelat utrymningsmeddelande är sannolikheten större att utrymningen startar direkt efter meddelandet avslutats. Detta innebär att längre tider måste antas om utrymningen initieras av en brandlarmsklocka jämfört med talat meddelande.

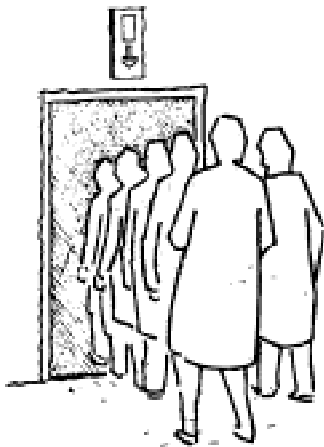
Tider för reaktion och beslut kan väljas från figur 6.4 där tiderna baseras på uppskattningar gjorda av brandingenjörer i Sverige. Det förutsätts då att personerna är i vaket tillstånd och i övrigt är kapabla att uppfatta meddelanden och tolka dem. Siffrorna kan antas gälla för normala, inte speciellt komplicerade byggnader och motsvarar medianvärdet för respektive parameter i undersökningen. I övrigt är man hänvisad till att utifrån förutsättningarna för byggnaden och personerna i byggnaden betrakta reaktionstiderna utifrån ett ingenjörsmässigt perspektiv.

Ytterligare ett sätt att förbättra utrymningssituationen är att upprätta en personell säkerhetsorganisation som kan hjälpa till vid utrymning. Detta är något som inte bara bidrar till att hålla reaktionstiden nere utan underlättar även den fortsatta utrymningen. Krav bör i sådana fall ställas på återkommande utbildning och övning för dessa personer och man kan gärna kombinera arbetsuppgifterna med t ex bevakning eller övrig informationsverksamhet.

6.1.3 Evakueringstid

Den sista av de tre tiderna i utrymningsprocessen är den tid det tar att komma ut i det fria eller till annan säker plats i byggnaden. Tiden det tar att utrymma en byggnad beror på bl a hur personerna är fördelade i byggnaden, vilka personer det är frågan om, deras hjälpbehov, förmåga att förflytta sig, om de är påverkade av medicin eller alkohol samt deras sociala förhållande till varandra. Dessutom påverkas gånghastigheten av yttre faktorer såsom belysningsnivån och andra hjälpmedel som vägledande markeringar, se även figur 6.1.

Evakueringstiden kan beräknas antingen för hand med enkla formler eller med hjälp av datormodeller som är mer användbara om ett större antal personer samtidigt utrymmer från flera lokaler och om köbildning sker på flera ställen i byggnaden.



Figur 6.6 Evakuering /4/

Handberäkning

Som evakueringstid av en lokal bör man vid handberäkning välja den största av tiderna det tar att gå till utrymningsvägen, t_g , och den tid det tar att passera ut genom dörren, t_d , eller en kombination av dem. Det sista fallet är aktuellt om personerna inte kan antas vara jämnt fördelade i lokalen. I avsnitt 6.4 redovisas ett enkelt exempel där den totala utrymningstiden från en biosalong beräknas.

Följande två ekvationer kan användas vid beräkningarna:

$$t_d = N / B \cdot f \quad (6.2)$$

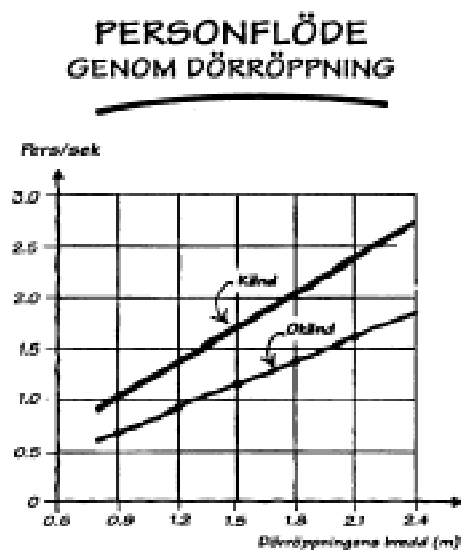
$$t_g = L / v \quad (6.3)$$

t_d	- passagetid genom en dörröppning [s]
N	- antal personer
B	- öppningens bredd [m]
f	- personflöde genom dörröppning [pers / m · s]
t_g	- gångtid [s]
L	- gångavstånd [m]
v	- gånghastighet [m/s]

Vi börjar med t_d :

För att ta reda på passagetiden genom en specifik dörröppning måste man först veta hur många personer som kommer att passera öppningen. Denna siffra måste uppskattas med utgångspunkt från antalet personer som kommer att vistas i lokalen och antal tillgängliga utrymningsvägar.

Värdet på $B \cdot f$, dvs kapaciteten för den aktuella dörröppningen, visas i figur 6.7. Kurva 1 avser bostäder, kontor och andra lokaler där personerna känner till utrymningsvägarna och kurva 2 kan antas gälla för övriga byggnader. Kurva 1 kan även användas för dessa övriga byggnader för den normala ingången till byggnaden.



Figur 6.7 Personflöde genom dörröppning. /4/

Med hjälp av dessa uppgifter kan man nu beräkna passagetiden genom öppningen.

För att beräkna gångtiden behöver man veta gångavstånd och gånghastighet för de utrymmande. Personers gånghastigheter för olika förhållanden har studerats i viss omfattning, och resultatet är av varierande kvalitet. De flesta undersökningarna är gjorda under förhållanden som inte kan jämföras med de som uppträder vid brand. De försök som gjorts under normala förhållanden har omvandlats till att gälla även för nödsituationer. Hur fort personer går på horisontellt underlag och nedför trappor är ganska väl kartlagt åtminstone för normalgående personer. För personer med rörelsehinder samt äldre och yngre personer är kunskapen sämre.

De gånghastigheter som kan användas vid beräkningen redovisas i figur 6.8.

Vid låg persontäthet	
Förbindelse	Gånghastighet längs planet [m/s]
Horisontell	1.3
Trappa upp1	0.6
Trappa ner	0.75
Vid hög persontäthet	
Förbindelse	Gånghastighet längs planet [m/s]
Horisontell	0.6
Trappa upp	0.5
Trappa ner	0.5

Figur 6.8 Gånghastighet vid låg och hög persontäthet /4/

Med hjälp av dessa uppgifter kan man nu beräkna den tid det tar att gå till utrymningsvägen.

¹ Baserat på ett fåtal observationer

Beräkning med hjälp av datorprogram

Vid beräkning av utrymningstider för komplicerade byggnader där köbildning kan förväntas ske på flera ställen samtidigt har man ett kraftfullt hjälpmedel i ett antal datorprogram som finns tillgängliga för detta ändamål. Nedan visas en tabell över evakueringstider för ett antal lokaler som har en golvarea på 200 m² med varierande antal öppningar och personantal. Dessa tider bygger på simuleringar med hjälp av programmet Simulex (se bilaga F). Vid simuleringen har alla utrymmande förutsatts börja utrymningen direkt, dvs tid för varseblivning och reaktion är ej inräknade.

De i tabellen redovisade tiderna måste användas med stor försiktighet då de förutsätter i det närmaste ideala förhållanden, nämligen:

- Lokalen har vid simuleringen bestått av ett horisontellt, kvadratisk plan.
- Inga hinder i form av möbler o.dyl. har funnits i lokalen.
- De utrymmande var i inledningen jämnt fördelade i lokalen.
- de utrymmande har börjat evakueringen samtidigt och alla utrymningsvägar har använts i lika stor utsträckning.

Detta kommer med stor sannolikhet att leda till en undervärdering av evakueringstiden men med vetskap om detta kan man ändå bilda sig en uppfattning om vilka tider det skulle kunna röra sig om. (I fallen med endast en dörr antas att en flera av utrymningsvägarna är blockerade.)

Golvarea [m ²]	Antal personer	Utgångar		Tid [s]
		Antal	Bredd [m]	
200	50	4	1.2	15
200	100	4	1.2	20
200	150	4	1.2	30
200	200	4	1.2	35
200	50	2	1.2	20
200	100	2	1.2	35
200	150	2	1.2	55
200	200	2	1.2	65
200	50	1	1.2	30
200	100	1	1.2	65
200	150	1	1.2	95
200	200	1	1.2	130
200	50	2	2	15
200	100	2	2	20
200	150	2	2	30
200	200	2	2	40
200	50	1	2	25
200	100	1	2	40
200	150	1	2	60
200	200	1	2	75

figur 6.9 Exempel på evakueringstider under ideala förhållanden, golvarea 200 m².

Tabeller av samma slag som ovan för golvareorna 600 m², 1000 m² och 2500 m² redovisas i bilaga D.

Total utrymningstid

För att så till sist få fram den totala utrymningstiden från en lokal måste alltså tiden för varseblivning och reaktion adderas med tiden för evakuering. Denna tid kan sedan jämföras med tiden till kritiska förhållanden i lokalen enligt ekvation 6.1.

6.2 Exempel på utrymningsberäkning

För att få en överblick över hur en utrymningstid kan beräknas ges här ett exempel. Lokalen som skall utrymmas är den biosalong som användes som exempel i kapitel 5 om scenariebeskrivningsverktyget.

6.2.1 Förutsättningar:

- Biografsalong med 200 m² golvarea.
- 150 personer finns i lokalen fördelade på sittplatser i 15 rader.
- Två utgångar till det fria finns: Entré i bakre delen av lokalen och dörr i främre delen av lokalen, båda 1,2 m breda.
- Det antas att båda utrymningsvägarna används i lika stor utsträckning.
- Utrymningslarm saknas.
- Kortaste avståndet till en utrymningsväg är 5 m.

6.2.2 Tillvägagångssätt:

Först måste tiden för varseblivning och reaktion bestämmas. Här har man hjälp av att studera figur 6.4 i vilken reaktions- och varseblivningstider för olika typer av samlingslokaler redovisas. Här inses dock ganska snabbt att de tider som där nämns för biosalonger (varseblivning: 5 min, reaktion: 2 min) är för långa för just detta fall. Med tanke på det snabba brandförlopp som branden i sitsarna kommer att ge upphov till antas här att tiden för varseblivning och reaktion tillsammans är ca 2 – 2.5 min. (Brandeffektens storlek kommer då att vara någonstans mellan 200 kW och 1 MW.) Till detta skall då läggas tiden för evakuering av lokalen.

Evakueringstiden kan beräknas enligt ekv 6.2 och 6.3:

$$t_D = N / B \cdot f \quad (6.2)$$

$$t_G = L / v \quad (6.3)$$

t_D	- passagetid genom en dörröppning [s]	
N	- antal personer	(75 pers per dörr)
B	- öppningens bredd [m]	(1.2 m för båda dörrarna)
f	- personflöde genom dörröppning [pers / m · s]	(1.0 pers/ms enl. figur 6.7)
t_G	- gångtid [s]	
L	- gångavstånd [m]	(5 m enl. föruts. ovan)
v	- gånghastighet [m/s]	(1.3 m enl. figur 6.8)

$$t_D = 75 / 1.2 \cdot 1.0 \approx 65 \text{ s}$$

$$t_G = 5 / 1.3 \approx 4$$

Vilket ger en sammanlagd evakueringstid på ≈ 70 s

Ett alternativt sätt att bestämma evakueringstiden är att titta i tabellerna i Bilaga D. Dessa tider är emellertid behäftade med en del antaganden som beskrivs på s 42.

Tabellen gav värdet 55 s, vilket som tidigare nämnts är något kort p.g.a. att man vid simuleringen förutsatt i stort sett ideala förhållanden. Vi väljer här att använda oss av 70 s som evakueringstid.

Detta skulle ge en total utrymningstid på ca 190 – 220 s.

Denna tid skall sedan jämföras med tiden till kritiska förhållanden som räknades ut i kapitel 5.

- Utrymningstid $\approx 190 - 220$ s
- Tid till kritiska förhållanden $\approx 140 - 210$ s enligt föregående kapitel.

Man ser ganska snabbt att ett scenario som det här skulle kunna innebära problem för en del av de utrymmande. Här vore det lämpligt att göra en grundligare och mera noggrann undersökning för att hitta de bästa åtgärderna för att komma till rätta med problemet. Vissa direktiv hur en sådan grundligare undersökning skulle kunna gå till ges i kapitel 7.

6.3 Känslighets- och osäkerhetsanalys

Alla delar av ett utrymningsförlopp innehåller osäkerheter när det gäller att bestämma hur lång tid de tar. T.ex. kommer varseblivningstiden att variera kraftigt beroende på bl.a. om utrymningslarm finns installerat i lokalen, personers vakenhetsgrad osv. På samma sätt finns det för reaktions- och evakueringstiden ett stort antal påverkande faktorer som leder till svårigheter att bestämma dessa. Detta leder till att det är nödvändigt att undersöka hur dessa osäkerheter påverkar resultatet av en utrymning, dvs den totala utrymningstiden. Vad händer t.ex. om antalet besökare i biosalongen i exemplet ovan någon gång överskrider 150 st. Det kanske har satts in extra stolar för ett möte som skall hållas i salongen. Vad händer om en av utrymningsvägarna inte går att använda av någon anledning och hur stor är sannolikheten att något sådant skall inträffa?

Svaren på frågor av detta slag måste undersökas innan man med säkerhet kan säga något om hur lång tid det kommer att ta att utrymma en byggnad. I kapitel 7 redovisas ett antal metoder att utföra sådana osäkerhetsanalyser.

7. Nyanserade metoder för scenariobeskrivningar

Brandteknik är ett jämförelsevis ungt ingenjörssområde där forskning och utveckling alltså tar stora steg framåt, vilket ständigt leder till förbättrade modeller och verktyg. Det finns i dagens läge relativt nyanserade metoder för att undersöka och beskriva en byggnads risknivå. Som tidigare nämnts i detta arbete är det i de flesta sammanhang viktigt att skaffa sig en helhetsbild över utrymningssäkerheten på ett objekt. Detta kan vara ganska tidskrävande och förutsätter att den som utför riskvärderingen besitter erforderliga kunskaper om bl.a. brandförlopp, utrymningsdimensionering och riskanalysmetoder.

I detta kapitel presenteras kortfattat hur man skulle kunna gå till väga för att göra en sådan grundlig och nyanserad utredning.

7.1 Riskinventering

Vid alla bedömningar av säkerheten på ett objekt gäller det först att göra klart för sig vilka potentiella riskkällor som finns där. Medför verksamheten några speciella risker? Finns där några tänkbara tändkällor? Är brandbelastningen hög på objektet och hur är det brännbara materialet fördelat i lokalerna etc?

Svaren på frågor av denna typen bör ligga till grund för urval av ett antal tänkbara skadehändelser som kan betraktas som dimensionerande för objektet. Dessa tänkbara skadehändelser listas sedan för att ytterligare jämförelse mellan dem skall vara möjlig och på så sätt kan man bestämma sig för vilket eller vilka av dessa man skall utföra nyanserade beräkningar på. Nedan visas resultatet av riskinventeringen ur rapporten "Brandteknisk riskvärdering: Safari kök bar show - Linköping" /6/.

Beteckning	Plats	Material	Tändkälla, ex	Svagheter
M1	Bar	Träpanel, reglar, limträ, plywood	El, cigaretter, stearinljus, anlagd brand	Ingen handbrandsläckare, nära utgång genom köket.
M2	Hyllan	Plywood, parkett, trämöbler	Cigaretter, stearinljus, anlagd brand	Nära uppgång från källarplanet, möblerad, ingen stationär personal, långt till handbrandsläckare
M3	DJ-bås	Plywood, reglar, skräp, kablar, musikanläggning	El, cigaretter, anlagd brand	Högtalarsystemet slås ut / DJ kan inte ge talat meddelande, nära ordinarie entré, nära utgång genom köket
M4	Elcentral	Kablar, skräp	El, anlagd brand	Högtalarsystemet slås ut / DJ kan inte ge talat meddelande, nära ordinarie entré, nära utgång genom köket, svåråtkomligt för släckförsök pga Black Jack bord, upptäcks sent, elektriciteten slås ut
M5	Scen	Formplywood	El, cigaretter, anlagd brand	Nära ordinarie entré och utgång till gatan, långt till handbrandsläckare, ingen stationär personal
M6	Garderob	Plywood, kläder	Anlagd brand, cigaretter	Att gäster går dit för att hämta ut sina kläder. Nära ordinarie utgång.

Figur 7.1 Sammanställning av riskinventeringen för markplanet i Safari kök bar show - Linköping /6/

Viktigt vid valet av de scenarier som skall ligga till grund för beräkningarna är givetvis att de på ett tillfredsställande vis representerar de verkliga risker som förekommer på objektet. En användbar metodik för att identifiera och rangordna tänkbara scenarier finns i ISO/CD 13388 "Design fire scenarios and design fires". /14/

7.2 Simulering av rökfyllnadsförlopp

När man så bestämt sig för vilka initierande händelser man tänker undersöka mera grundligt gäller det att bestämma sig för vilka metoder och modeller som ger bäst resultat i förhållande till den tid och de resurser man har till sitt förfogande.

7.2.1 Effektutveckling

I de flesta av dagens modeller för simulering av brandförlopp krävs att man som användare definierar en brandeffektutveckling som grund för beräkningarna. Ett av de svåraste problemen vid denna typ av uppgift är att knäcka hur denna effektutveckling skall se ut. De hjälpmedel som finns till förfogande är förbränningsdata för det brännbara material som finns i lokalen samt eventuellt resultatet från förbränningsförsök med aktuell typ av inredning. Det finns gott om litteratur inom området samt en stor mängd försök att inhämta data från. (se avsnitt 7.5 "Förslag på litteratur för vidare studier".) Ingen kan med 100% säkerhet säga hur en effektutvecklingen vid en brand kommer att se ut. Det är därför viktigt att man utför känslighetsanalyser, där olika parametrar varierar inom rimliga gränser, för att få en bild över inom vilka gränser "sanningen" ligger. Alternativet till detta är att utföra en osäkerhetsanalys, där osäkra variabler ges fördelningar i stället för fasta värden. Mer om detta i avsnitt 7.4: Hänsyn till osäkerheter i indata.

7.2.2 Geometrier

När de dimensionerande brandeffekterna har bestämts är det dags att definiera objektets geometrier så att de rökfyllnadsmodeller som finns till hands kan användas. I praktiken går det till så att man definierar geometrin för samtliga rum som skall ingå i analysen genom att ange tex takhöjd, bredd, djup, antal öppningar, deras utseende och om de är öppna eller helt/delvis stängda.

De vanligaste kommersiellt tillgängliga programmen för rökfyllnadsberäkningar (tex CFAST och FPETOOL) bygger på den så kallade "två-zons modellen", vilken kan ses som en förenkling där rummets luftmassor skiktas i två lager. För dessa löses ekvationerna för massa och energi för varje tidssteg. Det undre, kalla lagret och det övre varma blandas inte med varandra och respektive lager antas ha samma temperatur överallt. Dessa modeller har dock ett begränsat användningsområde. I kapitel 3 redovisas de brister som finns i program av denna typ. (I Bilaga F finns en beskrivning av de program och metoder som använts i detta arbete).

Det finns idag en annan typ av rökfyllnadsprogram, sk CFD-modeller (tex SOFIE), där rummets volym delas in i ett stort antal kontrollvolymmer för vilka ekvationerna för bl.a. massa, energi och rörelsemängd löses för varje tidssteg. Dessa modeller uppvisar större noggrannhet än "tvåzonsmodellerna" ovan och förhoppningsvis kommer de här modellerna att i högre grad än vad som är fallet idag kunna användas vid dimensionering.

Resultatet från ovanstående modeller är att man får en bild över hur rökgaslagrets höjd och temperatur varierar med tiden och kan på så sätt få fram tiden till att kritiska förhållanden råder i lokalen. Det är även möjligt att få fram koncentrationer av olika gaser i rummet. Tiden för kritiska förhållanden skall sedan jämföras med den tid det tar att utrymma byggnaden.

7.2.3 Inverkan av skyddssystem

Vid en ingående analys av skyddsnivån på ett objekt måste givetvis inverkan av eventuella skyddssystem tas i beaktande. Hur kommer brandens effektutveckling påverkas av ett utlöst sprinklersystem? Vad händer med rökfyllnadsförloppet när den mekaniska brandventilationen startas? Svaren på frågor av denna typ är av största betydelse för riskbilden av ett objekt där skyddsanordningar av något slag förekommer. Det finns idag modeller och program (tex DETACT QS) för att beräkna vid vilken tid ett visst sprinklerhuvud kommer att utlösa vid en viss given brandeffekt. Vad gäller sprinklers inverkan på brandens effektutveckling har ett antal försök utförts bla vid Sveriges Provnings- och forskningsinstitut. I figur 7.2 nedan visas inverkan av sk ESFR- (Early Suppression Fast Response) sprinkler på en brand i ett möbelställage. I fallet med sprinkler startades denna manuellt efter 1 minut.

VÄRMEEFFEKT SPRINKLAD MÖBELSTÄLLAGEBRAND

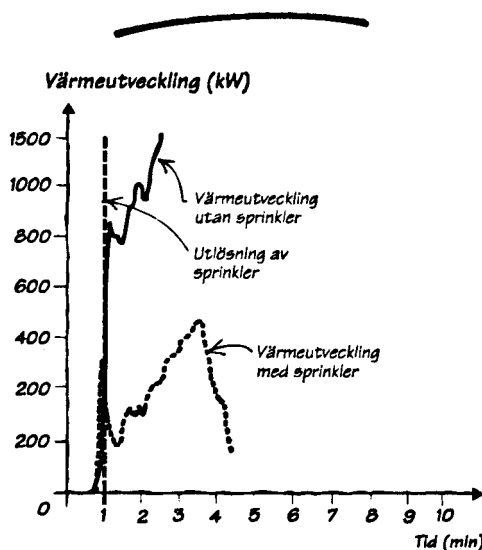


Fig 7.2 Jämförelse av avgiven värmeeffekt vid sprinklad respektive osprinklad möbelställagebrand. /4/

Vad gäller inverkan av mekanisk brandgasventilation kan denna beräknas i de flesta rökfyllnadsprogram alternativt simuleras med hjälp av ventilationsluckor i taket på objektet.

7.2.4 Sannolikheter och felfrekvenser

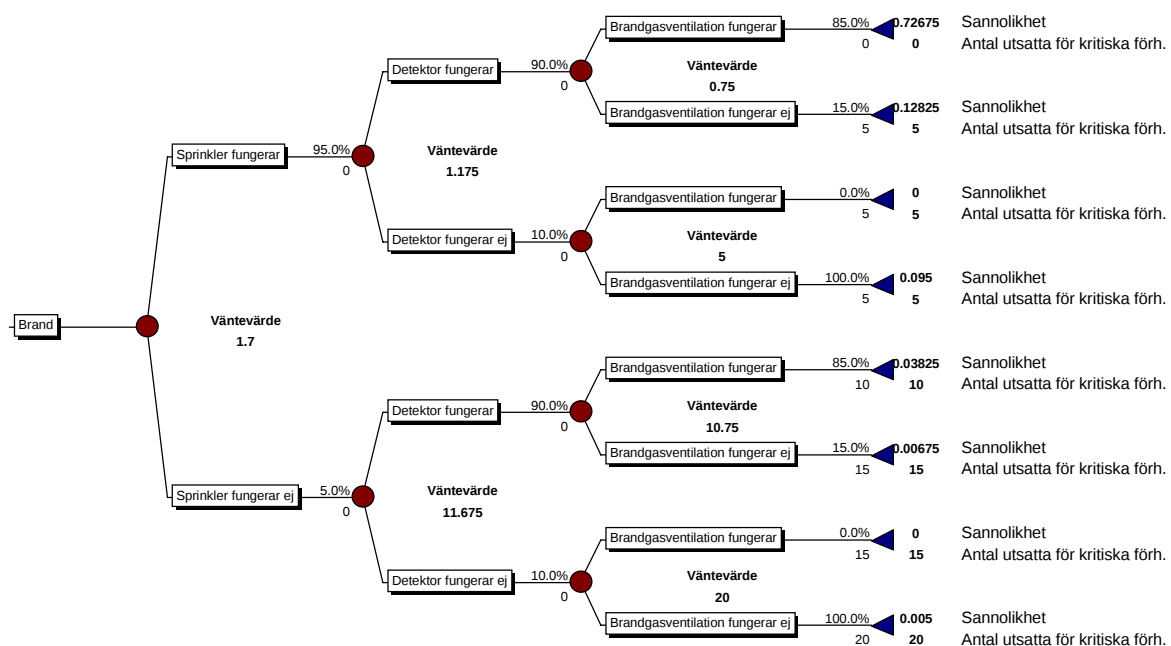
För att få en rättvisande bild av säkerheten på ett objekt är det önskvärt att man i möjligaste mån gör klart för sig hur sannolikt det är att något av de scenarier, eller snarare initierande händelser, som undersökts verkligen skall komma att inträffa. Det kraftfullaste hjälpmedlet man har i dessa frågor är statistik från tidigare inträffade bränder. I bilaga A redovisas statistik angående vilka typer av antändningskällor som varit inblandade i olika slags bränder.

Även när det gäller beaktande av skyddssystemens inverkan är det viktigt att fundera en stund över tillförlitligheten hos dessa system. Kommer tex ett sprinklersystem att med 100% sannolikhet fungera i händelse av brand? Svaret kommer i ett lite större perspektiv att bli nej. Erfarenheten visar att det inte i alla lägen går att lita på att de skyddssystem som installerats för att höja säkerheten på ett objekt. Därför är det viktigt att man vid bedömning av säkerheten på objekt där sådana installationer gjorts, kanske för ersätta någon annan brandteknisk skyddsåtgärd tex generösare brandcellsindelning, undersöker vad som händer om installationen inte fungerar som den skall. En användbar modell för att presentera problemet i situationer av denna typ är sk händelseträdsanalys. Tillvägagångssättet visas schematiskt mha exemplet nedan:

En lokal är försedd med ett antal aktiva skyddssystem. Dessa system samt deras tillförlitlighet är:

- Automatisk vattensprinkleranläggning (tillförlitlighet 95%)
- Automatisk brandgasventilation styrd av rökdetektorer (tillförlitlighet detektorer 90%, rökluckor 85%)

Förutsatt att brand inträffat kan nu följande händelseträd ritas upp med hjälp av programmet Precision Tree (Se bilaga F):



Figur 7.3 Händelseträd för exempel 7.1

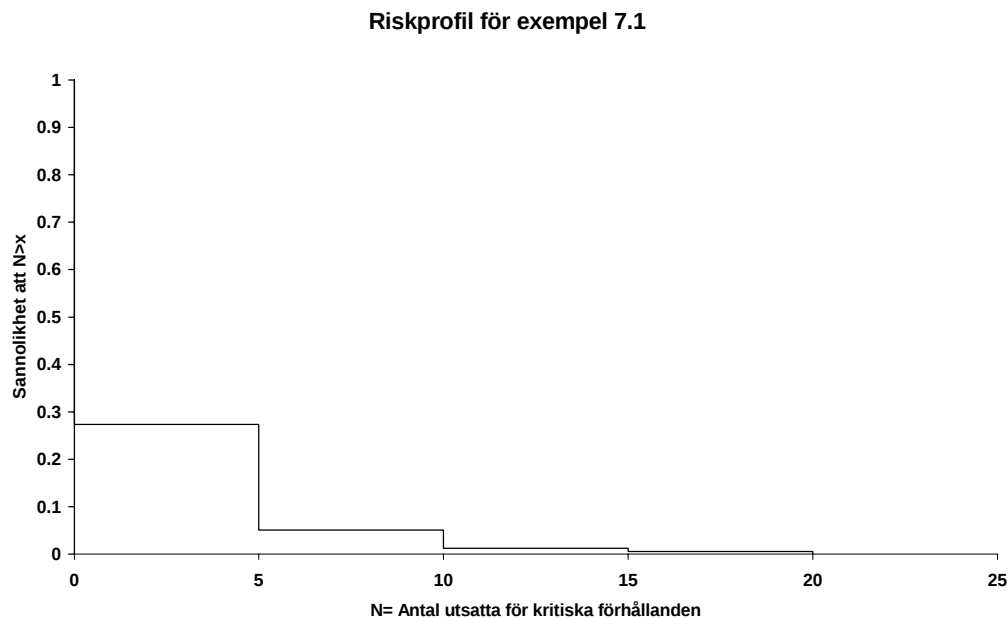
I trädet är det möjligt att från initialhändelsen, dvs brand, följa respektive gren ut och multiplicera sannolikheterna för att på så sätt få ut sannolikheten för varje sluthändelse. Tex kan utläsas att sannolikheten att samtliga system skall fungera tillfredsställande är ca 73 %. För varje sluthändelse måste konsekvenserna undersökas och föras in i händelseträdet.

I detta exempel har konsekvenserna, dvs antal utsatta för kritiska förhållanden, antagits enligt figur 7.3 ovan.

Ur detta kan utläsas att när alla skyddssystem tillförlitlighet tagits i beaktande kommer väntevärdet för antal personer utsatta för kritiska förhållanden att vara 1.7 per brand.

En annan viktig parameter att studera med händelseträdsmetodiken är hur konsekvenserna påverkas av tex att en utrymningsväg är blockerad. Sannolikheterna för detta är i dagsläget mycket svåra att bestämma och man får ofta förlita sig på att göra en kvalificerad ingenjörsmässig bedömning från fall till fall.

Ett alternativt sätt att redovisa resultatet från händelseträdet i figur 7.3 är att konstruera en sk riskprofil för detta:



Figur 7.4 Riskprofil tillhörande händelseträdet i figur 7.3

Riskprofilen ritas som en trappstegsfunktion efter ökande konsekvens. Kurvans skärning med Y-axeln (i exemplet ≈ 0.27) utgör summan av sannolikheterna för alla de delscenarier vars konsekvens överstiger 0. Ur riskprofilen kan också utläsas t ex att sannolikheten att fler än 5 personer utsätts för kritiska förhållanden är 0.05 och sannolikheten att fler än 10 personer utsätts är ca 0.01. I detta exempel utgicks det ifrån att branden hade startat. För att ytterligare förbättra resultatet borde alla sannolikheter multipliceras med sannolikheten att brand verkligen uppstår.

Det faller sig naturligt att ett objekts riskprofil är gynnsammare ju närmare nedre, vänstra hörnet kurvan ligger. Här har man ju små sannolikheter och små konsekvenser. Den kanske största nyttan av riskprofiler har man när det gäller att jämföra olika skyddssystemens värde i förhållande till varandra, då det är möjligt att rita in riskprofilerna för alla systemkombinationer i samma diagram för att sedan jämföra dessa med varandra.

För en detaljerad genomgång av ovanstående metoder, se /15/ - "Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand".

7.3 Utrymningssimulering

Tiden det tar att utrymma en byggnad kan fås antingen genom beräkning med hjälp av metoder som beskrivs i kapitel 6 eller genom datorsimulering.

Det finns idag kommersiellt tillgängliga program som simulerar utrymningsförlopp och där användaren kan följa förloppet grafiskt på monitorn (tex SIMULEX).

Här utgår man från en CAD-ritning av objektet, där man placerar in det antal personer som man vill ska delta i utrymningen. Dessa personer kan förses med olika egenskaper vad gäller reaktionstider samt styrs till olika utgångar.

Den största fördelen med denna typ av program är att det är möjligt att få en bild över var i byggnaden det kan tänkas uppstå "flaskhalsar" med köbildning som följd.

Resultatet av alla dessa metoder är att man kan få fram tiden det tar att utrymma lokalen.

Denna tid skall sedan jämföras med tiden till kritiska förhållanden vid brand.

7.4 Hänsyn till osäkerheter i indata

Vid all brandteknisk dimensionering kommer man att ha varierande grad av osäkerhet i indata till sina beräkningar och simuleringar. Exempel på variabler behäftade med stora osäkerheter kan vara: brandens tillväxthastighet, brandens varaktighet och maxeffekt, antal utrymmande i ett utrymningsscenario osv. För att komma till rätta med osäkerheter av detta slag krävs att man gör en osäkerhetsanalys av viktiga indata som man använder i sina beräkningsmodeller.

En vedertagen metod att undersöka huruvida, och i så fall hur mycket, resultaten av en beräkning påverkas av osäkerheter i indata är att låta känsliga indata representeras av en fördelning istället för ett fixt, osäkert värde. På så sätt är det möjligt att ta hänsyn till variationer och få ett resultat som i de allra flesta fall ligger närmare "sanningen".

7.4.1 Exempel

För att beskriva metodiken och samtidigt visa dess fördelar gentemot att endast använda fixa värden som indata ges nedan ett exempel. I detta exempel utvärderas en brand belägen i en lokal med viss geometri, dels med hjälp av det grova scenariebeskrivningsverktyget i kapitel 5 och dels med hänsyn till osäkerheter i indata. I fallet där scenariebeskrivningsverktyget används kommer endast ett fall att undersökas. Detta är ej ett rekommendabelt sätt att använda verktyget (se kap 5) men görs här för att påvisa skillnaden.

Förutsättningar:

Man vill undersöka hur lång tid det tar innan kritiska förhållanden kommer att råda i en lokal med 1000 m² golvarea, en takhöjd på 5.5 m och en öppningsarea på 8 m² (fyra dörrar).

Kriteriet för kritiska förhållanden är rökgaslagrets höjd $< 1.6 + 0.1 \cdot h$, dvs 2.15 m. Branden är belägen mitt i rummet och tillväxthastigheten bedöms som Fast ($\alpha = 0.0469 \text{ kW/s}^2$).

Maxeffekten bedöms bli ca 3 MW.

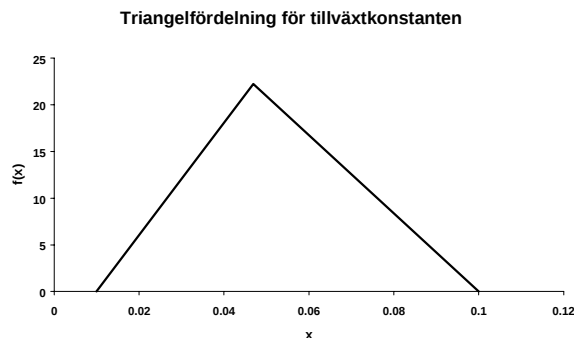
Scenariebeskrivningsverktyget:

Förutsättningarna ger att Effektutveckling D skall användas (Fast tillväxt till 3 MW enligt bilaga B). Denna tillsammans med takhöjden och öppningsarean ger vilket diagram som skall avläsas i bilaga C. Resultatet blir att tiden till kritiska förhållanden avläses till 380 s. Som tidigare nämnts är detta handhavande inte rekommendabelt. I kapitel 5 ges förslag på hur verktyget kan användas för att få mera tillförlitliga resultat.

Hänsyn till osäkerheter i indata:

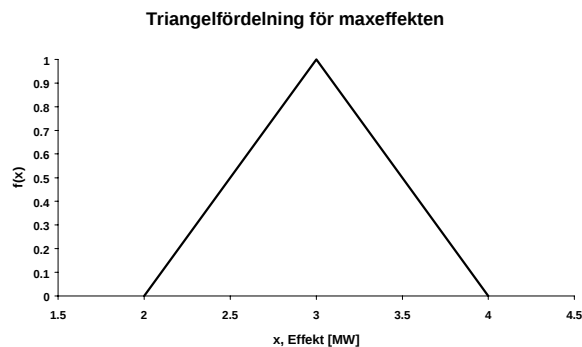
Tiden till kritiska förhållanden är i detta fall i grunden en funktion av tillväxthastigheten och maxeffekten. (Även här kommer effekten att hållas konstant under resten av förloppet då den nått sitt maxvärde. Detta är i sig tvivelaktigt men jämförelsen med verktyget ovan kräver det.) De variabler som skall studeras är alltså tillväxthastigheten och maxeffekten och dessa skall här ges fördelningar i stället för fixa värden.

Tillväxthastigheten ges en triangel fördelning med Fast som det mest troliga värdet och i övrigt enligt figur 7.5 nedan:



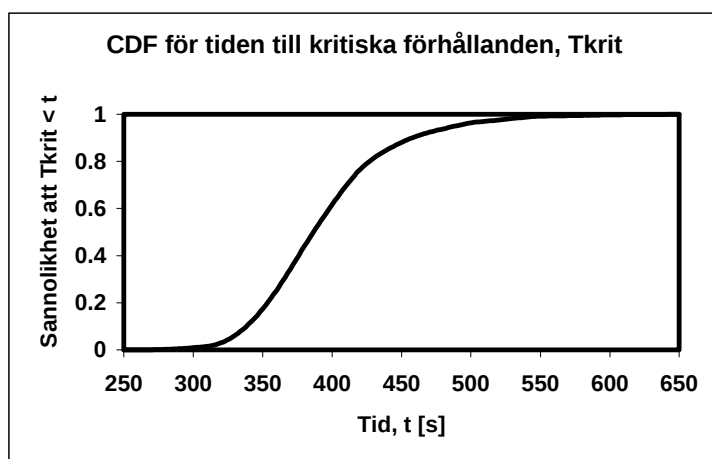
Figur 7.5 Vald fördelning för tillväxtkonstanten ($\text{triangel}(0.01, 0.0469, 0.1)$)

Maxeffekten tilldelas en triangel fördelning med 3 MW som det mest troliga värdet och i övrigt enligt figur 7.6 nedan:



Figur 7.6 Vald fördelning för maxeffekten ($\text{triangel}(2, 3, 4)$)

Dessa fördelningar används sedan som indata vid analysen av tid till kritiska förhållanden. Hur denna analys utförs redovisas i Bilaga F, avsnitt F5. Resultatet kan presenteras tex som en sannolikhetsfördelning för tiden till kritiska förhållanden i lokalen enligt figur 7.7:



Figur 7.7 Sannolikhetsfördelning för tiden till kritiska förhållanden

Ur denna kan utläsas sannolikheten att tiden till kritiska förhållanden är kortare än en viss tid. Om man tex jämför med den tid som erhöles vid användning av scenariebeskrivningsverktyget enligt ovan, 380 s, kan här utläsas att det med ca 40 % sannolikhet är så att tiden blir kortare än så. Således har man vid analysen med scenariebeskrivningsverktyget ”missat” ett stort antal fall där förhållandena blir värre än beräknat.

I bilaga F redovisas den metodik och de program som använts vid analysen där hänsyn till variationer i indata tagits.

På samma sätt måste osäkerheter i indata analyseras för beräkningen av utrymningstiden för en lokal eller byggnad. De variabler som är behäftade med stora osäkerheter i dessa sammanhang är tex antal personer som förväntas behöva utrymma, deras varseblivnings- och reaktionstider samt vilka vägval de kommer att göra under utrymningen.

7.5 Förslag på litteratur för vidare studier

Nedan ges förslag på ett antal publikationer som kan vara av intresse inom detta område.

- Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand, **Boverket rapport 1997:9** /15/
- Design fire scenarios and design fires, **ISO/CD 13388** /14/
- **Davidsson G., m.fl.** Värdering av risk. **Statens Räddningsverk 1997** /16/
- **Särdqvist S.**, Initial fires. **LTH - Brandteknik 1993** /2/

8 Brandskyddsdocumentation - hjälpmedel vid brandsyn

8.1 Nuvarande byggregler

I och med BBR 94 kom kravet på upprättande av brandskyddsdocumentation i samband byggnation. Dokumentationen uppdateras eftersom och skall vid slutbesiktning av byggnaden vara komplett. Dokumentet kan, förutom under uppförandefasen, användas tex vid brandsyn. Andra användningsområden kan vara internt brandskyddsarbete, eller som hjälp för uttryckningsledare och försäkringsbolag. I det interna brandskyddsarbetet kan dokumentationen vara till stor hjälp vid upprättande av kontrollplan enligt PBL (Plan- och bygglagen).

I brandskyddsdocumentationen skall man i första hand få svar på förutsättningarna för utförande samt brandskyddets utformning.

Hur kan då en väl utformad brandskyddsdocumentation vara till nytta vid brandsyn? Innan vi ger oss in på det presenteras i korthet hur en brandskyddsdocumentation som uppfyller BBR-kravet skulle kunna se ut.

Nedanstående avsnitt bygger på boken "brandskyddsdocumentation" /8/ från Svenska brandförsvarsföreningen, samt Boverkets "Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand" /15/.

8.1.1 Vad en brandskyddsdocumentation bör innehålla:

1. Inledning

Här bör tex uppgifter om vem som upprättat dokumentationen, på vems uppdrag och enligt vilka regler detta skett finnas. Utöver detta bör även framgå fastighetsbeteckning och uppgift om byggherre.

2. Byggnadsbeskrivning

Här görs en enkel byggnadsbeskrivning med uppgifter om bl a antal våningar, typ av byggnad, verksamhet samt speciella risker förknippade med verksamheten. För samlingslokaler tillkommer bl a antal gäster/besökare/sittplatser.

3. Dimensionerande förutsättningar

Under denna rubrik anges vilken eller vilka variabler som är dimensionerande för objektet. Exempel på sådana faktorer kan vara antal berörda personer, antal våningar, brandbelastning, brandeffekter, riskklasser för sprinkler etc.

Att ange de detaljer som är av avgörande betydelse för brandskyddet kan också underlätta vid upprättandet av kontrollplan enligt PBL (Plan- och bygglagen).

4. Avsteg

Här sammanfattas alla avsteg från gällande byggregler.

5. Utrymning

Under denna rubrik bör den allmänna utrymningsstrategin redovisas. Här skall finnas en kortfattad beskrivning av utrymningsvägarna vad gäller tex antal, utseende och placering. I de fall nyanserade beräkningsmodeller använts skall detta redovisas här. Det bör observeras att om beräkningar används krävs dimensioneringskontroll vilket kan innefattas i byggherrens egenkontroll (BBR 94, avsnitt 5:14).

Vad gäller utrymningsskyltning bör dokumentationen innehålla information om var skyltar skall placeras i byggnaden samt vilken typ som skall användas. Utöver detta skall det i drift och underhållsjournal (BBR 94, avsnitt 2:41) där brandskyddsdokumentationen ingår finnas skriftliga instruktioner för idrifttagande och provning samt hur skötsel och underhåll skall utföras.

6. Åtgärder för att förhindra snabb brandspridning

Inom brandcell:	Här beskrivs ytskikt och beklädnader.
Mellan brandceller:	Här redovisas brandcellsindelning och brandklasser på tex väggar, bjälklag och dörrar på ritning.
Till annan byggnad:	Här beskrivs brandväggar, taktäckning, avstånd till annan byggnad mm.

7. Ventilation

Under denna rubrik beskrivs kortfattat ventilationssystemet i byggnaden. Vidare skall funktionen vid brand redovisas.

Vid installation av brandgasventilatorer bör detta redovisas med angivande av vilka beräkningar eller schabloner som använts. Vidare bör redovisas vilken typ av brandgasventilatorer som skall användas, var dessa skall placeras, hur tilluft säkerställts samt vilken typ av utlösninganordning som installerats (automatisk eller manuell). Utöver detta skall det i drift och underhållsjournal (BBR 94, avsnitt 2:42 finnas skriftliga instruktioner för idrifttagande och provning samt hur skötsel och underhåll skall utföras.

8. Uppvärmningsanordningar

Här ges en kort teknisk beskrivning av installationen. Exempel: Oljeeldad alternativt vedeldad panna, värmepump, elradiatorer, fjärrvärma etc. Även eventuella bränsleförråd skall beaktas.

9. Bärverkens brandtekniska klass

Under denna rubrik ges en enkel teknisk beskrivning av byggnadsdelar som bjälklag, entresoler, brandcellsavskiljande väggar och tak samt deras brandtekniska klass ur bärverkssynpunkt.

10. Räddningstjänstens insatsmöjligheter

Här redovisas inre och yttre tillträdesvägar, deras beskaffenhet och placering i byggnad/omgivning. Även uppställningsplats för räddningstjänstens fordon och ev räddningsväg redovisas.

11. Brandtekniska installationer

Här redovisas de brandtekniska installationer som gjorts i byggnaden. Man skiljer på manuella och automatiska samt aktiva och passiva installationer. Om installationen ersätter (sk tekniskt byte) eller kompletterar andra brandskyddskrav enligt BBR bör detta anges. Vidare bör syftet med installationen redovisas. Utöver detta skall det i drift och underhållsjournal (BBR 94, avsnitt 2:42) finnas skriftliga instruktioner för idrifttagande och provning samt hur skötsel och underhåll skall utföras.

12. Verifiering

Under denna rubrik redovisas antagna förutsättningar. Här görs även en redovisning av hur ställda krav uppfylls. Redovisningen skall innehålla provningsresultat eller beräkningar eller en kombination av dessa. För utförda beräkningar redovisas också förutsättningar, använda formler samt gjorda känslighetsanalyser.

13. Egen ambition / Försäkringskrav

Om åtgärder gjorts för att förbättra det brandtekniska skyddet utöver kraven i BBR redovisas detta här.

14. Ritningsbilagor

- | | |
|---|--|
| 1 | Situationsplan |
| 2 | Plan- och sektionsritningar över brand och utrymning |
| 3 | Klassningsplaner (Brandfarlig vara) |
| 4 | Detaljrutningar (sektioner, byggnadsdelar, brandtekniska installationer etc) |

15. Textbilagor

- | | |
|---|--|
| A | Beräkningar och intyg angivna under "Brandtekniska installationer" |
| B | Mötes- och besiktningsprotokoll |
| C | Utredningar |
| D | Kontroll och underhållsplaner |

8.1.2 Hjälpmedel vid brandsyn

Först resonerar vi lite kring hur en brandskyddsdokumentation uppförd enligt denna mall skulle kunna vara till nytta vid föräntande av brandsyn. Här används utgångspunkten att man i brandsyneföräntandet skall sträva efter att i möjligaste mån använda sig av scenariotänkande. Detta innebär att man hela tiden har för ögonen vad som kan hända på just det här specifika objektet och vad som gjorts för att förhindra brand eller begränsa skadorna av inträffad brand. En annan utgångspunkt är att detta i första hand gäller samlingslokaler.

Det är givetvis så att det kan finnas situationer då alla ingående punkter i redogörelsen ovan skulle vara till nytta men här tas endast de mest intressanta ur scenariohänseende upp.

-Att undersöka vad som använts som dimensionerande förutsättningar är viktigt ur flera aspekter: Har rätt faktorer använts som dimensionerande och räcker dessa för att ge en heltäckande riskbild av objektet? Har man med dessa dimensionerande förutsättningar täckt in alla relevanta händelseförlopp?

-Det är mycket viktigt att man vid brandsynen vet vilka avsteg från gällande bygglagstiftning som gjorts. Detta för att undvika att krav ställs på detaljer som förvisso i sig inte blivit uppfyllda, men som kanske inte är nödvändiga med tanke på den totala säkerheten på objektet. Exempel på ett sådant avsteg kan vara ett så kallat tekniskt byte, där man exempelvis tillåtit en öppnare planlösning eller en minskning av vissa byggdelaers avskiljande förmåga i utbyte mot att anläggningen försäts med släckande vattensprinkler.

-Om man som brandsyneförättare inte har kännedom om vilken strategi som använts för att säkerställa utrymningen på ett objekt kommer det att vara mycket svårt att kontrollera om alla verkligen kommer att hinna sätta sig i säkerhet innan kritiska förhållanden uppstår. Finns det däremot tillgång till en väl utformad dokumentation gällande utrymningsstrategi och vilka förutsättningar som antagits blir brandsyneförättandet mer en form av kontroll av redan färdiga lösningar. I de fall nyanserade beräkningsmodeller och datorsimuleringar använts vid dimensioneringen skall dessa anges under denna rubrik och även här blir brandsyneförättarens roll att kontrollera riktigheten i gjorda antaganden och förutsättningar. För att kunna utföra denna kontroll krävs att man som brandsyneförättare har goda kunskaper om utrymningsdimensionering och de modeller som används vid sådan dimensionering, annars kan man omöjligen skapa sig en uppfattning om huruvida säkerhetsnivån på objektet är rimlig eller inte.

-En ritning med alla brandcellsgränser inritade kan vara till stor hjälp när det gäller kontrollen av att deras tänkta funktion upprätthålls. Om avsteg från byggreglerna gjorts vad gäller åtgärder för att förhindra brandspridning, både inom och mellan brandceller, är det av stor vikt att man som brandsyneförättare får information om detta. För att kunna bedöma huruvida dessa avsteg är försvarbara eller ej krävs att man också får veta motiveringen till dem samt om eventuella kompenserande åtgärder vidtagits. I en väl utformad brandskyddsdokumentation bör svar på alla dessa frågor kunna hittas. Det krävs givetvis att man som brandsyneförättare har erforderliga kunskaper om brands uppkomst och spridning för att kunna göra kvalificerade bedömningar om de avsteg som gjorts är försvarbara.

-Ventilationens funktion vid brand är av stort intresse. Ventilationssystemet måste vara dimensionerat så att ingen brandrök kan sprida sig via detta över brandcellsgränserna. En väl dokumenterad funktion vid brand underlättar kontrollen av att så verkligen är fallet.

-Om räddningstjänstens insats är en förutsättning för att utrymning av ett objekt skall ske tillfredsställande är redovisningen av detta i brandskyddsdokumentationen till stor nytta vid brandsyneförättningen. I de flesta fall måste dock objektet utrymmas inom så kort tid att man inte kan räkna med assistans från räddningstjänsten. Informationen under denna punkt är ju av stort intresse för den operativa sidan av räddningstjänsten och det är mycket viktigt att kommunikationen mellan förebyggande och operativa avdelningar fungerar. Det kanske är vanligare med förebyggande brandsyn än orienteringsövningar med insatsstyrkorna på ett

objekt och det är viktigt att man som brandsyneförättare förmedlar eventuell ny information som kan komma att ändra förutsättningarna för den operativa sidan vid en insats.

-Förekomsten av brandtekniska skyddsinstallationer blir allt vanligare och det är viktigt att man som brandsyneförättare får klart för sig syftet med installationen och om det eventuellt rör sig om ett tekniskt byte.

-Om nyanserade beräkningsmetoder använts vid dimensioneringen av utrymningssäkerheten på ett objekt är det en förutsättning att man som brandsyneförättare kan göra klart för sig vilka förutsättningar beräkningarna är gjorda efter och vilka metoder som använts. En väl utformad brandskyddsdokumentation skall kunna ge svaren på frågor av denna typ.

Ovanstående stycke visar endast på en del av den viktiga, för att inte säga oundgängliga, information en brandsyneförättare kan hämta ur en väl utformad brandskyddsdokumentation. Det är tydligt att man i framtiden som brandsyneförättare måste besitta goda kunskaper om de dimensioneringsmetoder som används i allt högre utsträckning, där gamla detaljkrav kan frångås förutsatt att säkerhetsnivån på objektet kan bevisas godtagbar. Utan erforderliga kunskaper inom de områden som ovan nämnda dimensioneringsmetoder bygger på kommer det att vara en omöjlig uppgift att kontrollera om säkerhetsnivån på ett objekt uppfört enligt dessa är godtagbar eller inte.

8.2 Äldre bygglagstiftning

Innan BBR-94 fanns inget krav på att brandskyddsdokumentation skulle uppföras i samband med byggnation. Detta innebär givetvis att de allra flesta objekt i dagsläget saknar utförlig brandskyddsdokumentation även om det för de flesta förmodligen finns någon form av dokumentation t.ex. ritningar, besiktningsprotokoll osv. Hur skulle då en dokumentation för en äldre samlingslokal kunna se ut? Vad skulle den behöva innehålla för att man skulle kunna ha nytta av den vid en brandsyn? Med utgångspunkt i vad som sagts i föregående avsnitt gällande byggnader uppförda enligt BBR-94 redovisas här ett förslag på hur en brandskyddsdokumentation för samlingslokaler uppförda innan BBR-94 skulle kunna se ut.

• Inledning / byggnadsbeskrivning

Under denna punkt redovisas vem som upprättat dokumentationen, när detta ägt rum och när eventuella revideringar gjorts. Här skall också en enkel beskrivning av byggnaden finnas. När uppfördes den? Vilken typ av byggnad rör det sig om? Hur många våningar har den? Finns det några speciella risker förknippade med verksamheten etc?

Denna punkt är viktig kanske framför allt vid förberedelserna inför besöket. Här bör finnas den information man måste ha klart för sig redan när man kommer till objektet för att man på ett effektivt sätt skall kunna inrikta sig på väsentligheterna vid besöket.

• Brandbelastning och övriga dimensionerande förutsättningar

Vilka förutsättningar kommer att vara dimensionerande ur brandskyddssynpunkt på objektet? Hur stor är brandbelastningen? Hur är det brännbara materialet fördelat i byggnaden? Finns det några speciellt tänkbara användningskällor på objektet?

Svaren på frågor av denna typ bör finnas redovisade i brandskyddsdokumentationen. Detta för att brandsyneförättaren snabbt och enkelt skall kunna bilda sig en uppfattning om riskbilden på objektet.

- **Utrymningsstrategi**

Detta är den kanske viktigaste punkten ur brandsynespunkt. Hur har utrymningssäkerheten på objektet lösts? Denna fråga är direkt relaterad till personsäkerheten på objektet och kan därför vara avgörande för om åtgärder måste vidtas eller ej.

Här bör vald strategi för utrymningen redovisas, samt vilka utrymningsvägar som finns att tillgå och hur de är beskaffade. I möjligaste mån bör en analys av tiden det tar att utrymma byggnaden göras, vilken om så är fallet skall redovisas här. För att man som brandsyneförrättare skall kunna bedöma rimligheten i en sådan analys bör alla de förutsättningar och antaganden som använts i analysen också redovisas här.

- **Brandens spridning och rökfyllnadsförlopp**

Här bör man redovisa vad som gjorts för att förhindra snabb brandspridning både inom och mellan brandceller, se punkt 6 under nuvarande byggregler.

I möjligaste mån bör även här utföras en analys angående hur lång tid det tar innan kritiska förhållanden uppstår i olika delar av byggnaden vid olika dimensionerande bränder. Här bör även ventilationssystemets funktion vid brand redovisas, då denna kan vara avgörande för hur ett rökfyllnadsförlopp i byggnaden kommer att se ut. Även här måste alla förutsättningar, antaganden och känslighetsanalyser redovisas. Dessa tider kan sedan jämföras med tiden det tar att utrymma byggnaden för att se om en rimlig säkerhetsmarginal finns.

Uppgiften för brandsyneförrättaren kommer i ett sådant fall att bli att undersöka huruvida gjorda antaganden är rimliga och om samma förutsättningar fortfarande gäller.

- **Brandtekniska installationer**

I de fall brandskyddstekniska installationer finns gjorda på objektet bör deras funktion prestanda redovisas i brandskyddsdokumentationen. Här bör även syftet med installationen samt hur ett eventuellt brand- och rökfyllnadsförlopp kommer att påverkas av den redovisas. Om installationen utgör ett sk tekniskt byte bör detta redovisas i dokumentationen.

Där så är möjligt bör en analys av installationens påverkan på förloppet och tiden till kritiska förhållanden med hänsyn tagen till dess tillförlitlighet utföras. Även här måste alla förutsättningar, antaganden och gjorda känslighetsanalyser redovisas.

- **Räddningstjänstens insatsmöjligheter**

Framför allt om en insats av räddningstjänsten är en förutsättning för att utrymning skall kunna ske tillfredsställande, t.ex. genom assistans med höghöjdsfordon, bör dess insatsmöjligheter redovisas i brandskyddsdokumentationen.

- **Ritnings- och textbilagor**

Se punkt 14 och 15 under nuvarande byggregler.

En brandskyddsdokumentation uppförd enligt ovan skulle innebära att brandsyneförrättarens funktion främst skulle bli att kontrollera att gjorda antaganden och förutsättningar är rimliga och fortfarande gäller. En fråga som måste lösas är vem som skall stå för upprättandet och uppdateringen av en sådan dokumentation. En god lösning torde vara att verka för att få anläggningsägaren att inse fördelarna med att en dokumentation upprättas och på detta sätt få denne intresserad av att så sker.

9 Referenslista

- /1/ SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. **NFPA 1995**
- /2/ **Särdqvist S.**, Initial fires. **LTH - Brandteknik 1993**
- /3/ **Ondrus J.**, Brandfölopp. **LTH - Brandteknik 1990**
- /4/ **Jönsson R., Frantzich H., Karlsson B., Magnusson S E., Ondrus J., Petterson O., Bengtsson S., Osterling T., Thor J.**, Brandskydd Teori & praktik. **Brandskyddslaget, LTH -Brandteknik 1994**
- /5/ BBR 94. **Boverket 1993**
- /6/ **Abrahamsson M., Abrahamsson S., Delin M., Larsson R.**, Brandteknisk riskvärdering - Safari Kök Bar Show - Linköping. **LTH -Brandteknik 1997**
- /7/ **Michal O.**, Brandsyn förr och nu. **Statens Räddningsverk 1993**
- /8/ **Fallqvist K., Milovancevic M.**, Brandskyddsdocumentation. **Svenska Brandförsvarsföreningen 1995**
- /9/ **Gardell A.**, Fördjupad brandsyn. **Räddningstjänsten Linköping 1995**
- /10/ National estimates - Report 25, Tally - Report 22, **NFIRS**
- /11/ **Karlsson B, Quintiere J.** Enclosure Fire Dynamics - a first draft of a student textbook **LTH -Brandteknik , 1997**
- /12/ **Ahlström A, Eliasson A, Granvik E, Åkesson O.** Brandteknisk utvärdering av Domus Lund **LTH -Brandteknik , 1992**
- /13/ **Andersson B, Jönsson D, Larsson L, Strandh L.** Brandteknisk utvärdering av Norreportsklan Ystad **LTH -Brandteknik , 1994**
- /14/ ISO/CD 13388 Design fire scenarios and design fires
- /15/ Utvärdering av ändringar i byggregleringen: Brand, **Boverket rapport 1997:9**
- /16/ **Davidsson G., Lindgren M., Mett L.** Värdering av risk. **Statens Räddningsverk 1997.**
- /17/ **Becker P., Nilsson M.**, Riskanalys och utvärdering av detektions- och släcksystem: En serviceanläggning tillhörande JAS 39 - GRIPEN, **LTH - Brandteknik , 1997**
- /18/ Räddningstjänstlagen (1986:1102)

Bilaga A

**Statistik rörande
användningskällor**

NFIRS

National estimates - Report 25

Summary of fire cause categories for structure occupancy classes /10/

Detta är en sammanställning av ovan nämnda rapport, gällande allmänna platser och handel.
Varje brandorsaks procentuella andel anges för respektive kategori. Endast en del av de kategorier som redovisas i rapporten visas här.

VERKSAMHETSKATEGORIER

Orsak	Allmän samlingssal	Restauranger, caféer osv.	Varuhus, kontor	Totalt antal bränder, alla kategorier
Anlagd brand, misstänkt	26,3%	9,0%	16,4%	20,3%
Barns lek med eld	1,4%	0,1%	0,6%	0,9%
Rökning	4,9%	4,7%	5,3%	5,2%
Uppvärmning	9,1%	7,1%	7,8%	7,1%
Matlagning	7,5%	38,5%	5,6%	13,9%
Eldistribution	13,2%	11,6%	17,4%	13,0%
Anordningar, apparater	6,3%	5,5%	10,0%	9,4%
Öppen låga, glöd, fackla	6,1%	3,0%	6,5%	5,3%
Annan värmekälla, gnista	1,4%	0,9%	1,2%	1,1%
Annan utrustning	2,8%	1,3%	5,2%	4,0%
Naturliga orsaker	3,2%	1,5%	1,9%	1,8%
Exponering för annan brand	3,3%	1,7%	5,9%	3,4%
Okänd orsak	17,3%	15,0%	16,3%	14,7%
Brännbar vätska	1,2%	1,0%	1,3%	1,0%
Gas	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Totalt	100% (2 571 st)	100% (4 990 st)	100% (10 881 st)	100% (26 453 st)

NFIRS

Tally-Report 22

Utdrag ur ovan angivna rapport angivande frekvenser för brandens olika beståndsdelar.

Statistiken grundar sig på incidentrapporter i USA under 1995. (Ca 50% av alla incidenter har rapporterats)

VERKSAMHETSOMRÅDE	Andel av totala antalet incidenter i %
Oklassificerat	4,7
Allmänna samlingslokaler	1,9
• Nöje / rekreation	0,4
• Kyrkor	0,2
• Klubbar / discotek	0,1
• Bibliotek / museum	0,04
• Restauranger / caféer	0,9
• Passagerarterminaler	0,05
• Teatrar / studios	0,03
Lokaler för utbildning	1,0
Institutionella lokaler (Vårdhem mm)	0,7
Bostäder	30,1
Varuhus / kontor	3,2
• Mat-dryckförsäljning	0,6
• Textilier	0,09
• Hushåll-trädgård	0,1
• Specialaffär	0,1
• Hobby-fritid	0,1
• Detaljhandel	0,1
• Motorfordon-båtar	0,9
• Allmän försäljning	0,2
• Kontor	0,5
Basindustri/samhällsservice/försvar	2,6
Tillverkningsindustri	1,2
Lagerbyggnader	3,3
Speciell egendom (Utomhusanläggningar, vägar, flygplatser mm)	47,2
Uppgift saknas	3,2
Totalt	100,0 (Antal incidenter: 835 406)

TYP AV UTRUSTNING	Andel av totala antalet incidenter i %
Okänd utrustning	16,4
Värmesystem • Centralvärmeapparat • Varmvattenberedare • Fast värmeenhet • Inomhuseldstad	3,9 0,6 0,4 1,0 0,4
Matlagningsutrustning • Stationär spis • Stationär ugn • Fritös • Öppen grill	5,5 3,5 0,7 0,1 0,3
Luftkonditionerings- kylanordningar	0,3
Utrustning för eldistribution • Fast kablage • Transformatorer • Strömbrytare • Stickkontakt/sladd • Glödlampa	4,5 1,9 0,2 0,3 0,4 0,2
Apparater-redskap-utrustning • TV / radio / stereo • Torkskåp • Tvättmaskin	1,9 0,1 0,9 0,1
Speciell utrustning (övrig elutrustning mm)	1,5
Processutrustning	1,4
Service/underhållsutrustning	1,2
Övrigt • Ingen utrustning involverad	46,4 37,0
Uppgift saknas	16,4
Totalt	100,0 (antal incidenter 835 406)

TYP AV MATERIAL	Andel av totala antalet incidenter i %
Okänt	16,5
Gas	1,3
Brännbara vätskor • Bensin	8,3 5,7
Fasta ämnen/kemikalier • Fett, ister (mat) • Fett (icke mat) • Polermedel • Kåda / tjära • Fernissa	5,1 3,1 0,3 0,04 1,2 0,1
Plaster • Polyuretan • Polystyren • Polyvinyl • Polyester	7,3 0,4 0,1 1,9 0,1
Naturliga produkter • Gummi • Gräs / löv • Mat-stärkelse	16,8 2,0 12,6 1,1
Trä / papper • Sågat virke • Plywood • Obehandlat papper • Kartong, papp	14,7 5,3 0,8 3,4 0,6
Tyg / textilier / päls • Tillverkade fibrer • Bomull / rayon • Ull • Päls / siden	6,1 2,3 2,7 0,09 0,04
Oljebehandlade material • Behandlat papper • Vattentät segelduk	1,4 0,7 0,3
Övriga material	6,5
Uppgift saknas	15,4
Totalt	100,0 (antal incidenter: 835 406)

UTRYMME DÄR BRANDEN STARTAT	Andel av totala antalet incidenter i %
Utgångar etc. - Korridor - Utvändig trappa - Invändig trappa - Lobby, entré	9,5 0,4 0,1 0,1 0,2
Samlingsplatser - Vestibul, foajé - Försäljningsplats - Bibliotek	2,3 1,9 0,1 0,008
Funktionsutrymmen - Restaurangdel, cafeteria - Kök, matlagingsdel - Toaletter, omklädningsrum - Tvätttrum	13,1 0,2 7,2 0,8 1,2
Funktionsutrymmen (forts) - Rum med elektronisk utrustning - Process/tillverkningsutrymme	0,5 0,08 0,2
Lagerutrymmen Soprum / container	7,7 4,0
Schakt, kanaler, rör osv	1,9
Maskinrum etc	1,5
Byggnadsdel - Utvändig balkong, veranda - Golv, samlingsplats - Tak, samlingsplats - Väggar, samlingsplats - Utvändig vägg	5,1 0,5 0,2 0,8 0,4 1,4
Transport-/fordonsutrymme	20,4
Övrigt (Vägar, järnväg, öppna fält osv)	21,3
Uppgift saknas	16,2
Totalt	100,0 (antal incidenter 835 406)

TYP AV VÄRMEKÄLLA	Andel av totala antalet incidenter i %
Okänd	28,3
Bränsle driven objekt - Gnista, gasdriven utrustning - Värme, gasdriven utrustning - Gnista, vätskebränsle driven utrustning - Värme, vätskebränsle driven utrustning	9,6 0,9 3,1 0,5 1,6
Elektrisk utrustning - Kortslutning, vatten - Kortslutning, mekaniska orsaker - Kortslutning, dålig isolering - Kortslutning, ospecificerad	10,7 0,1 0,8 1,7 4,7
Rökning Cigarett	3,5 3,0
Öppen låga, gnista - Fackla - Ljus - Tändsticka - Tändare	16,4 0,7 0,4 6,3 1,5
Varmt föremål - Friktion - Varm aska - Elektrisk lampa - Elektrisk utrustning	9,3 0,9 1,1 0,3 3,9
Explosivämnen, fyrverkeri	1,0
Naturlig värmekälla - Solvärme - Självantändning - Åsknedslag	1,3 0,04 0,4 0,6
Exponering för annan brand - Direkt flampåverkan, konvektiv värme - Strålningsvärme - Flygande gnista	2,3 0,9 0,8 0,1
Övrigt	1,4
Uppgift saknas	15,6
Totalt	100,0 (antal incidenter 835 406)

DET ANTÄNDA MATERIALETS FORM	Andel av totala antalet incidenter i %
Okänd	14,6
Byggnadsdel, finish • Väggbeklädnad • Takbeklädnad • Golvbeklädnad	7,5 2,3 0,6 0,7
Möblering • Stoppade möbler • Skåp	3,0 2,1 0,3
Tyger, kläder osv • Madrass, kudde • Lakan • Kläder • Gardiner, ridåer	3,5 0,9 0,7 0,9 0,2
Prydnadssaker	1,2
Förråd o.dyl.	1,4
Utrustning för eldistribution etc • Elektrisk kabel	14,3 6,8
Allmän form • Sopor, skräp • Matlagingsmaterial	26,3 8,4 4,2
Speciell form • Damm	2,7 0,5
Annan form	9,0
Uppgift saknas	15,9
Totalt	100,0 (antal incidenter 835 406)

ORSAK TILL ANTÄNDNING	Andel av totala antalet incidenter i %
Okänd	24,8
Anlagd brand	8,8
Misstänkt	9,2
Missbruk av värmekällor	15,4
• Övergivet ljus osv	5,8
• Bristande kontroll	3,7
• Barns lek	2,6
Missbruk av material	4,4
• Bränslespill	0,6
• Brännbart material för nära värmekälla	2,0
Fel på mekanism, felfunktion	20,3
• Kortslutning	6,1
• Annat elektriskt fel	2,3
Konstruktions-/installationsfel	2,4
• Installation för nära värmekälla	1,5
Operativ brist	6,5
• Övervakning saknas	3,6
Naturliga förhållanden	1,2
• Åska, blix	0,7
Övrigt	3,5
Uppgift saknas	2,7
Totalt	100,0 (antal incidenter 835 406)

Andra informationskällor:

Det finns ett stort antal källor att hämta information när det gäller brandorsaker och antändningskällor. Nedan följer en förteckning över några av dessa informationskällor:

- **BSI Standards – Fire** (Storbritanien)
- **FIRE ENGINEERING GUIDELINES** (Australien)
- **Sveriges Försäkringsförbund: B1 - Statistik**

Bilaga B

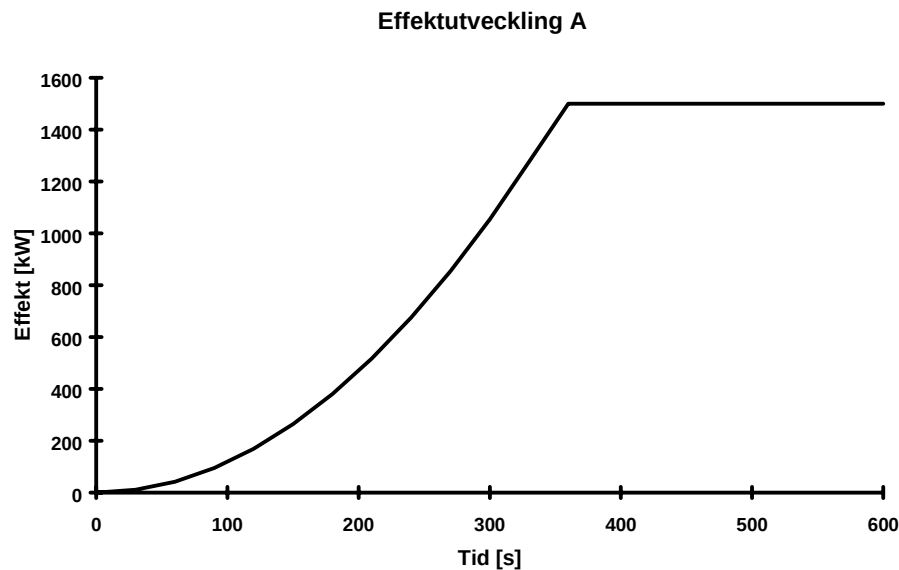
Beskrivning av använda effektutvecklingar

Effektutvecklingar till scenariebeskrivningsverktyget

Det har flera gånger i denna rapport påpekats att det är mycket svårt att välja ”rätt” dimensionerande brandeffekt. En generalisering av det slag som gjorts i detta verktyg innebär att man tillför än mer osäkerheter när det gäller att bestämma denna. Jag vill återigen belysa vikten av att testa flera olika effektutvecklingar för att täcka in dessa osäkerheter och på så sätt få fram ett intervall inom vilket tiden till kritiska förhållanden varierar.

Effektutveckling A

Nedanstående diagram visar effektutveckling A:



Figur B1: Effektutveckling A

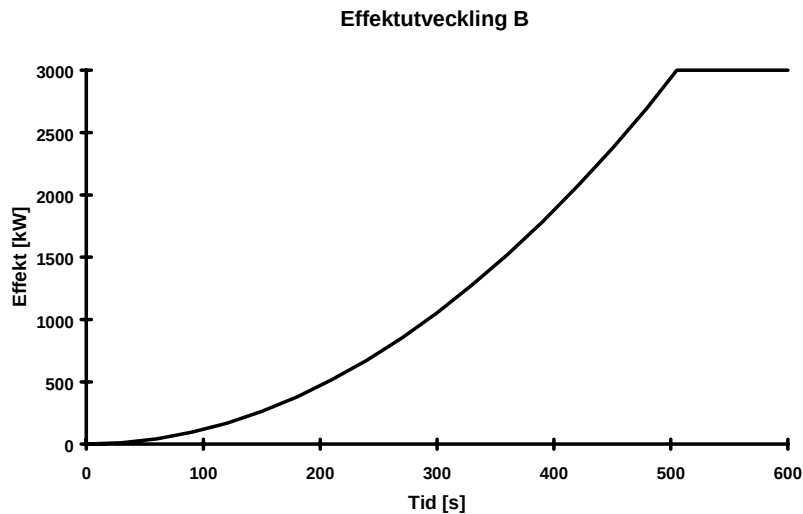
För att få en känsla av hur stor brand 1.5 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 1 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling A. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En soffa fylld med PUR-skum antänds. Vid maxeffekten 1.5 MW förbränns ca 50 g per sekund vilket skulle kunna motsvara en tvåsitssoffa av normalstorlek. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 30 kg brännbart material ($\Delta H_C = 30 \text{ MJ/kg}$)
- En stapel med trästolar antänds (lagringshöjd ca 50 cm) och intill finns ett antal likadana staplar som antänds så att max fyra staplar brinner samtidigt. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 40 kg brännbart material ($\Delta H_C = 20 \text{ MJ/kg}$)

Effektutveckling B

Nedanstående diagram visar effektutveckling B:



Figur B2: Effektutveckling B

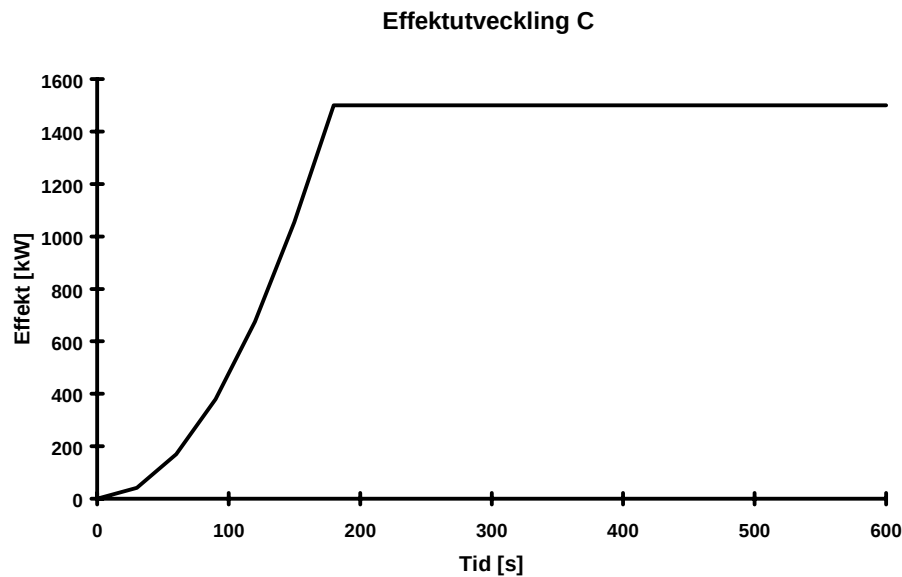
För att få en känsla av hur stor brand 3 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 2 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling B. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En jacka i ett klädställ börjar brinna och branden sprider sig till intillhängande jackor. Maxeffekten 3 MW skulle motsvara en brandarea på 0.8*10 m² vid en avbrinningshastighet på 0.018 kg/m²s (polyester). Det skulle krävas ca 30-35 kg polyester för att kunna underhålla branden under hela förloppet ($\Delta H_C = 30$ MJ/kg).
- Träpanelen i taket i en lokal antänds och elden sprider sig utmed taket utan att nämnvärt antända väggar och inredning. Vid maxeffekten 3MW brinner ca 15-20 m² av taket och för att kunna följa denna utveckling under hela förloppet krävs ca 50-55 kg träpanel ($\Delta H_C = 20$ MJ/kg).

Effektutveckling C

Nedanstående diagram visar effektutveckling C:



Figur B3: Effektutveckling C

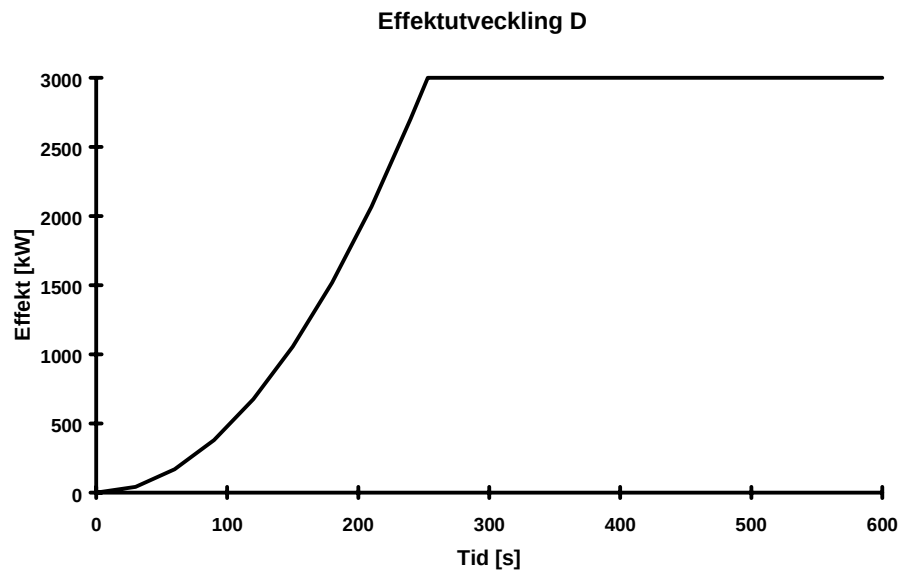
För att få en känsla av hur stor brand 1.5 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 1 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentant.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling C. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En soffa fylld med PUR-skum antänds. Vid maxeffekten 1.5 MW förbränns ca 50 g per sekund vilket skulle kunna motsvara en tvåsitssoffa av normalstorlek. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 30 kg brännbart material ($\Delta H_C = 30 \text{ MJ/kg}$)
- En ca 0.5 m hög stapel med lastpallar antänds. Elden sprider sig till intilliggande staplar men endast en åt gången brinner med full effekt. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 40 kg brännbart material ($\Delta H_C = 20 \text{ MJ/kg}$).

Effektutveckling D

Nedanstående diagram visar effektutveckling D:



Figur B4: Effektutveckling D

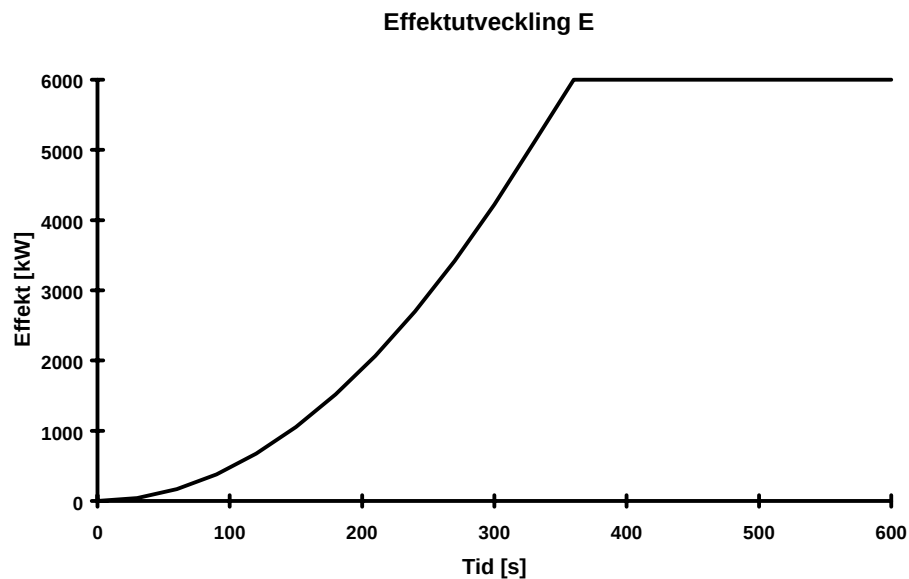
För att få en känsla av hur stor brand 3 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 2 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling D. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- Soffa med fyllning av polyuretaskum antänds. För att den ska kunna brinna under tio minuter med denna effektutvecklingskurva måste den innehålla ca 45 kg PUR-skum. Detta kan tyckas mycket men ett alternativ är att elden sprider sig från soffan tex kanske till en närbelägen soffa eller annan inredning.
- Kläderna i garderoben antänds. Maxeffekten 3 MW skulle motsvara en brandarea på 0,8*10 m² vid en avbrinningshastighet på 0,018 kg/m²s (polyester). Det skulle krävas ca 45-50 kg polyester för att kunna underhålla branden under hela förloppet ($\Delta H_C = 30$ MJ/kg).

Effektutveckling E

Nedanstående diagram visar effektutveckling E:



Figur B5: Effektutveckling E

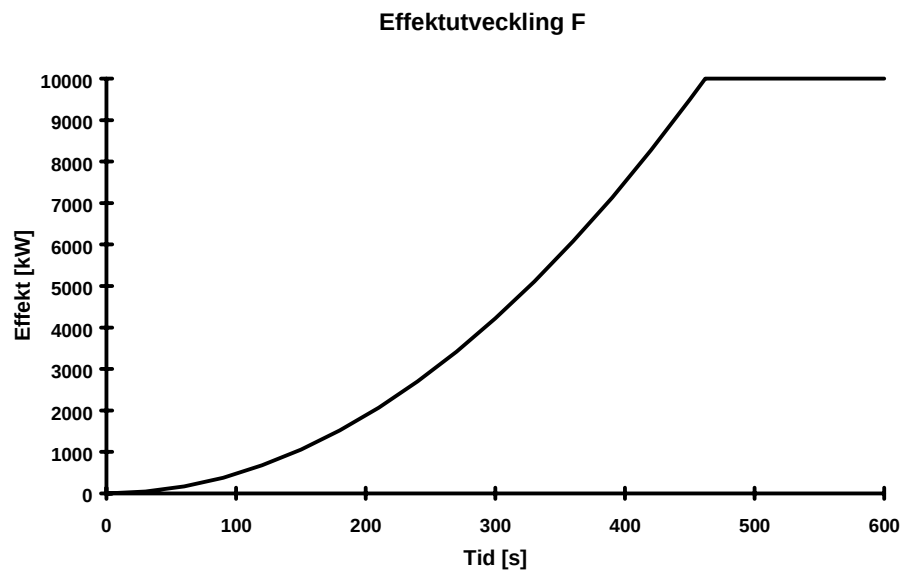
För att få en känsla av hur stor brand 6 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 4 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentant.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling E. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- Ett klädställ på klädesavdelningen i ett varuhus antänds. Närbelägna klädställ antänds efter hand och vid maxeffekten 6 MW är den totala brandarean ca 15 m² vid avbrinningshastigheten 0.018 kg/m²s (polyester). Denna area motsvarar 1 - 2 fulla "cirkulära" ställ av normalstorlek. Efter 10 minuter av detta förlopp har ca 75 kg material förbränts ($\Delta H_C = 30$ MJ/kg).
- Väggräpanelen i ett rum med takhöjden 2.40 m antänds. Vid Maxeffekten 6 MW brinner väggen från tak till golv med en bredd av 10 m. Efter 10 minuter av detta förlopp har ca 110 kg material förbränts ($\Delta H_C = 20$ MJ/kg).

Effektutveckling F

Nedanstående diagram visar effektutveckling F:



Figur B6: Effektutveckling F

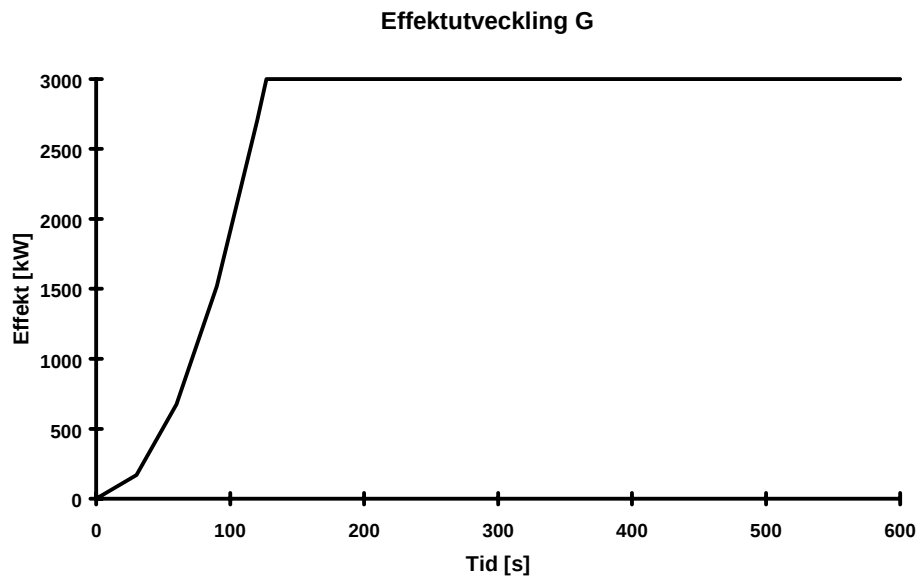
För att få en känsla av hur stor brand 10 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 7 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling F. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En ca 1.5 m hög stapel med lastpallar antänds. Elden sprider sig till intilliggande staplar men endast två åt gången brinner med full effekt. För att förbränningen skall kunna fortgå med denna effekt i tio minuter måste det finnas ca 180 kg brännbart material ($\Delta H_C = 20$ MJ/kg).
- En ca 4.6 m hög stapel med plasttallrikar förpackade i kartong antänds. Vid maxeffekten 10 MW brinner stapeln i hela sin höjd och motsvarande 1.5 m² golvarea. För att branden skall underhållas under hela förloppet måste det finnas ca 70 - 80 kg brännbart material (polypropylen, $\Delta H_C = 43$ MJ/kg).

Effektutveckling G

Nedanstående diagram visar effektutveckling G:



Figur B7: Effektutveckling G

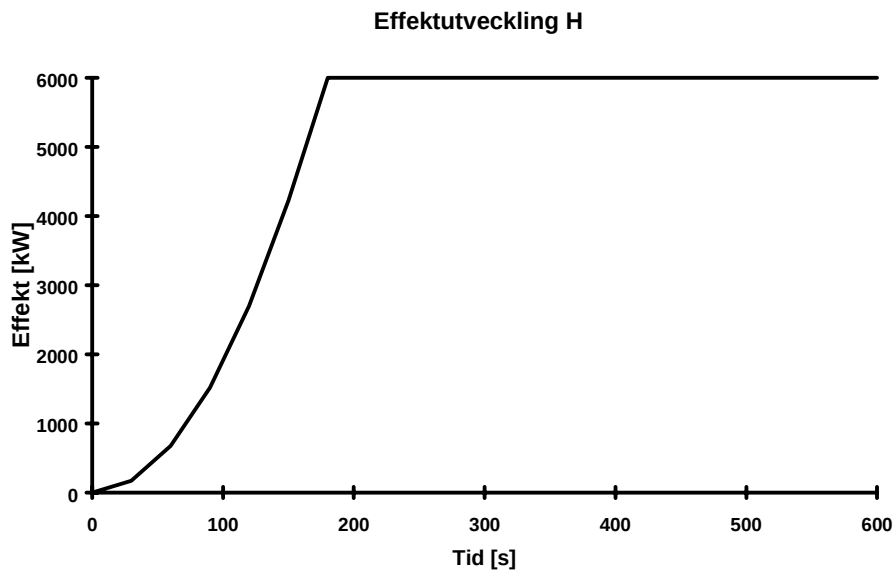
För att få en känsla av hur stor brand 3 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 2 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling G. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En pall med lacknafta rasar och ett antal flaskor spricker, varpå vätskan börjar läcka ut. Lacknaftan antänds och vid maxeffekten 3 MW är den brinnande pölen ca 1.5 m² stor. För att branden skall kunna fortgå hela förloppet måste ca 45 l lacknafta förbrännas. (Bensen, $\Delta H_C = 40.1 \text{ MJ/kg}$, $\delta = 874 \text{ kg/m}^3$).
- En pall med motorolja rasar och ett antal dunkar spricker, varpå olja börjar läcka ut. Oljan antänds och vid maxeffekten 3 MW är den brinnande pölen ca 3 m² stor. För att branden skall kunna fortgå hela förloppet måste ca 40 l motorolja förbrännas. (Fuel oil, $\Delta H_C = 39.7 \text{ MJ/kg}$, $\delta = 1000 \text{ kg/m}^3$).

Effektutveckling H

Nedanstående diagram visar effektutveckling H:



Figur B8: Effektutveckling H

För att få en känsla av hur stor brand 6 MW motsvarar kan sägas att det krävs en ca 4 m² stor bensinpöl för att nå denna effekt. (En bensinpöl skulle dock givetvis generera mycket snabbare brandtillväxt, i stort sett momentan.)

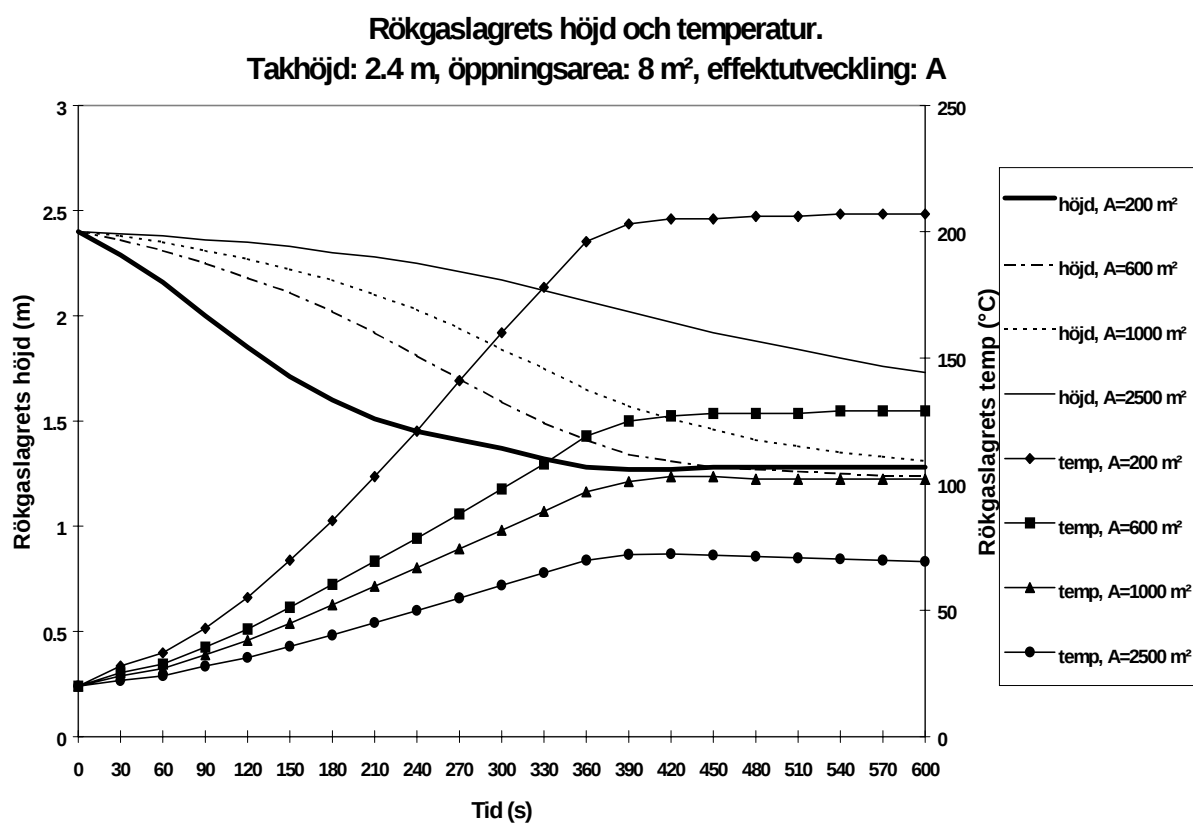
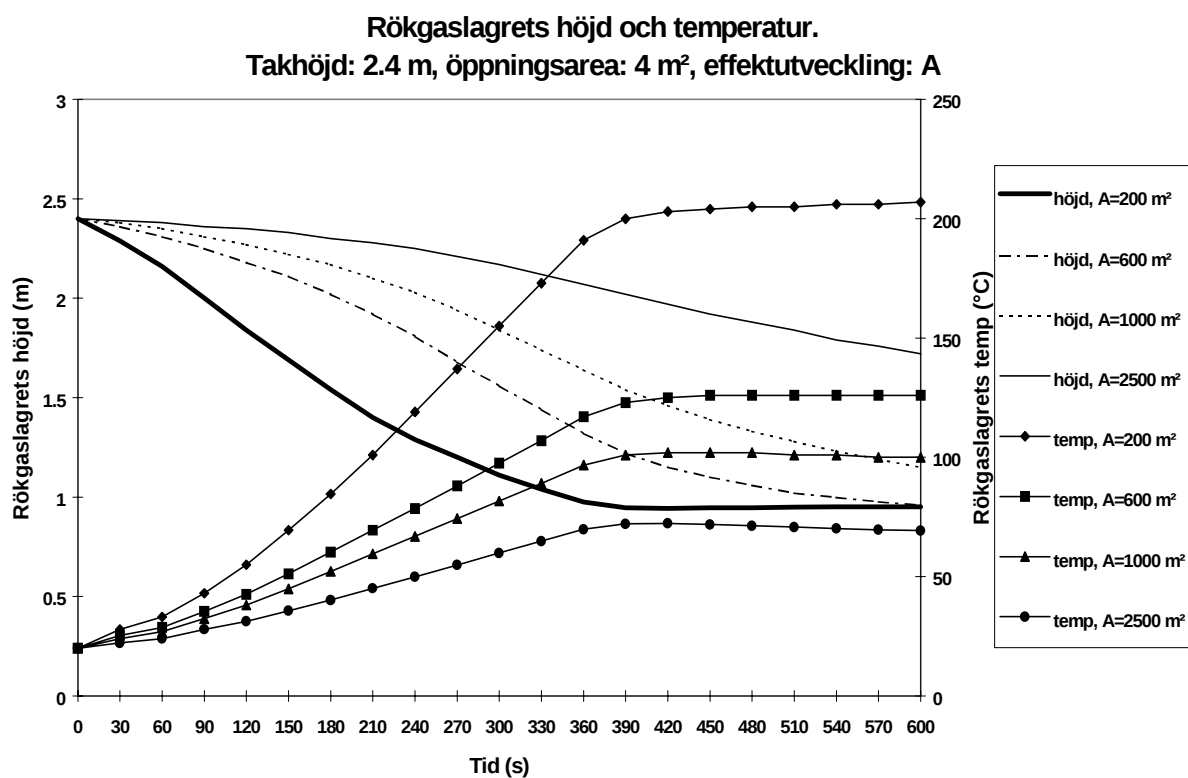
Nedan visas ett par exempel på vad som skulle kunna ge ett förlopp såsom effektutveckling H. Här påpekas återigen att detta är ganska grova generaliseringar av förloppen och får inte ses som absoluta sanningar, vilket gäller samtliga exempel i detta avsnitt.

- En pall med motorolja rasar och ett antal dunkar spricker, varpå olja börjar läcka ut. Oljan antänds och vid maxeffekten 6 MW är den brinnande pölen ca 6 m² stor. För att branden skall kunna fortgå hela förloppet måste ca 80 l motorolja förbrännas. (Fuel oil, $\Delta H_C = 39.7$ MJ/kg, $\delta = 1000$ kg/m³).
- En ca 4.6 m hög stapel med plasttallrikar förpackade i kartong antänds. Vid maxeffekten 6 MW brinner stapeln i hela sin höjd och motsvarande ca 1m² golvarea. För att branden skall underhållas under hela förloppet måste det finnas ca 70 - 75 kg brännbart material. (Polypropylen, $\Delta H_C = 43$ MJ/kg).

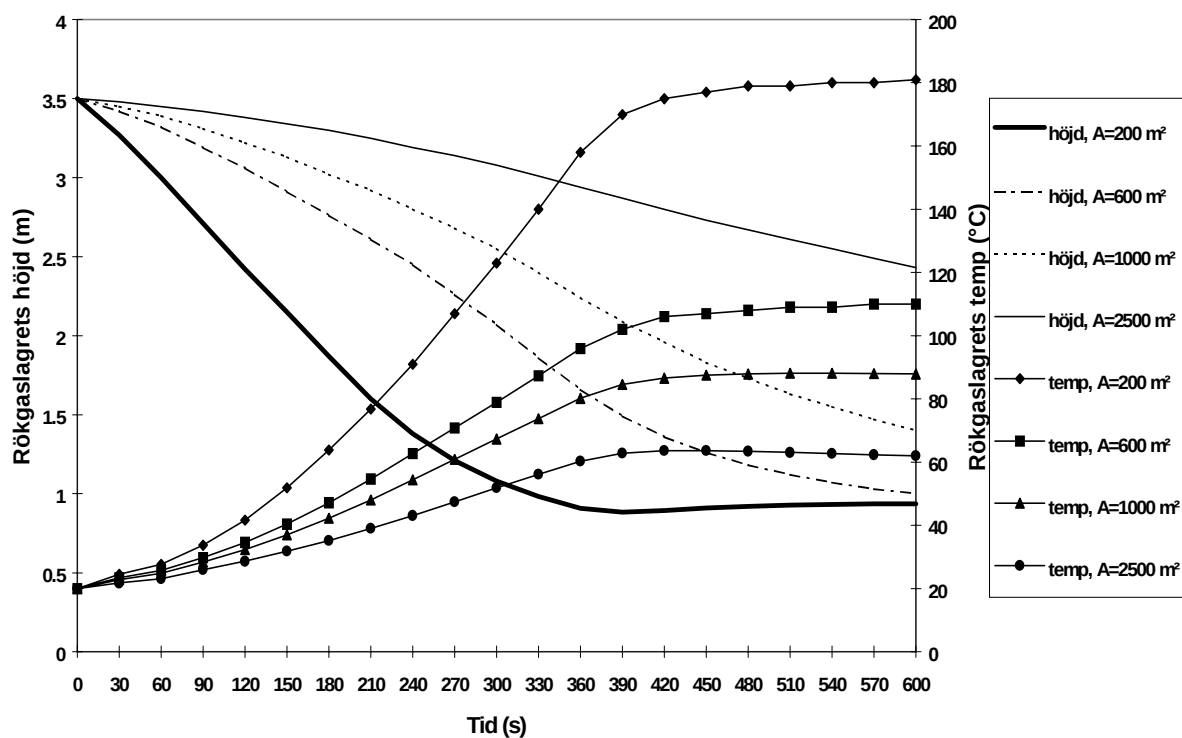
Bilaga C

Redovisning av temperatur-
och rökfyllnadsberäkningar.

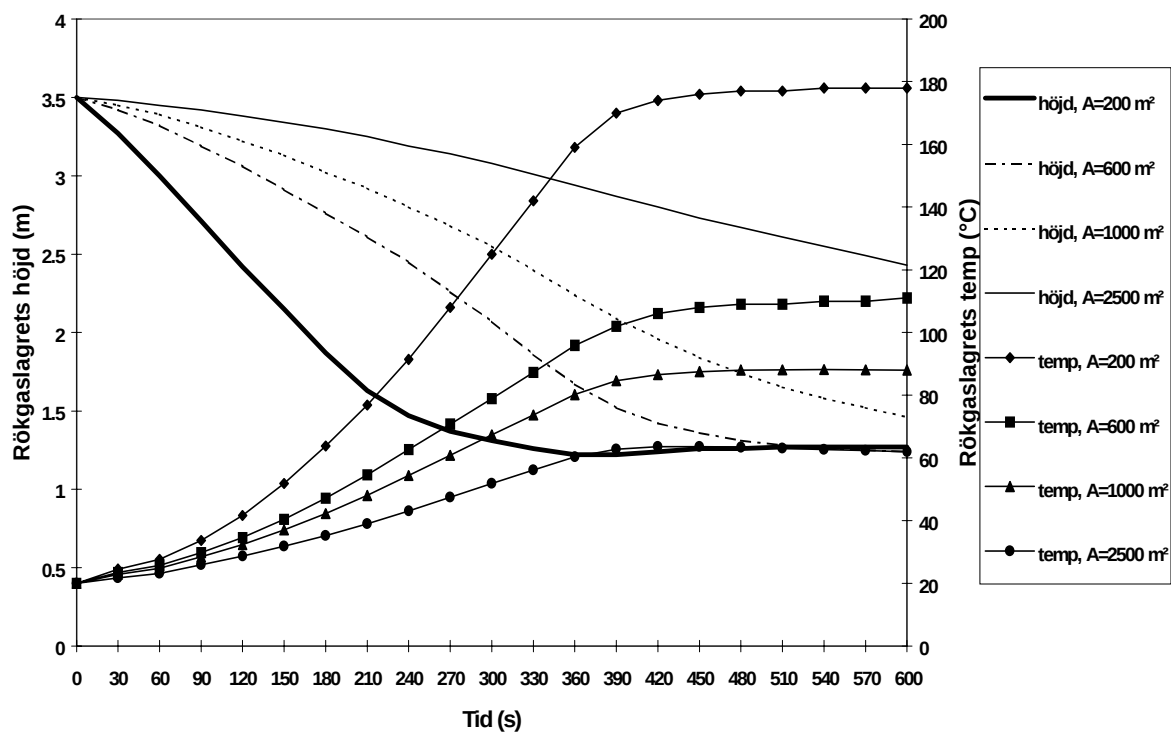
Effektutveckling A



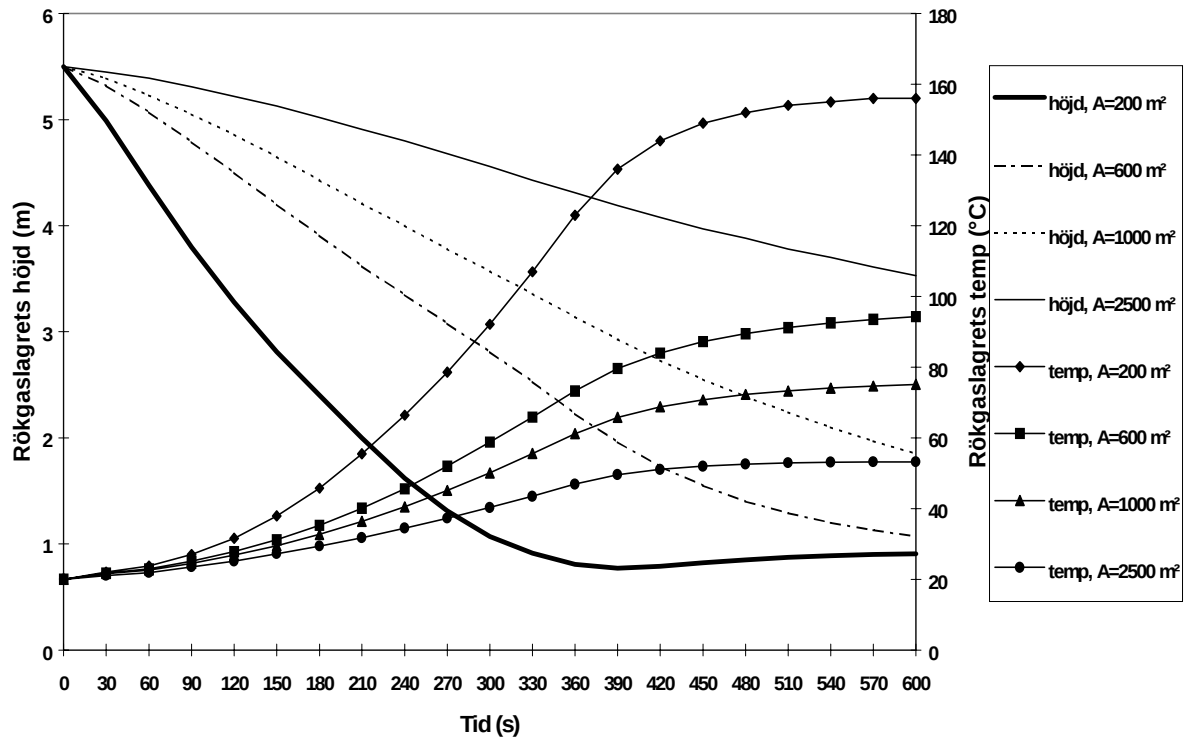
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: A



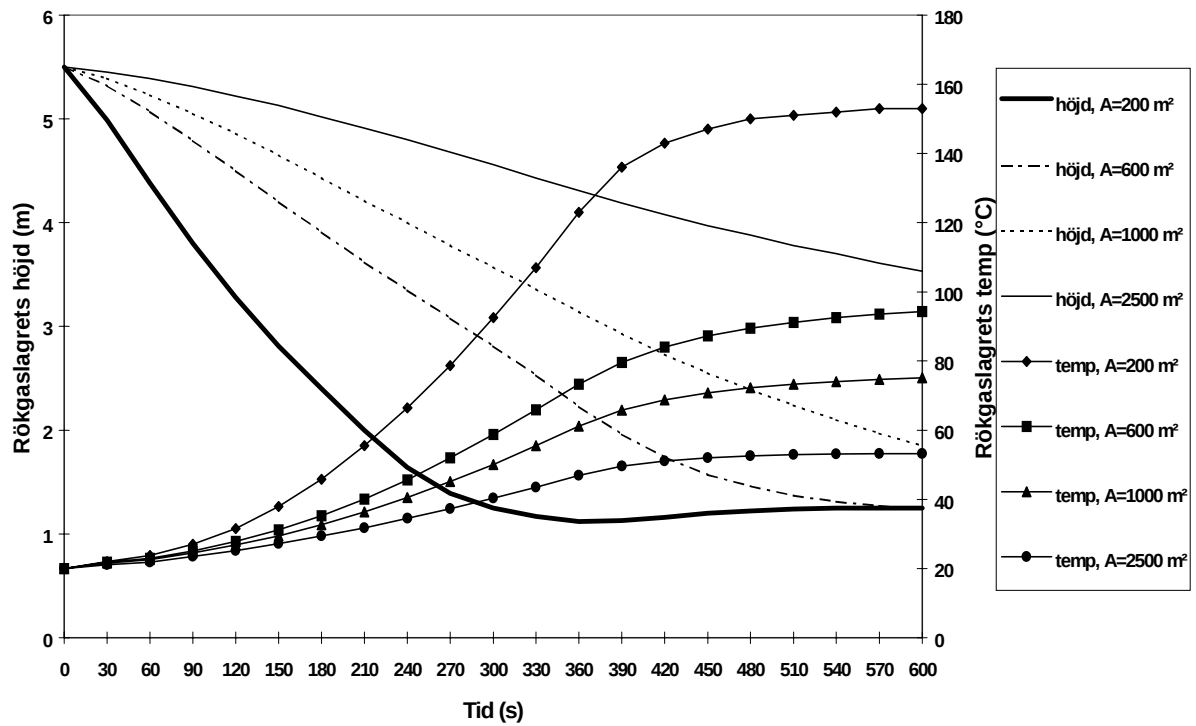
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: A



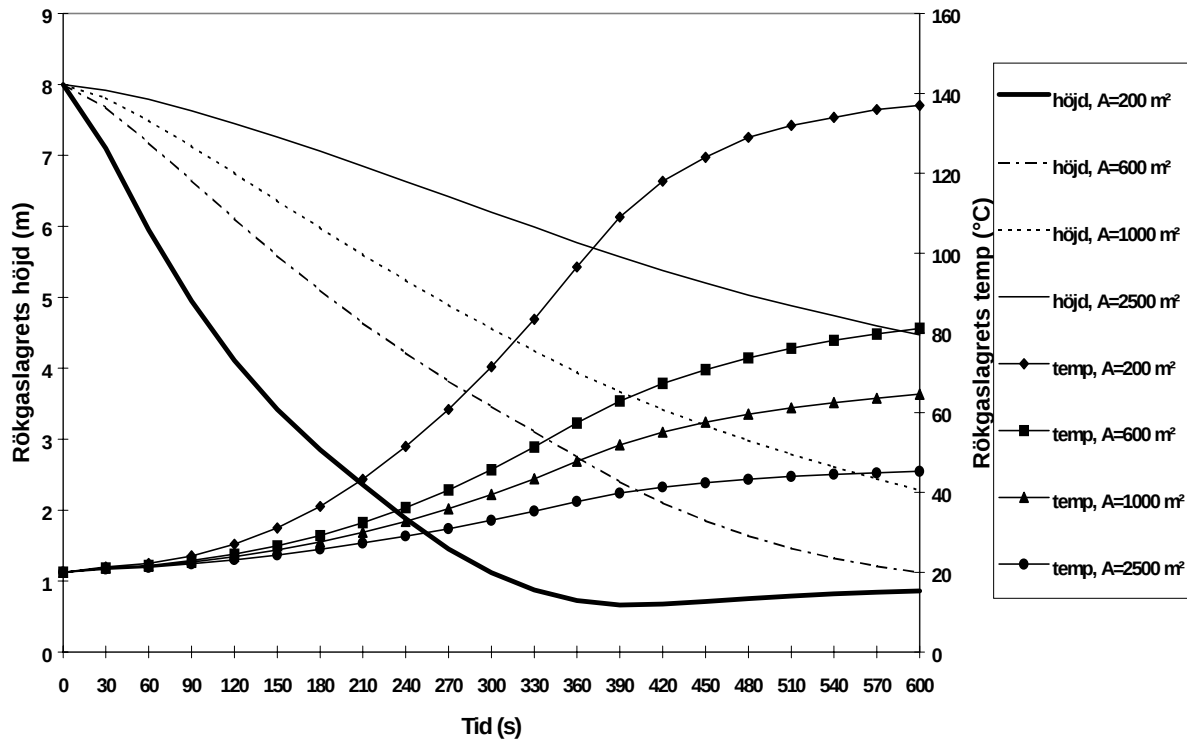
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: A



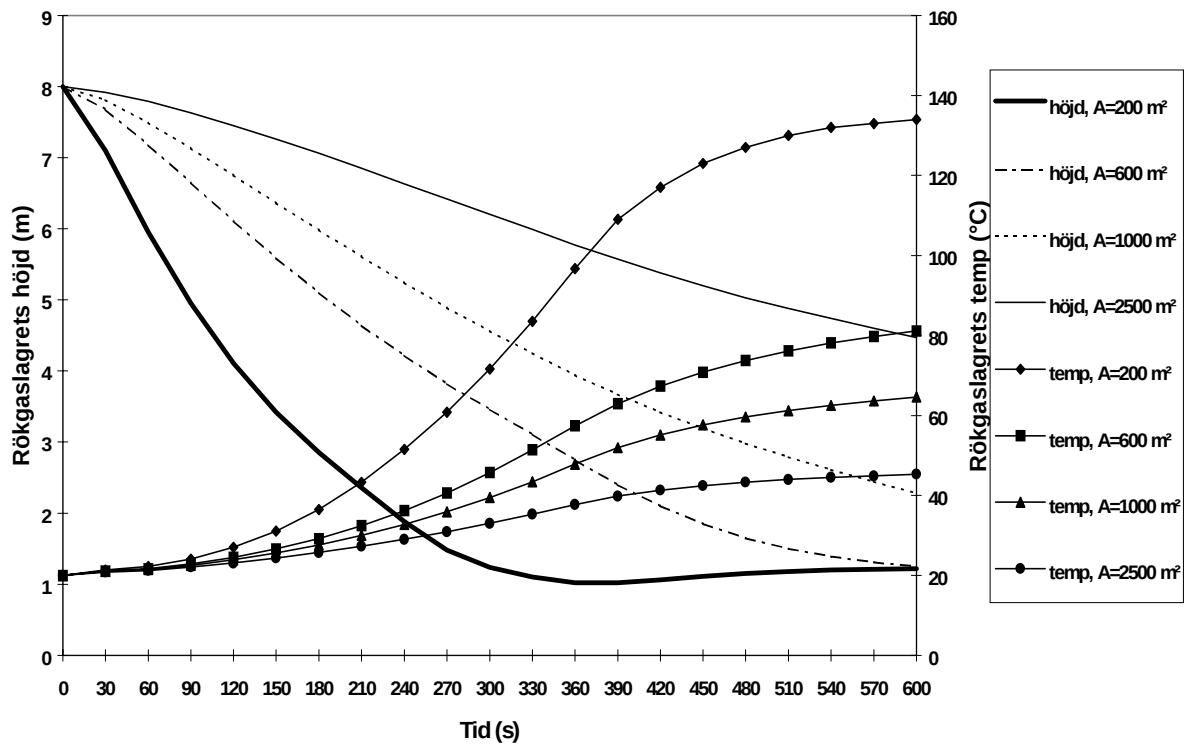
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: A



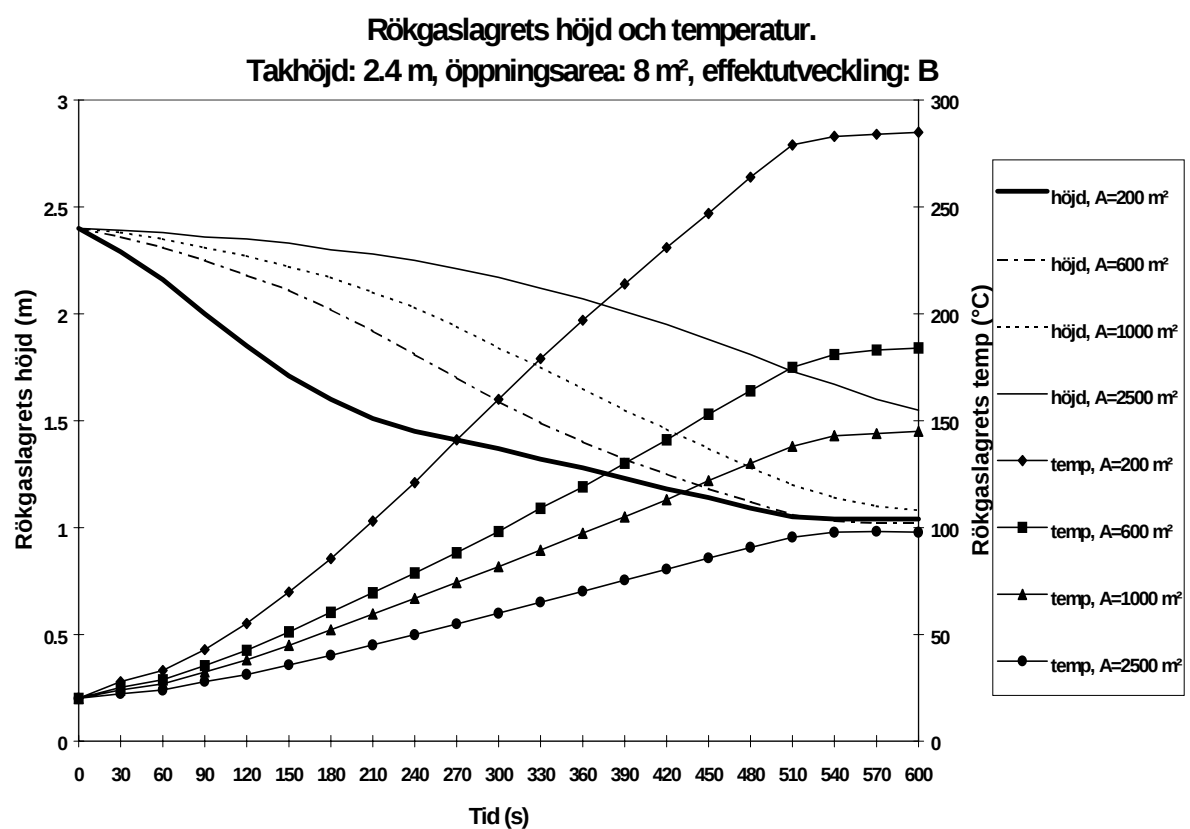
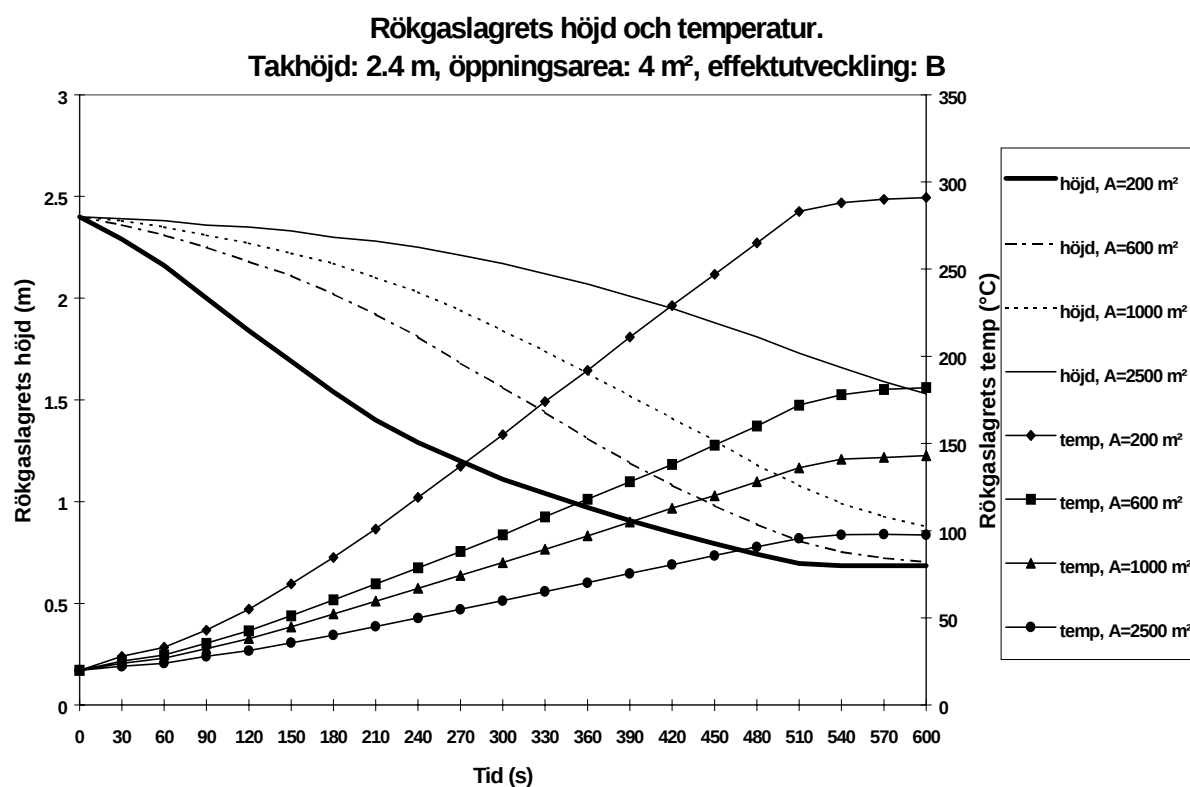
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: A



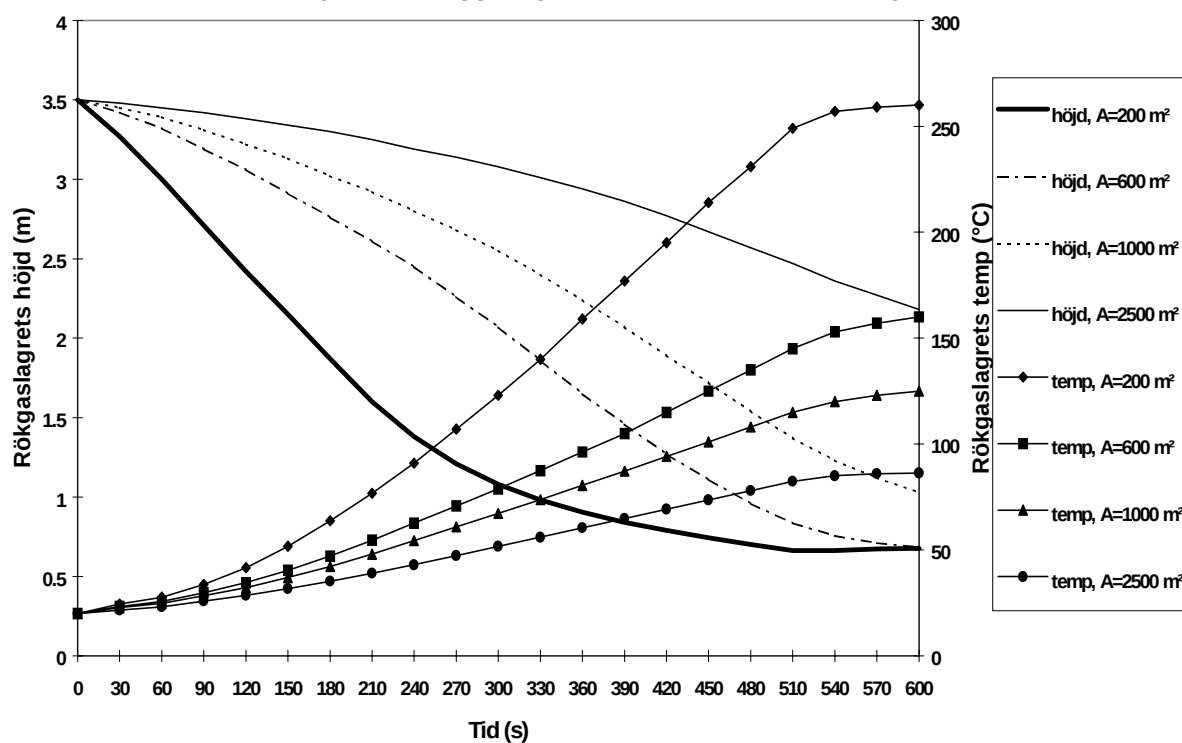
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: A



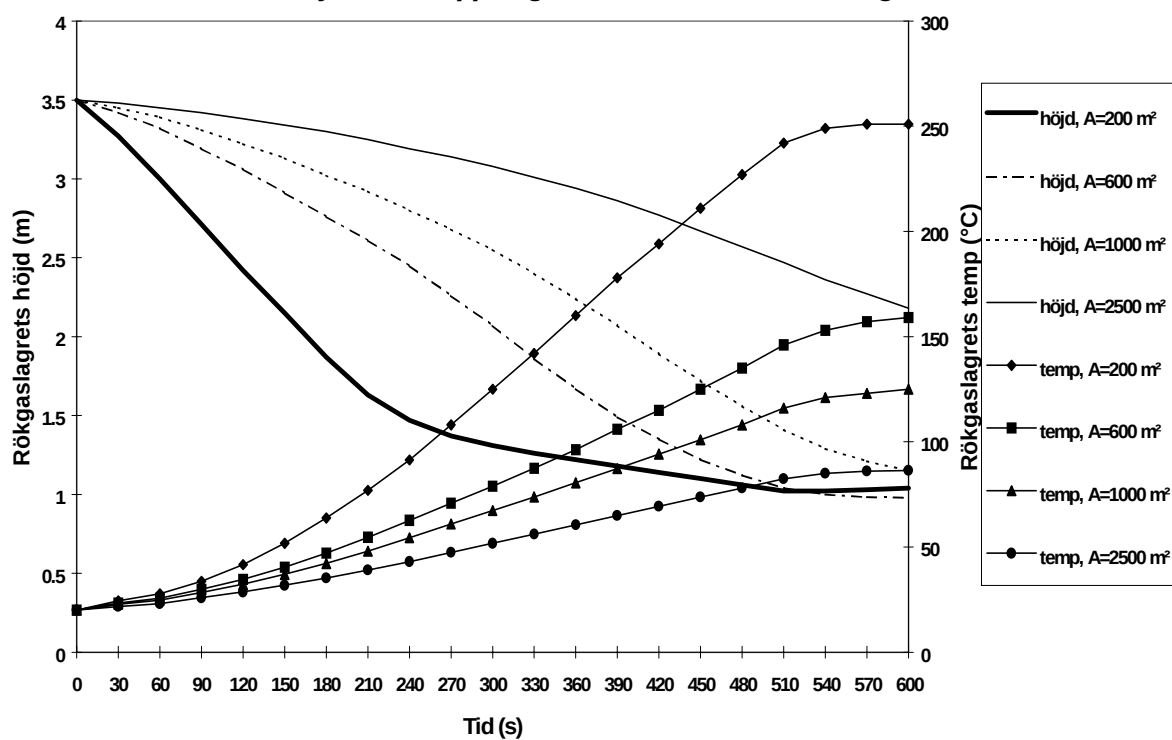
Effektutveckling B



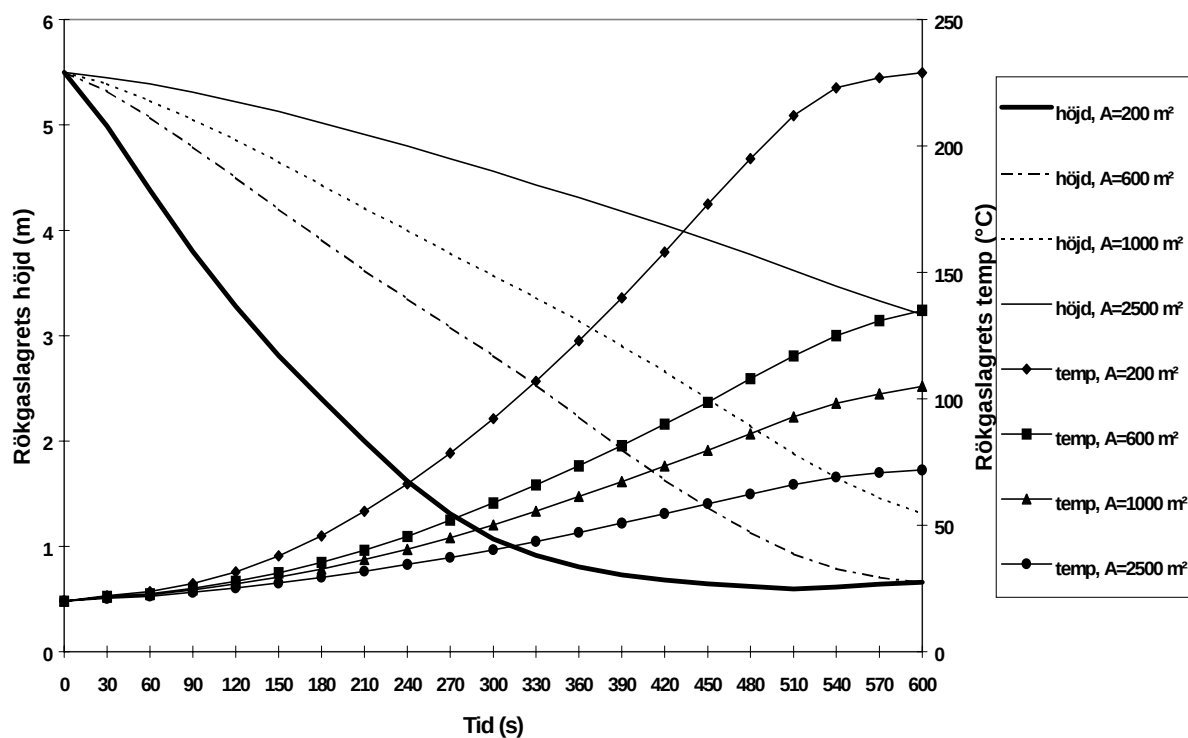
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: B



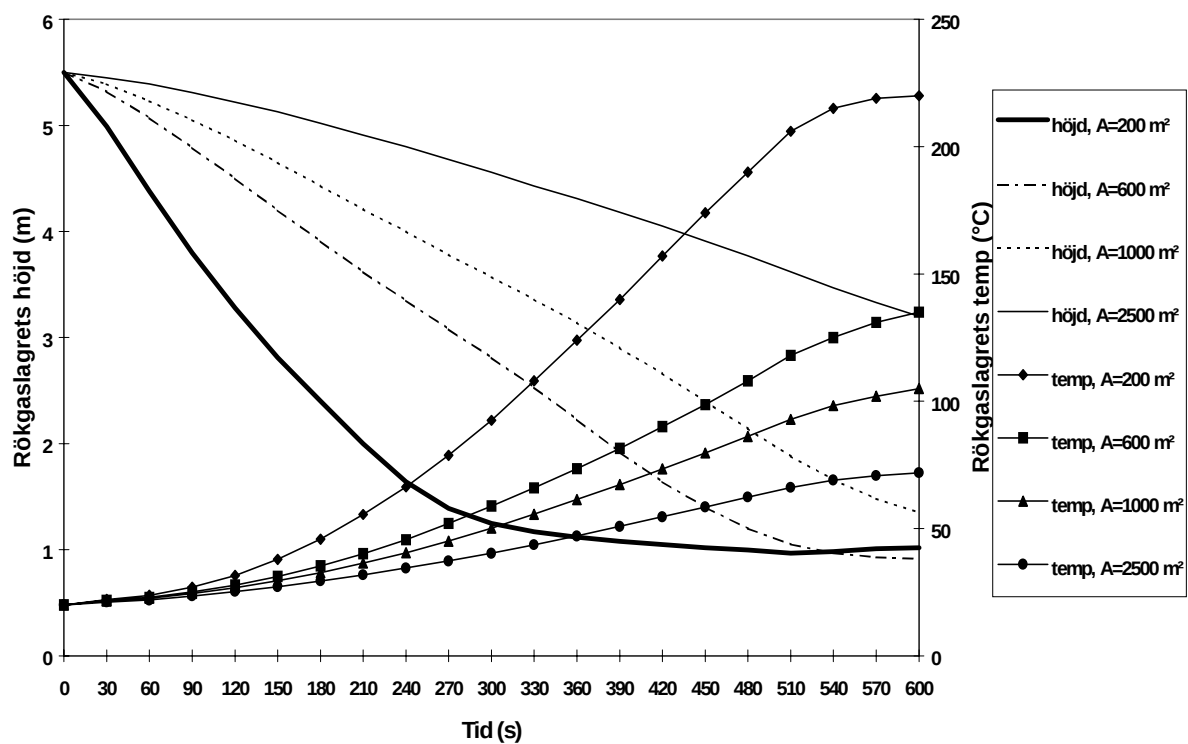
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: B



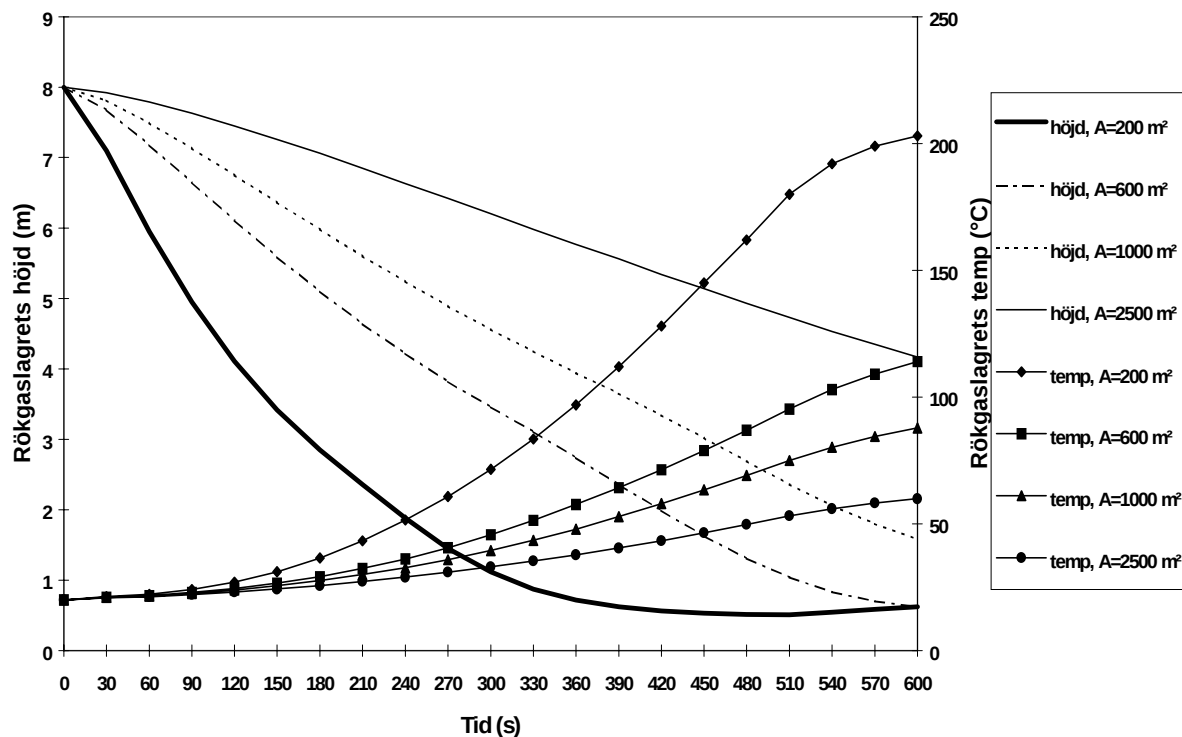
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: B



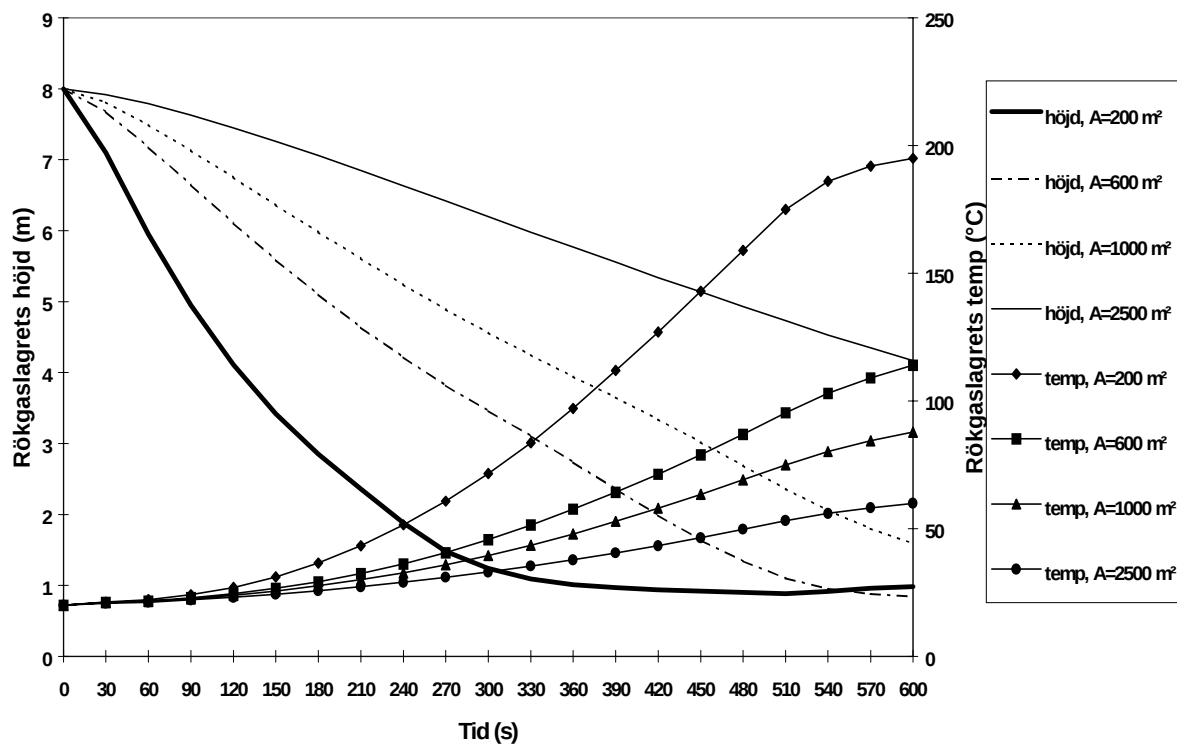
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: B



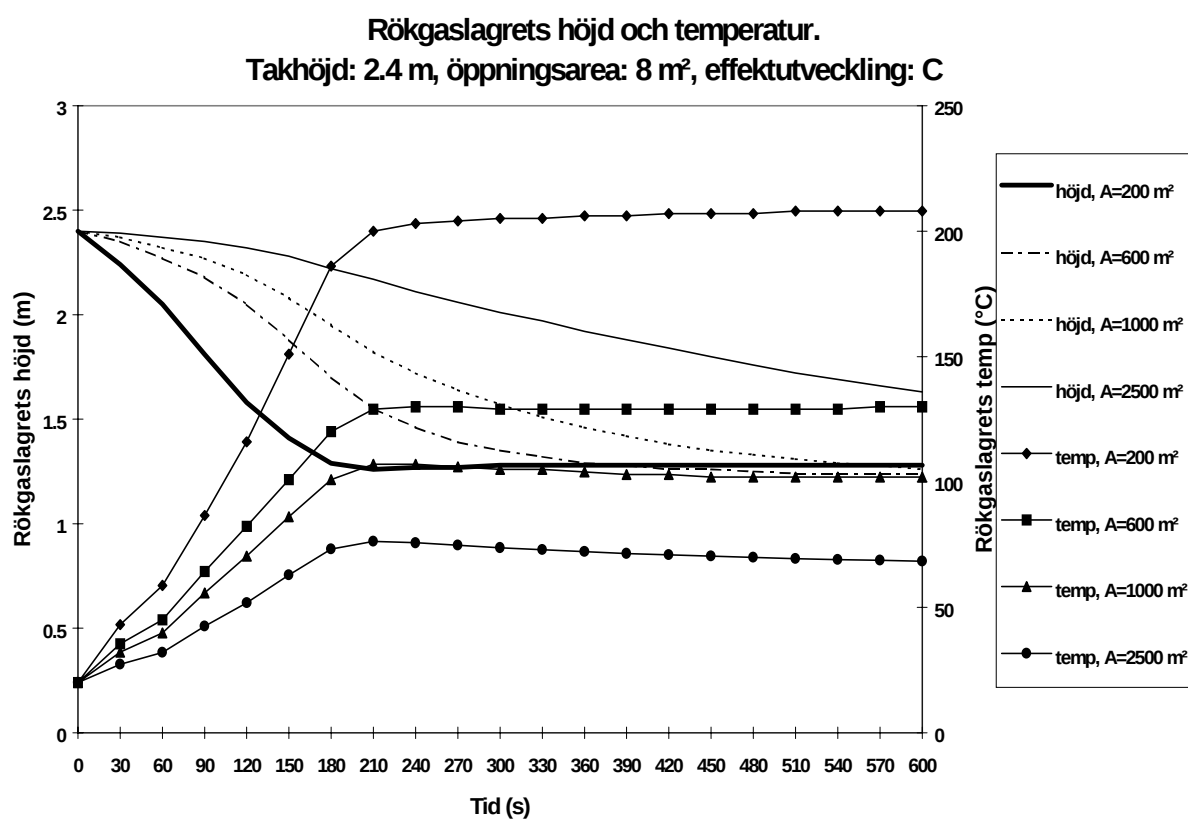
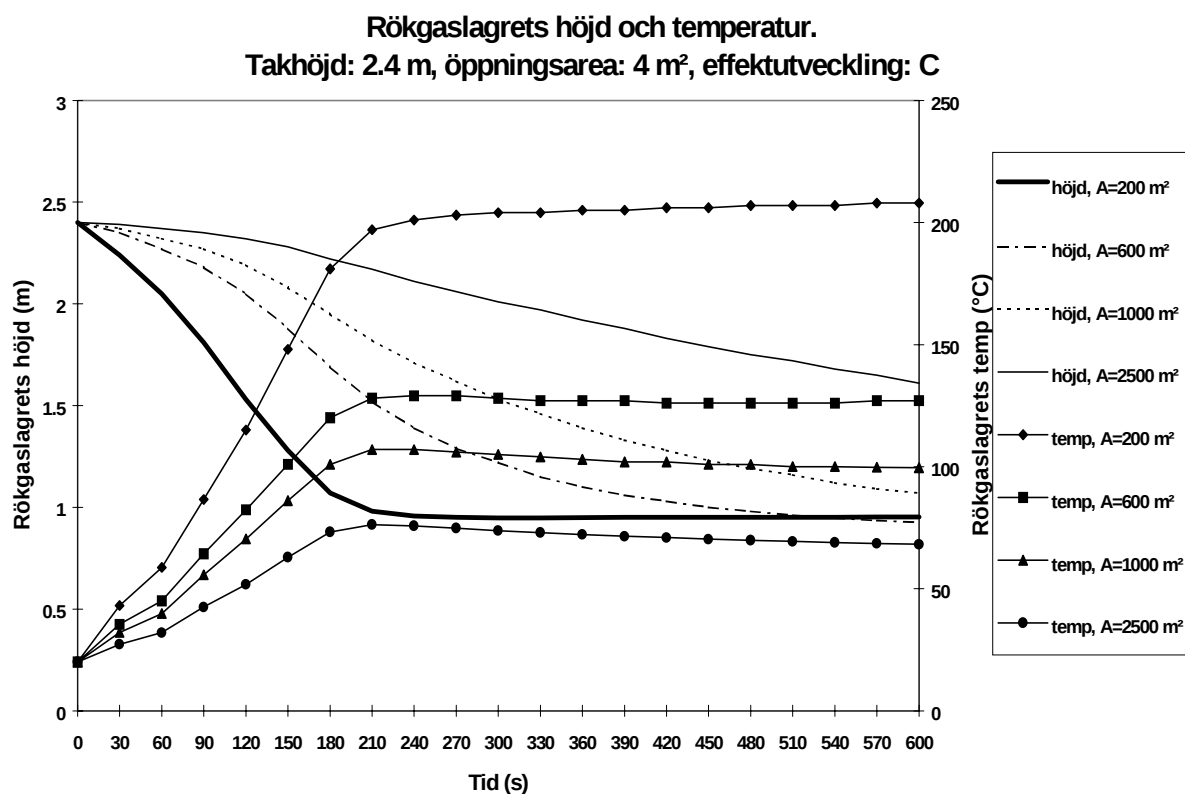
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: B



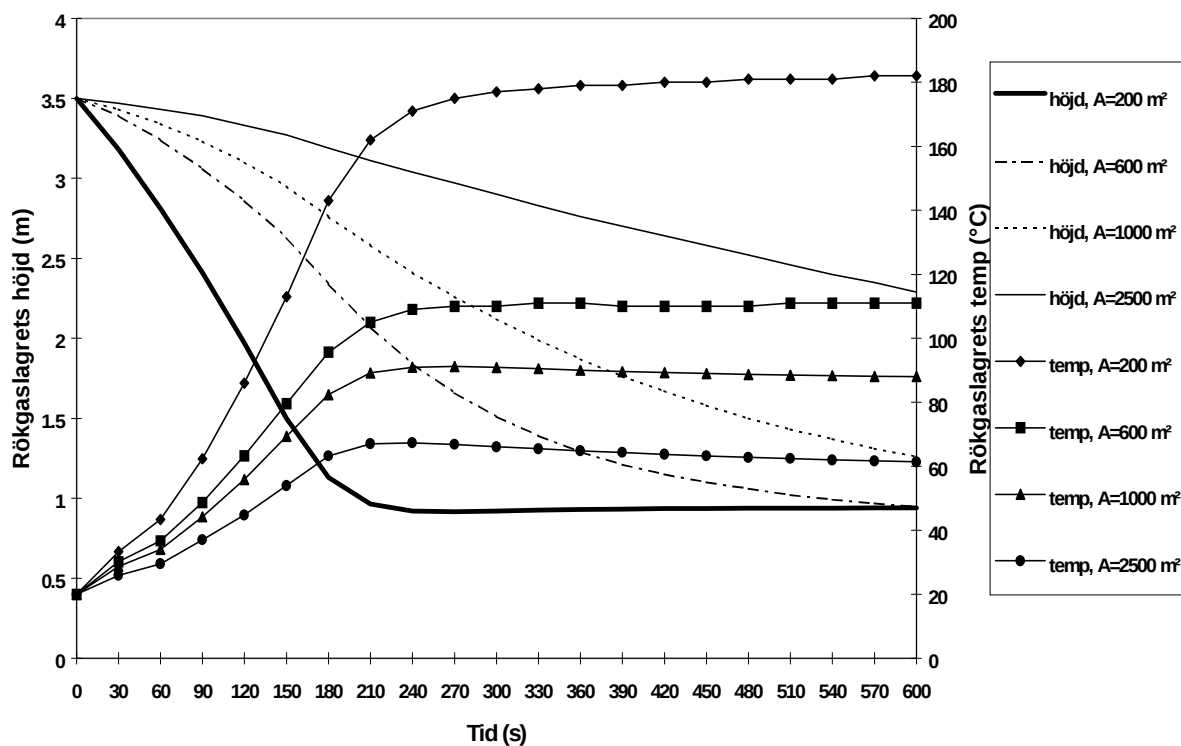
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: B



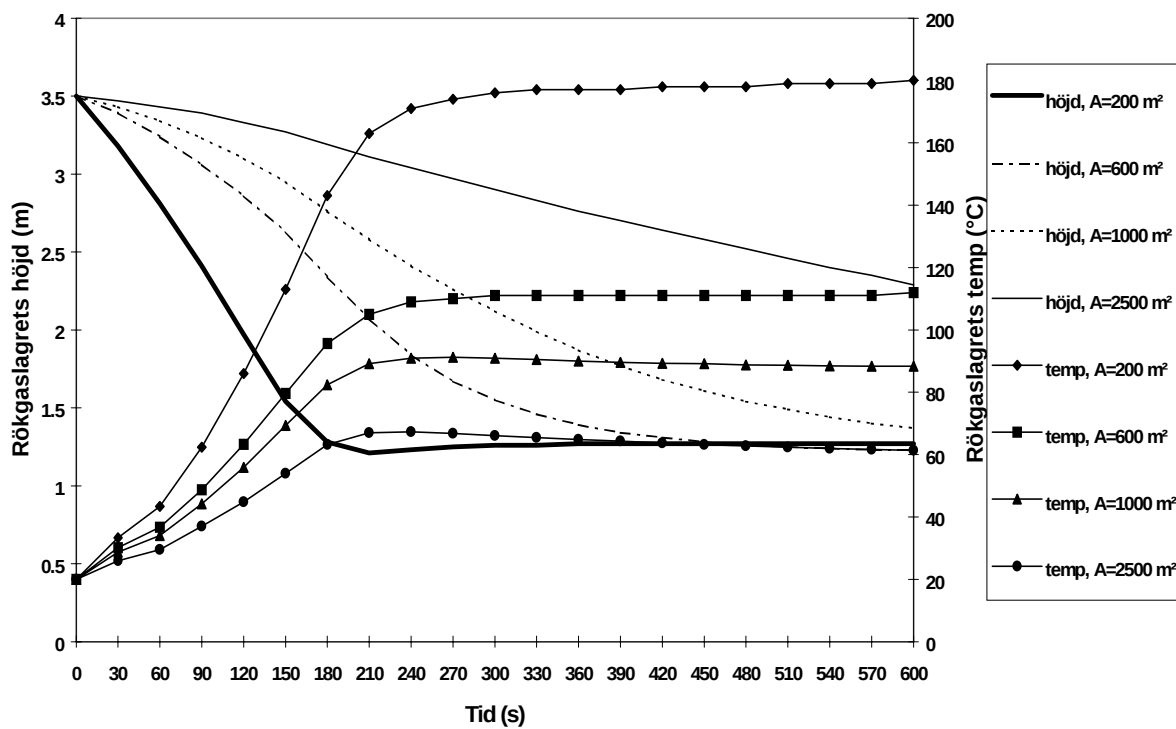
Effektutveckling C



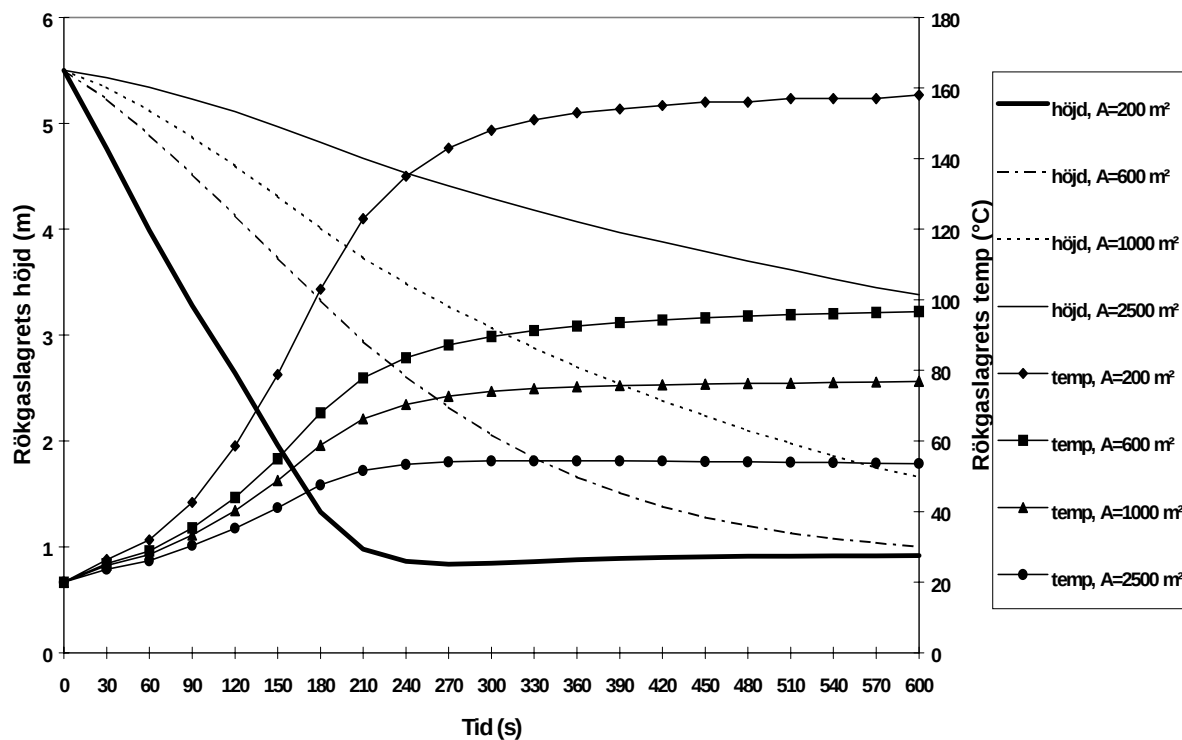
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: C



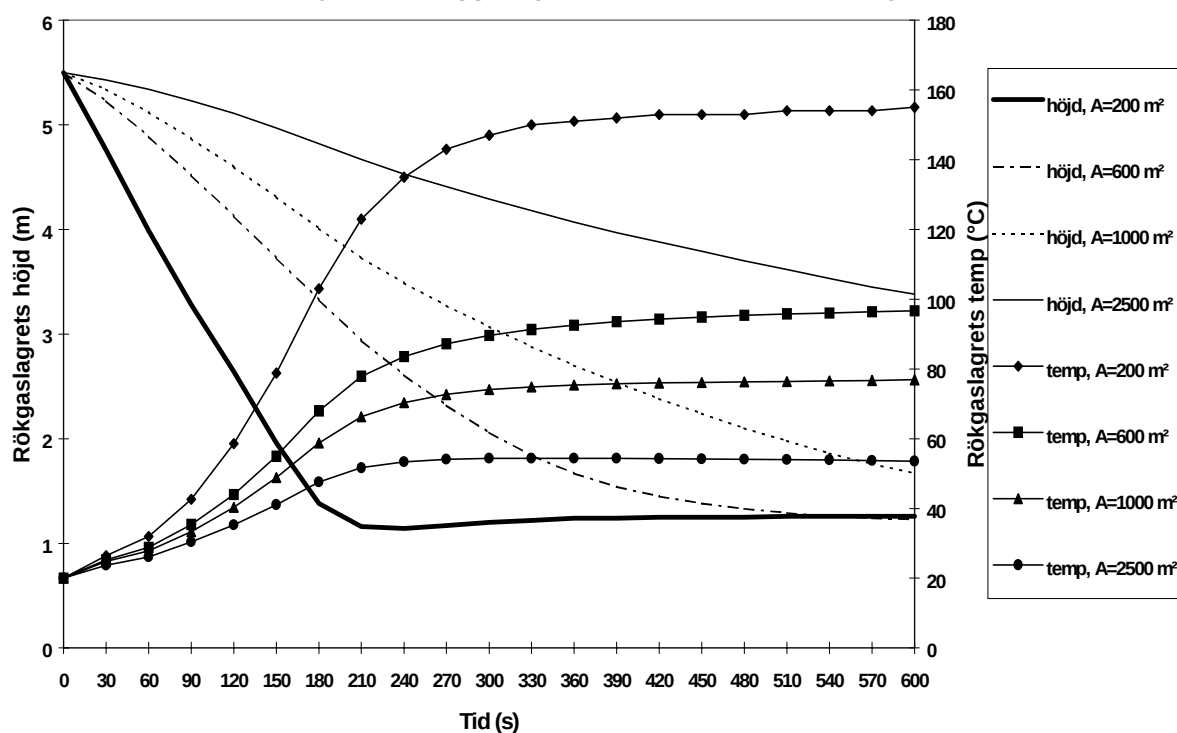
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: C



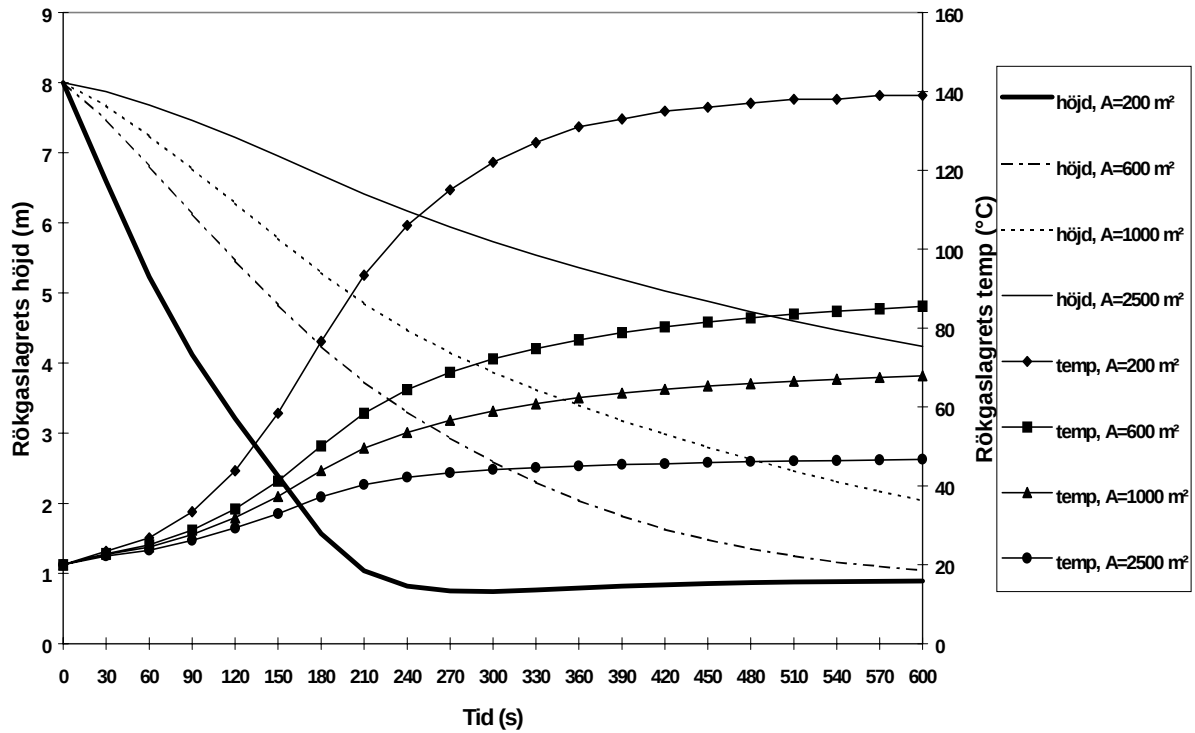
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: C



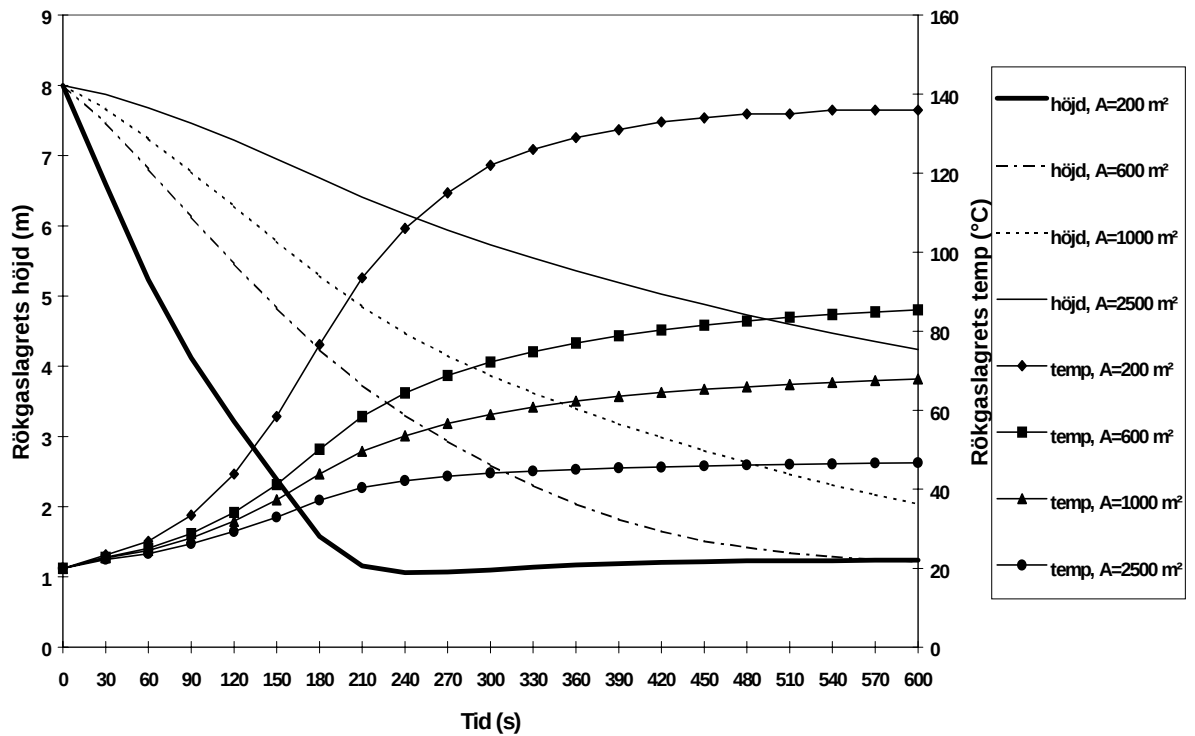
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: C



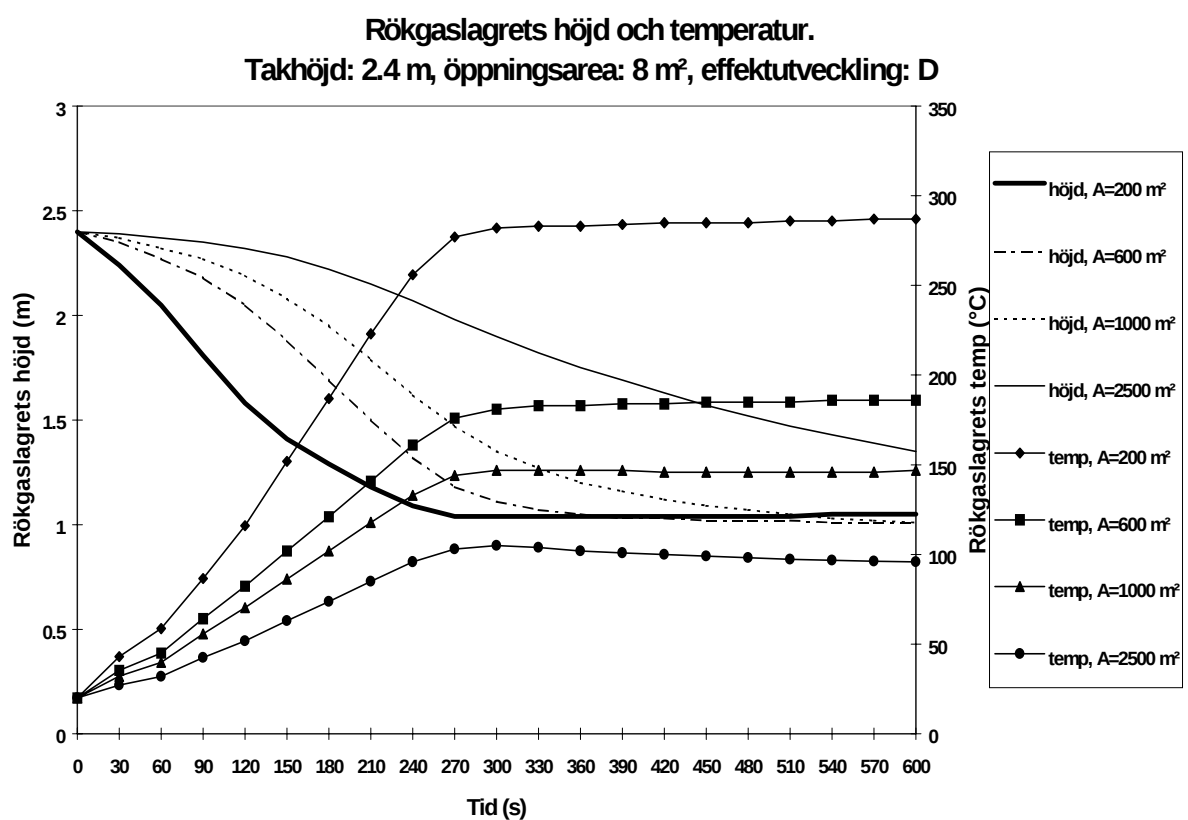
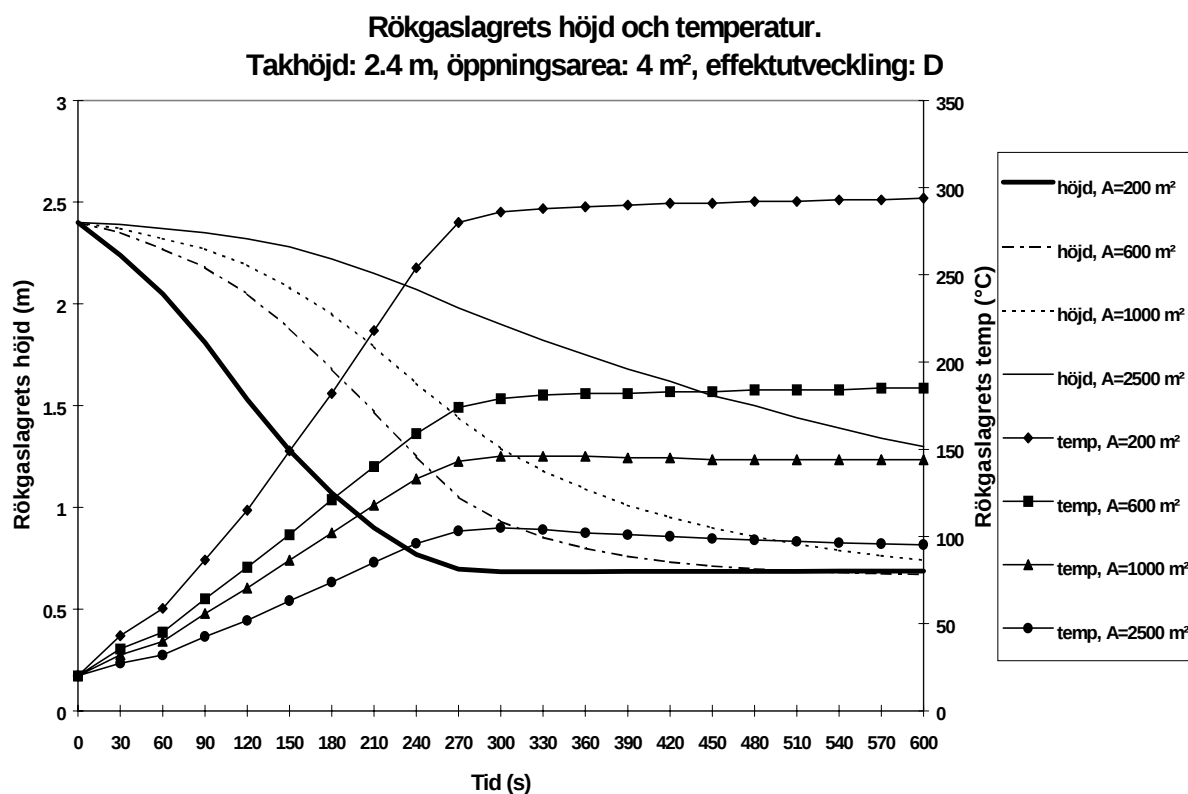
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: C



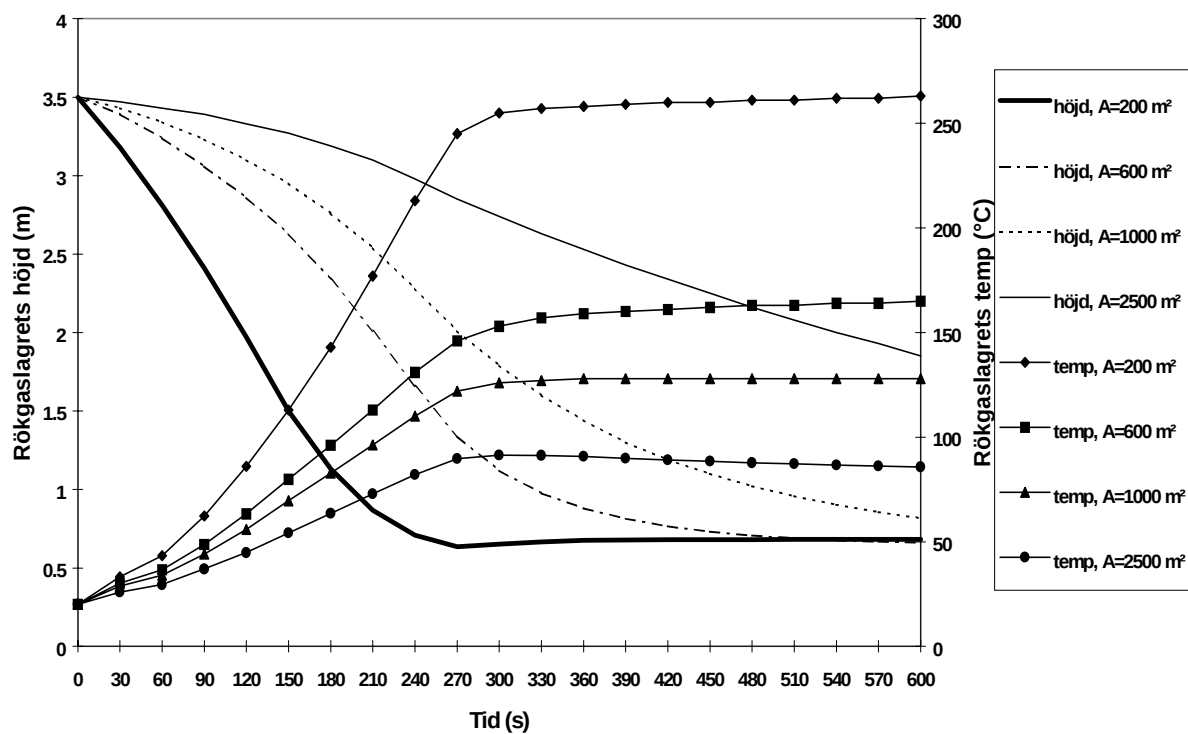
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: C



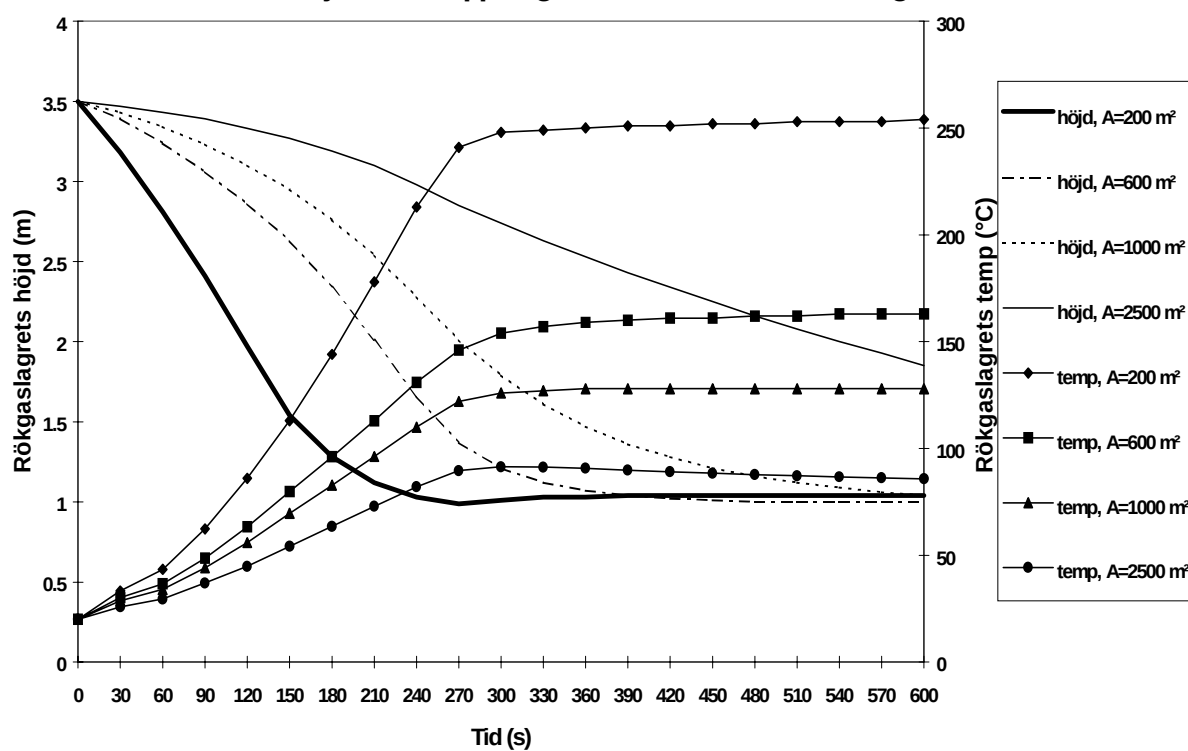
Effektutveckling D



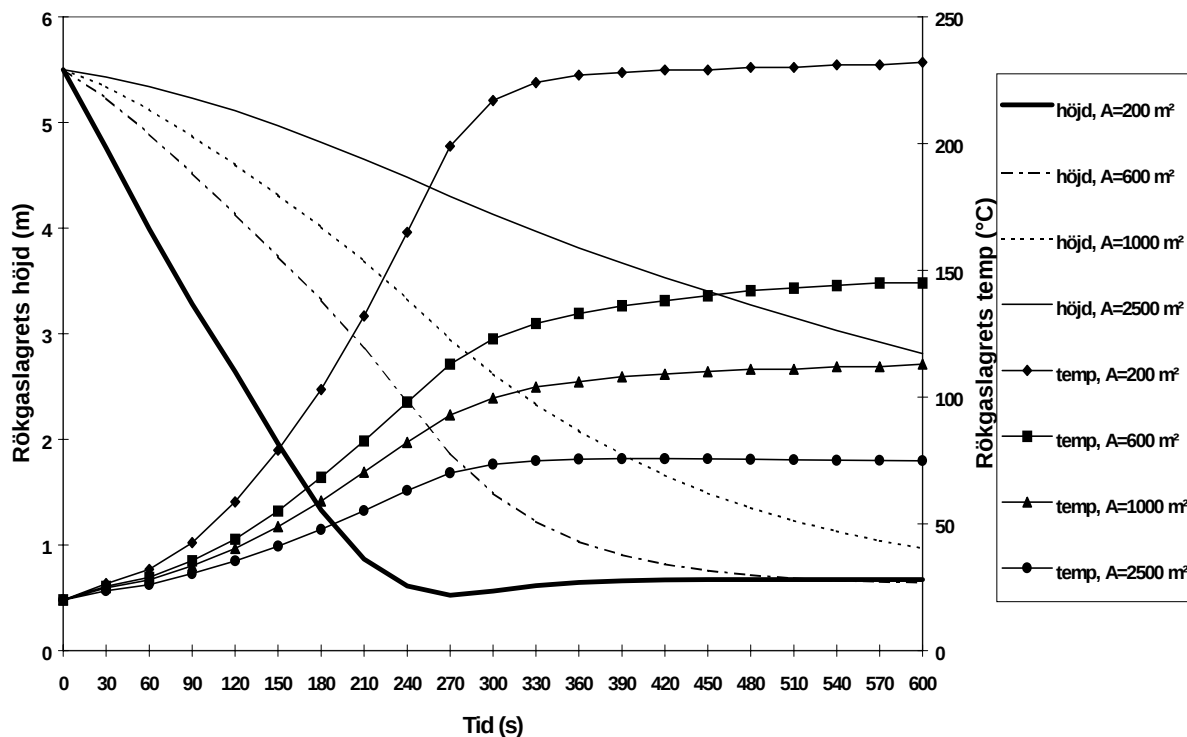
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: D



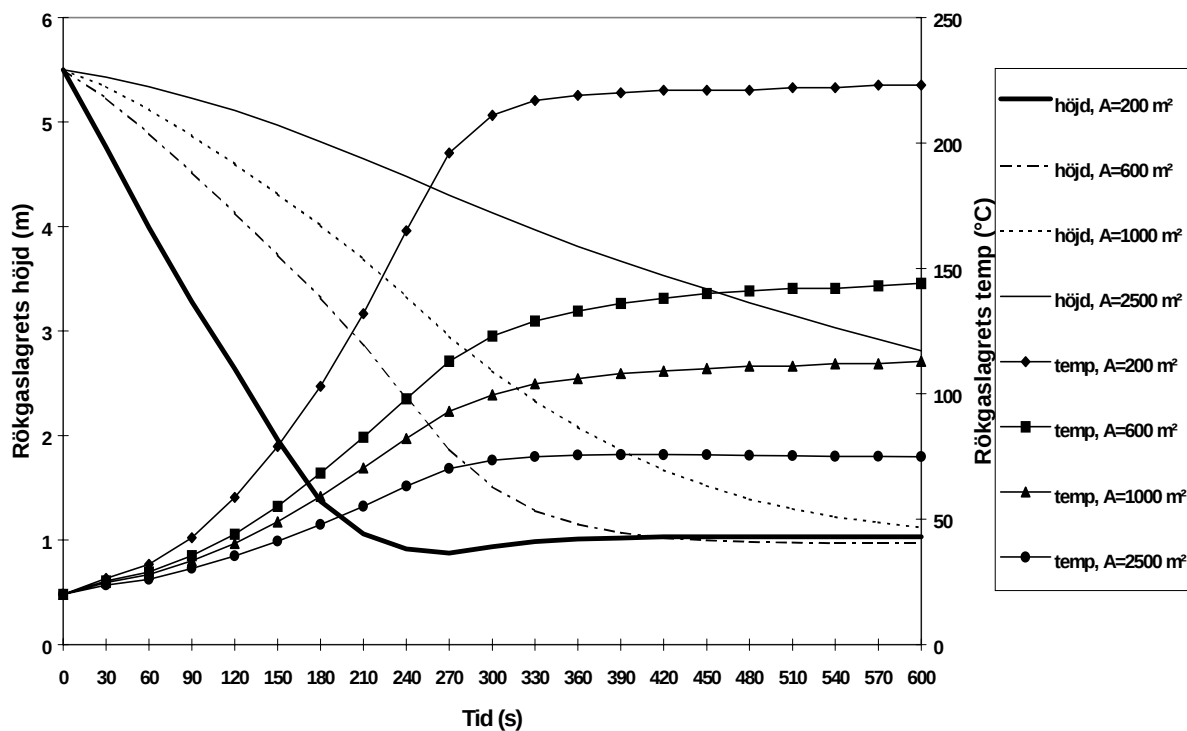
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: D



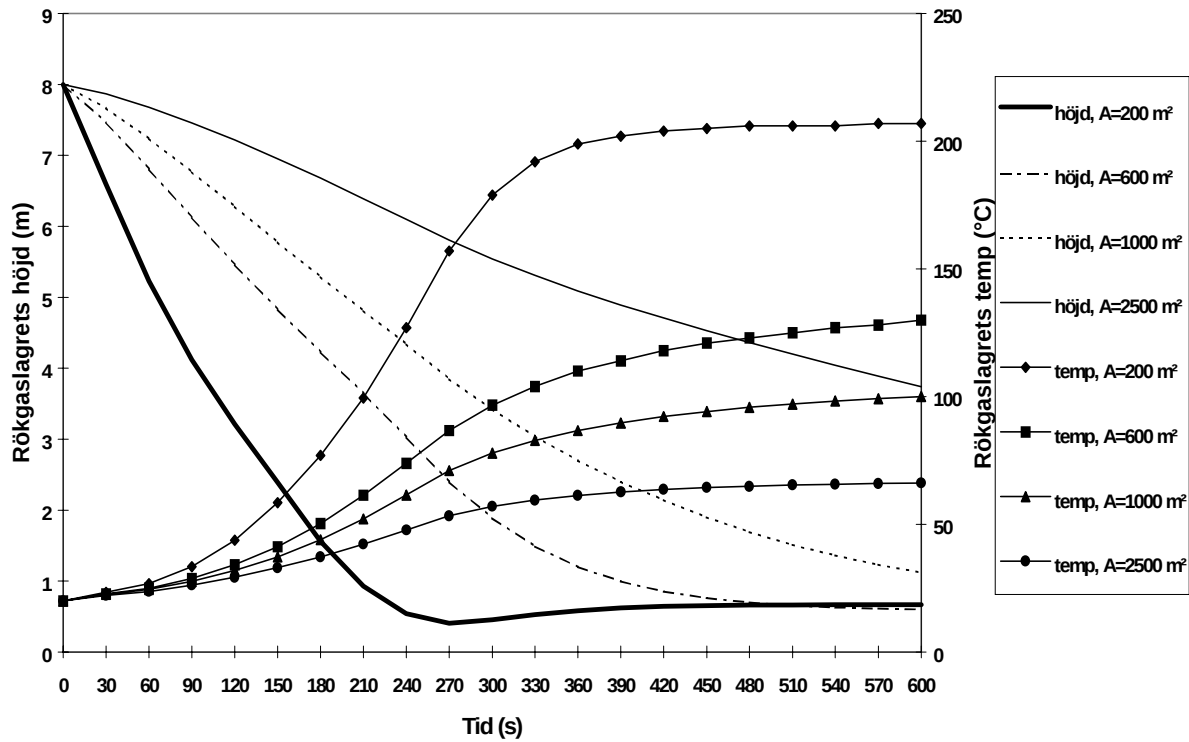
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: D



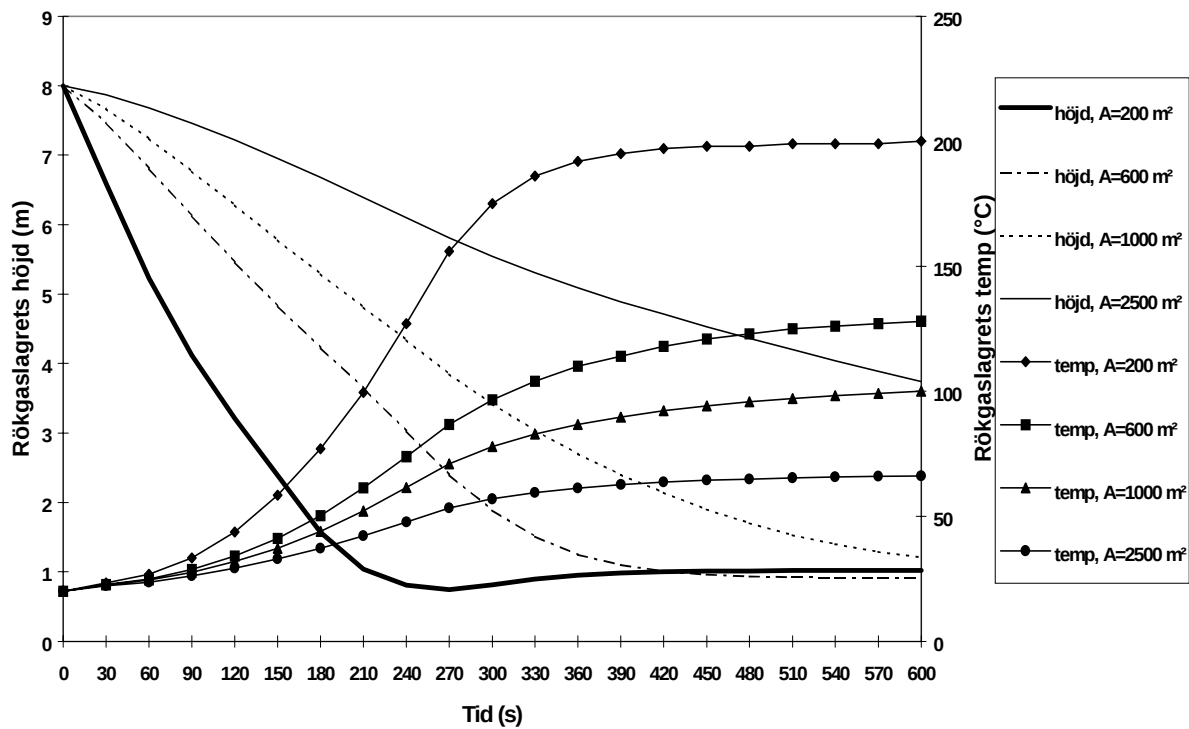
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea 8 m², effektutveckling: D



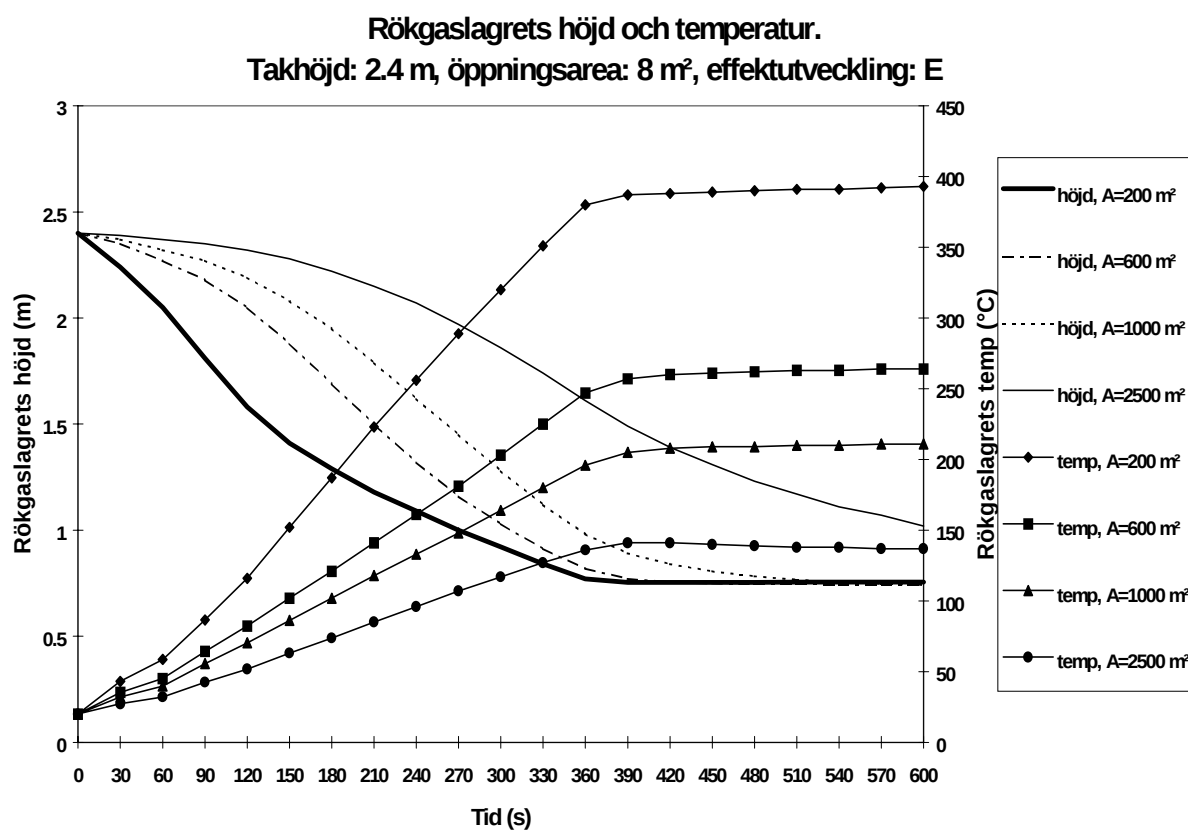
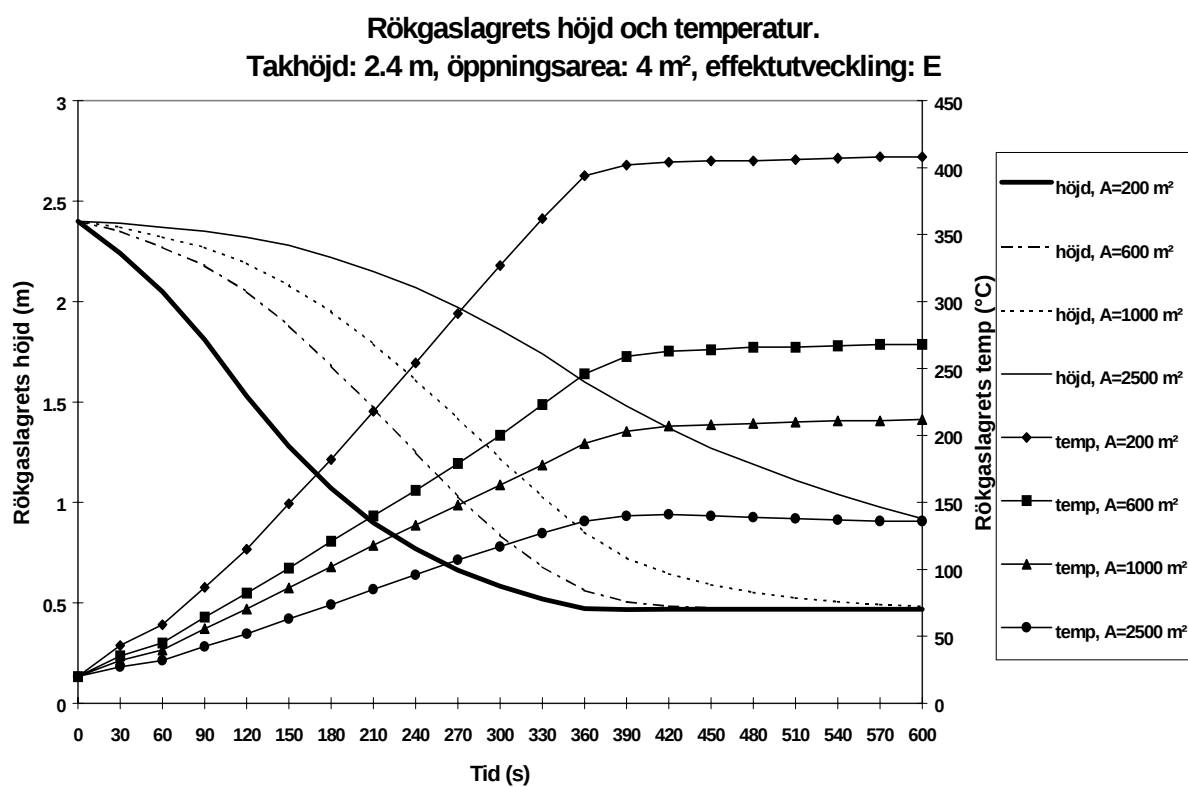
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: D



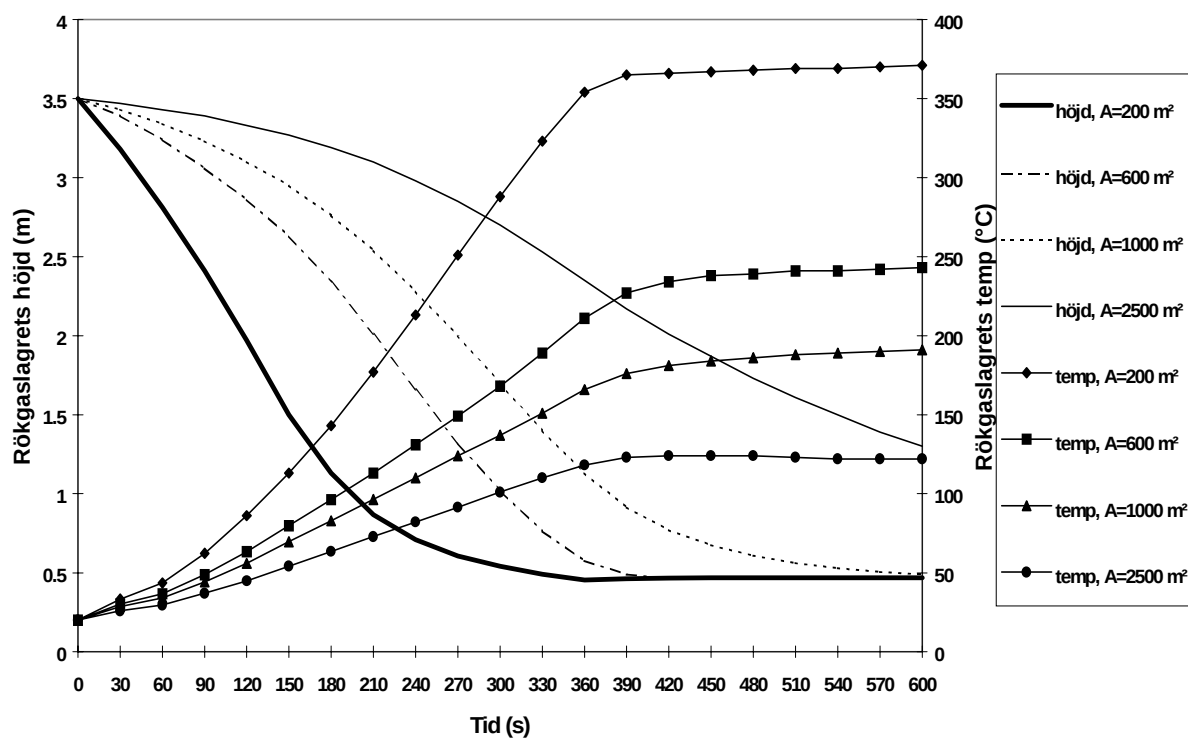
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: D



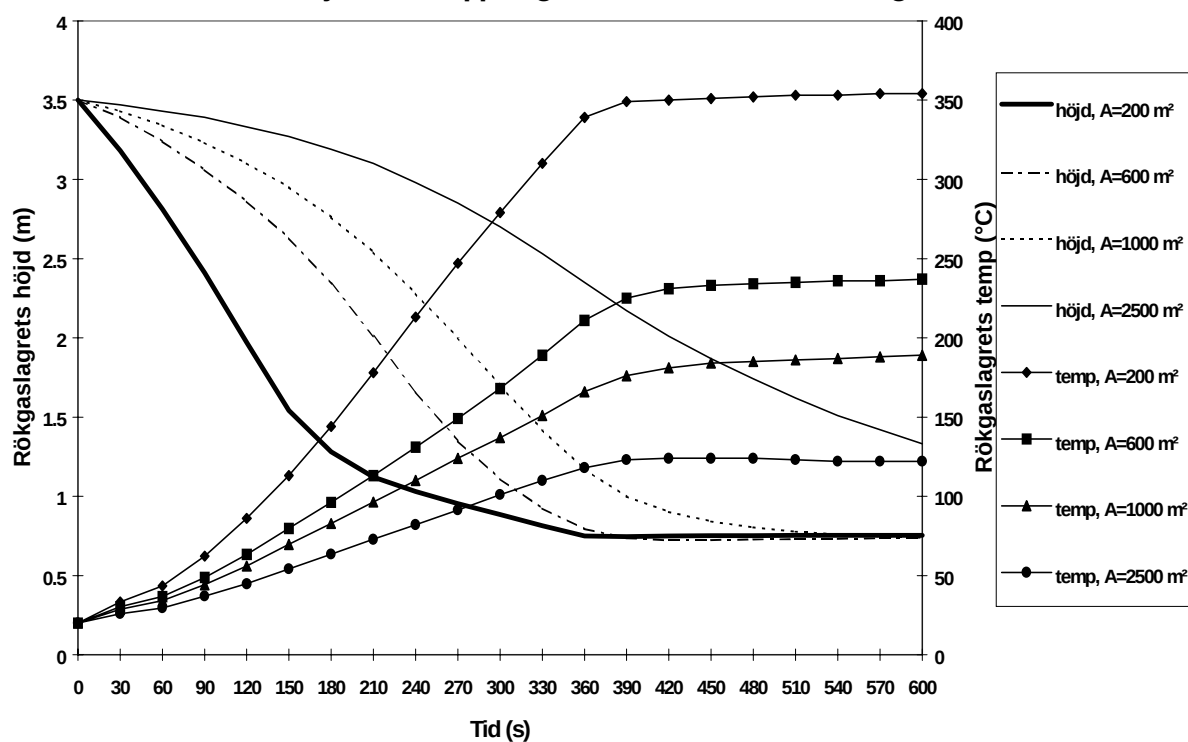
Effektutveckling E



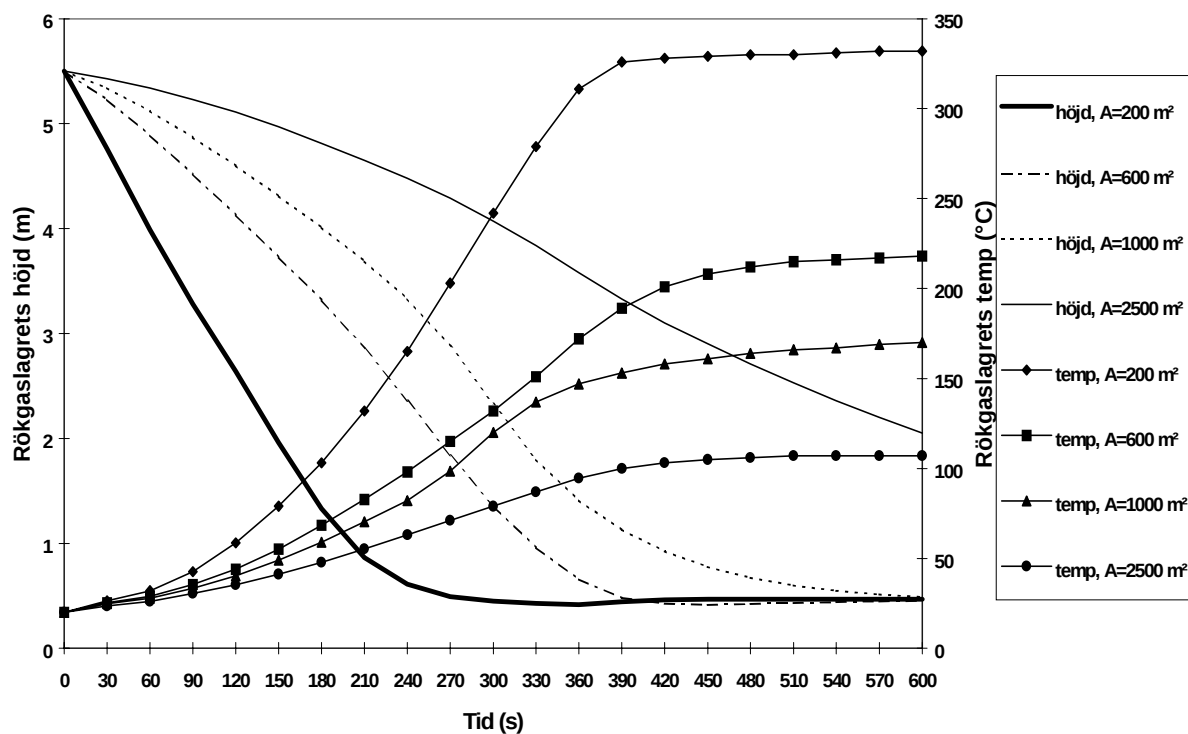
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: E



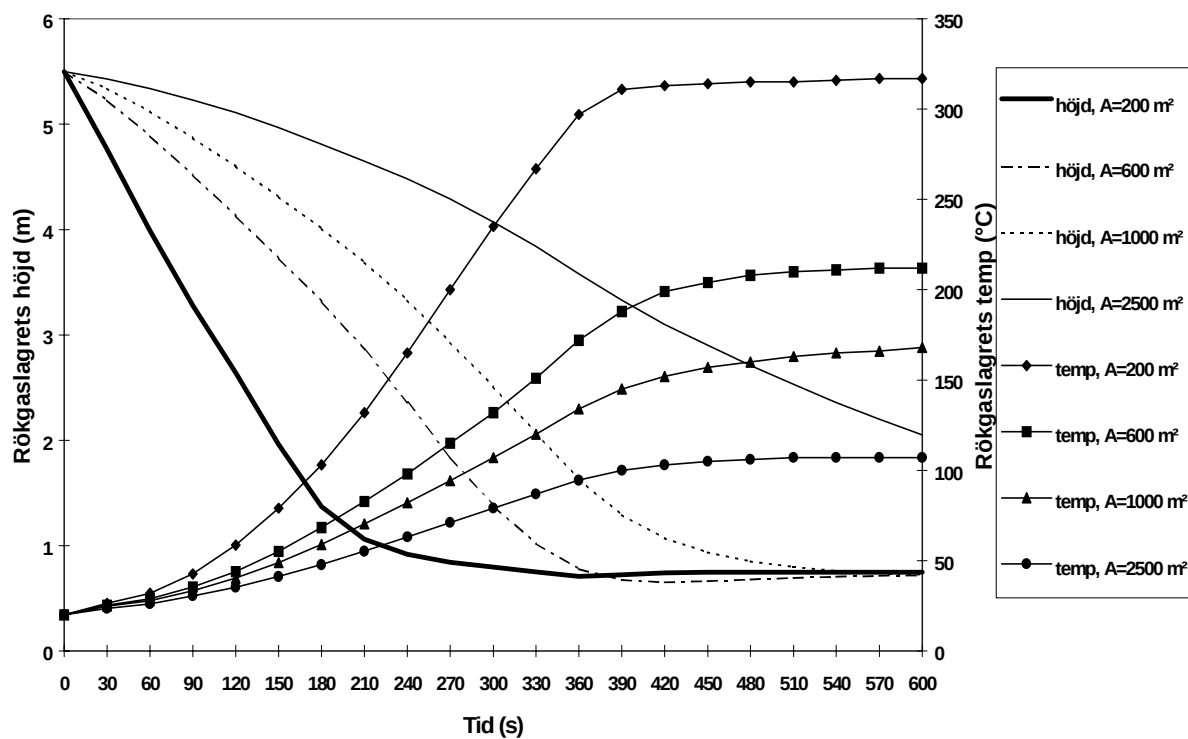
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: E



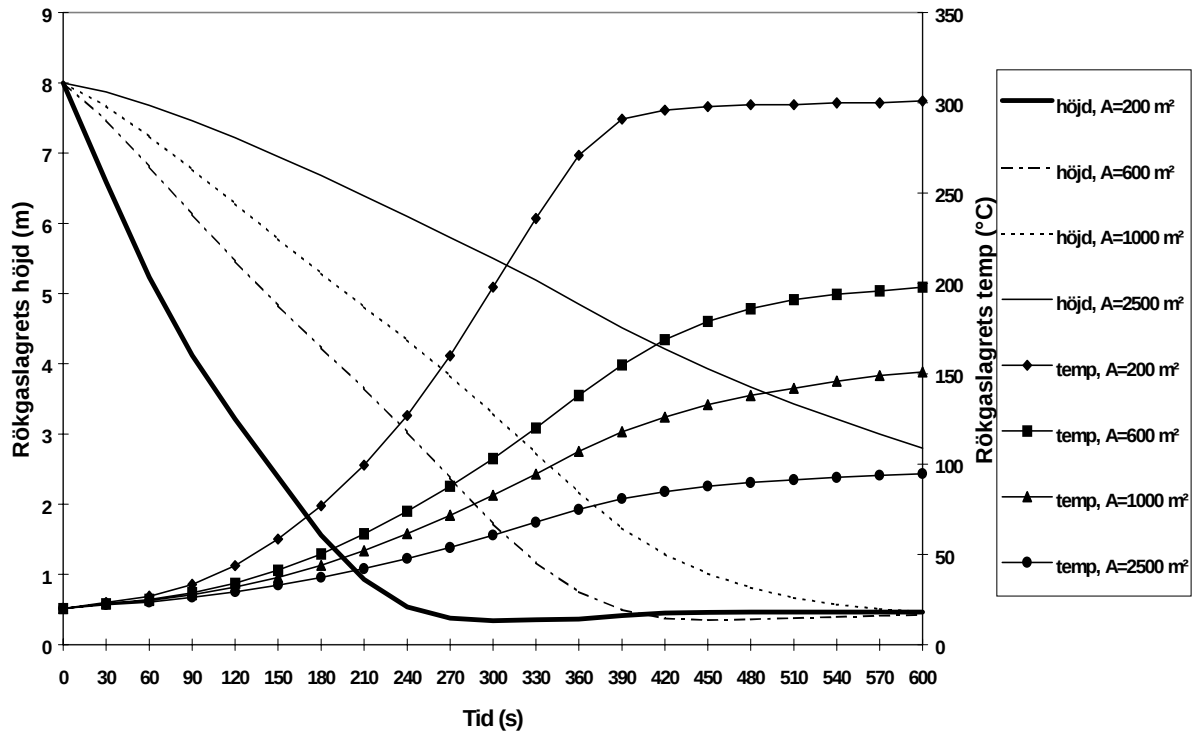
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: E



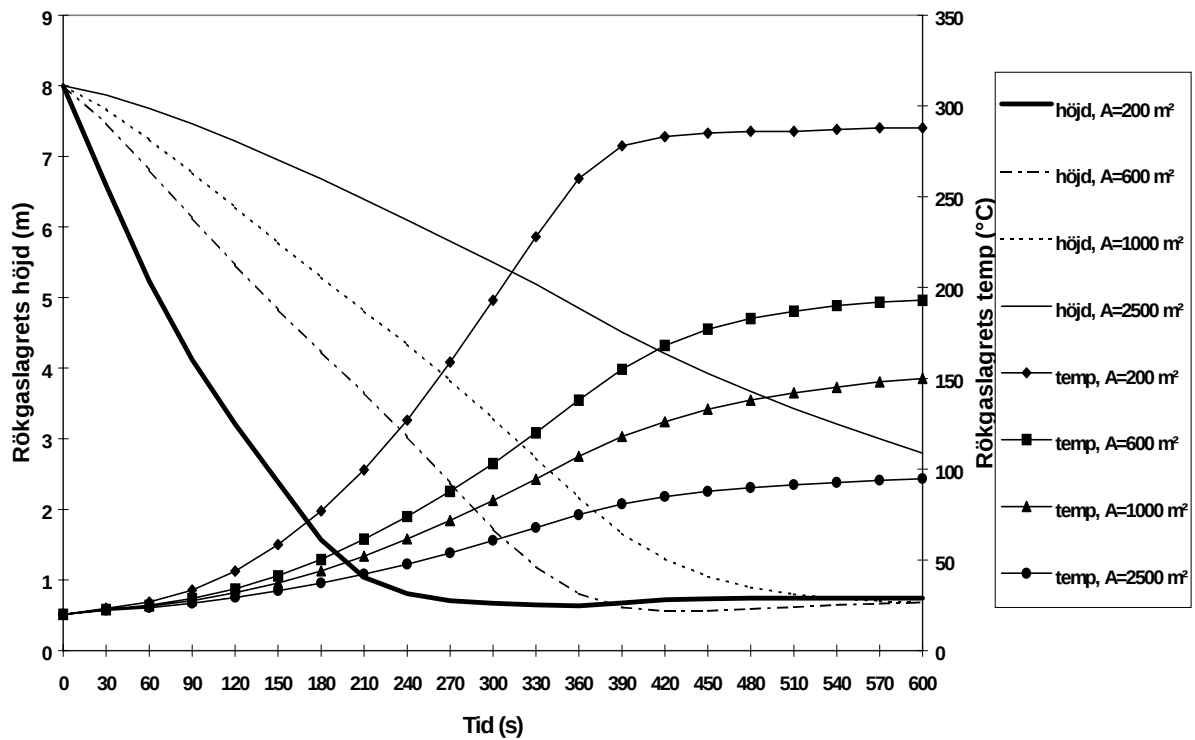
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: E



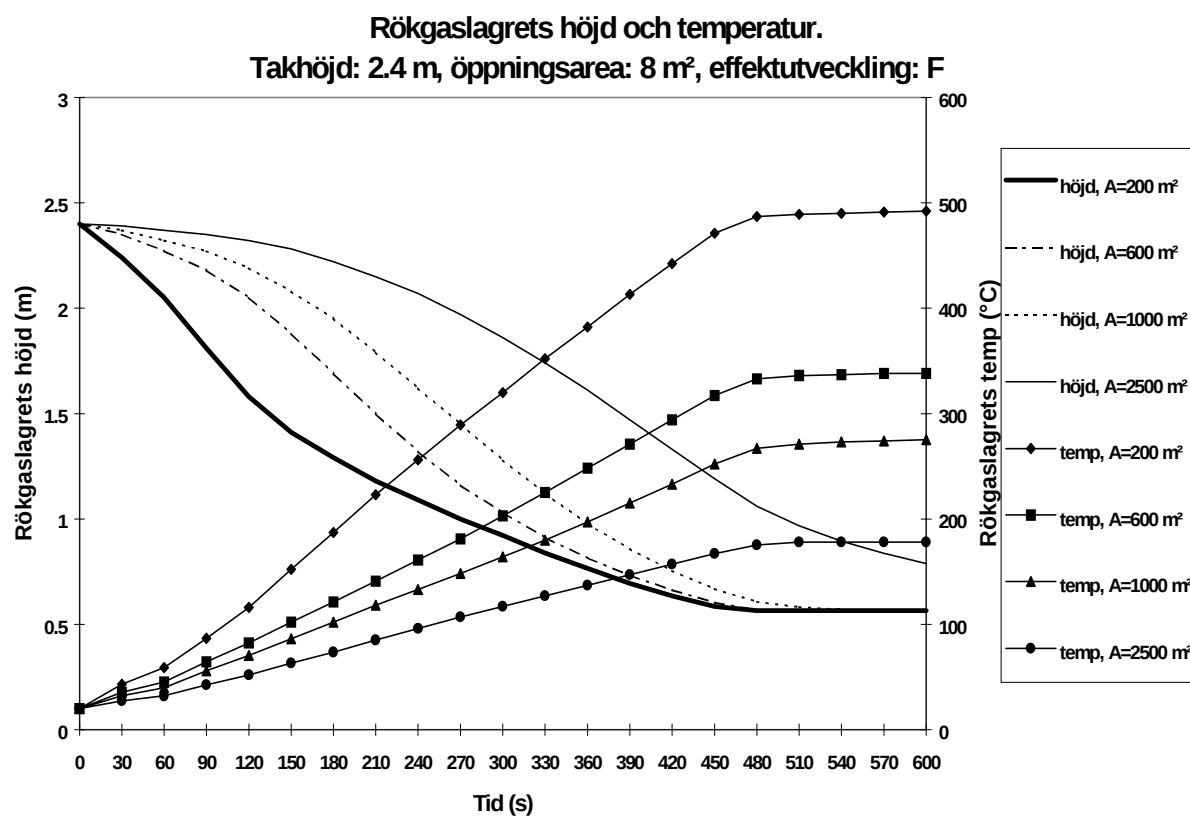
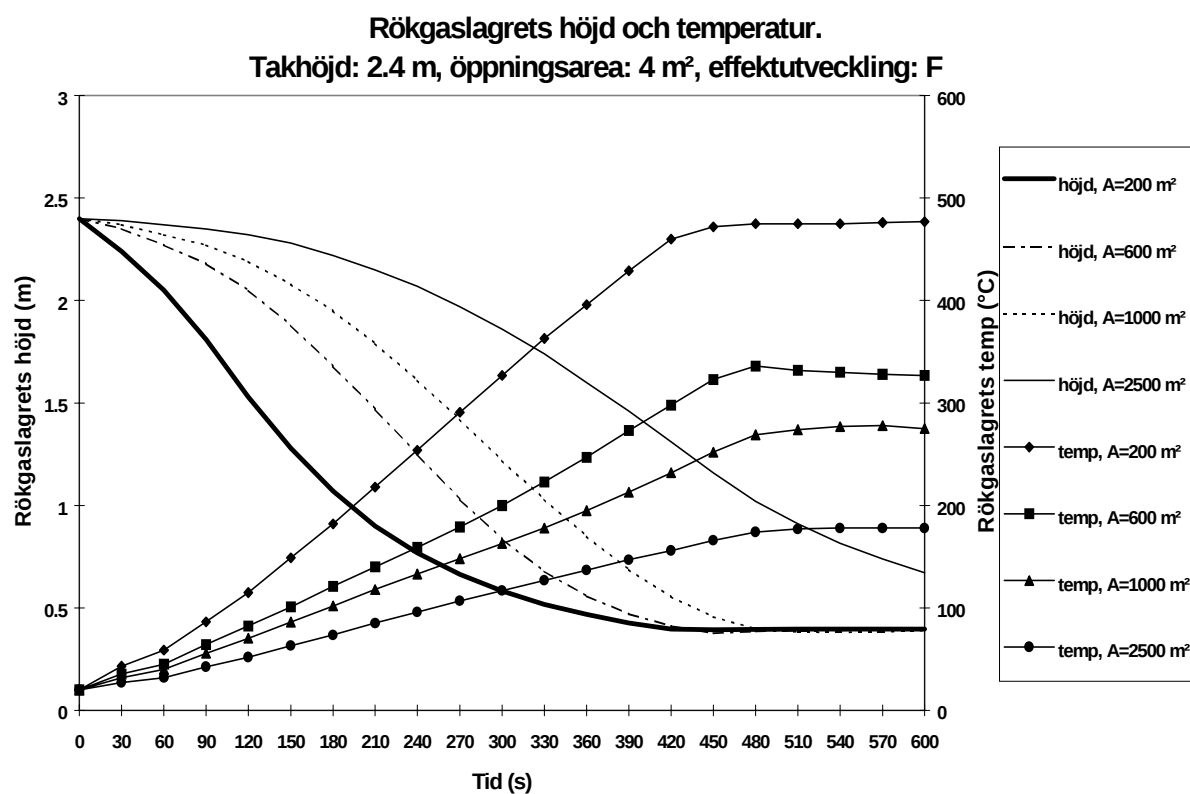
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: E



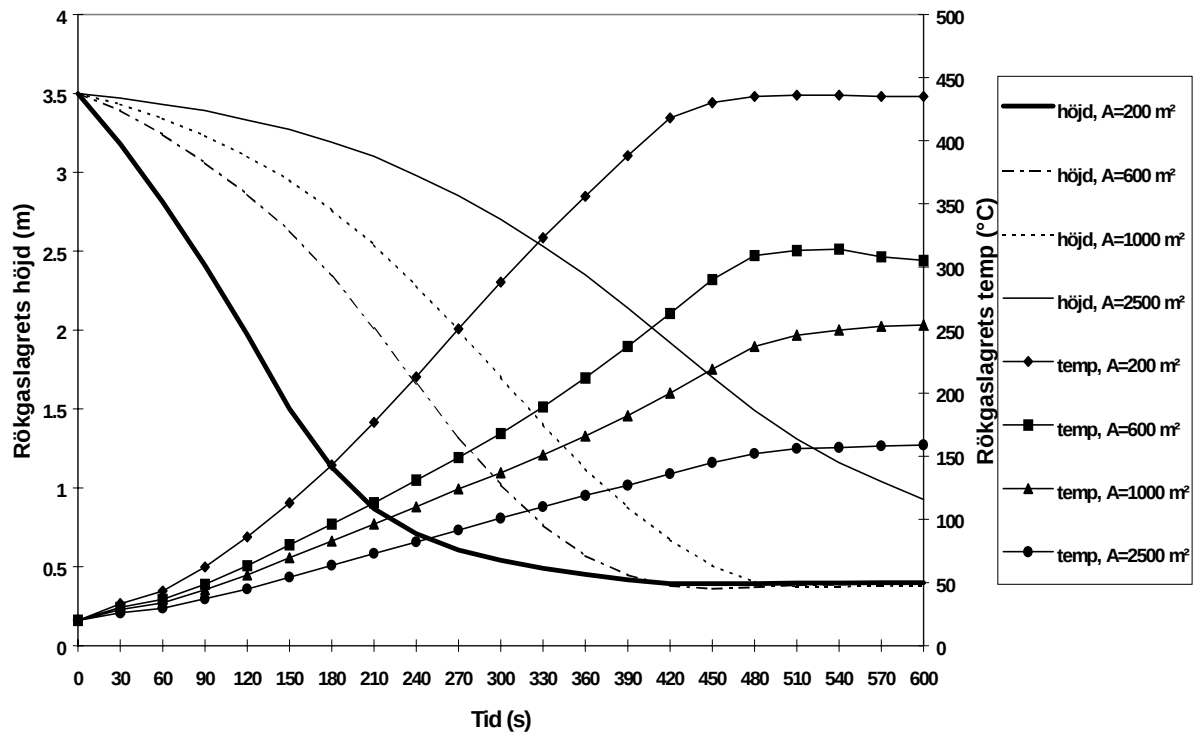
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: E



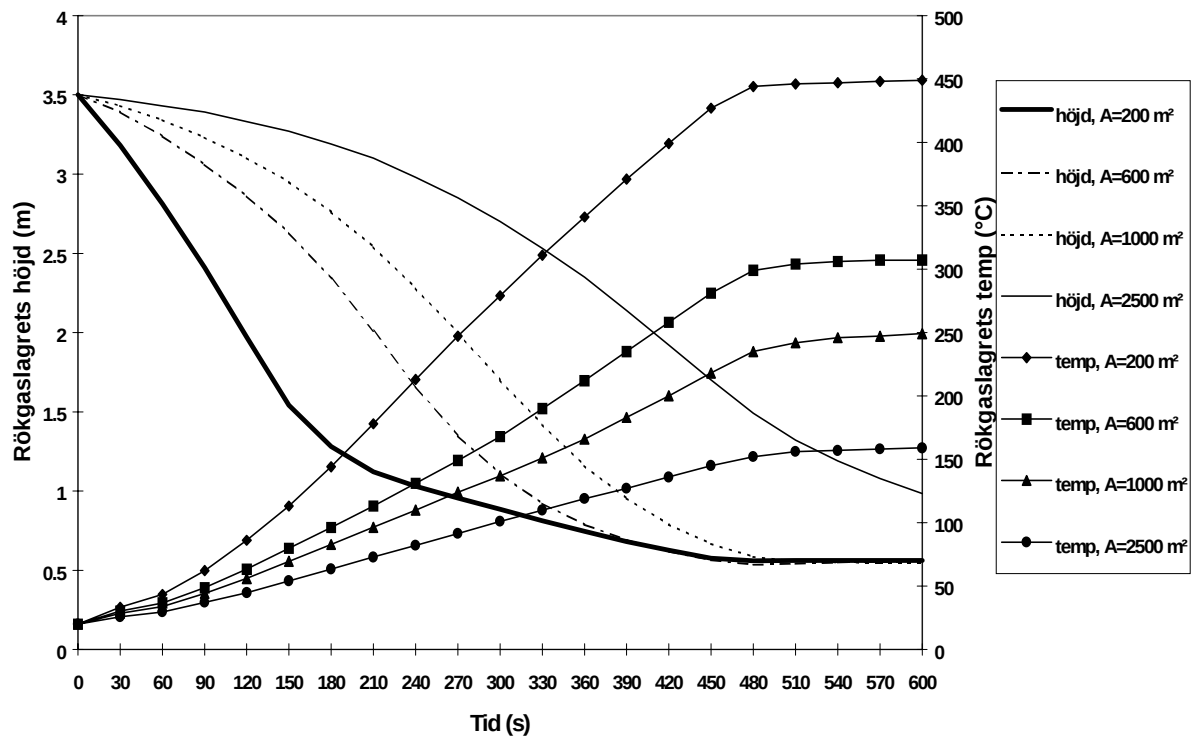
Effektutveckling F



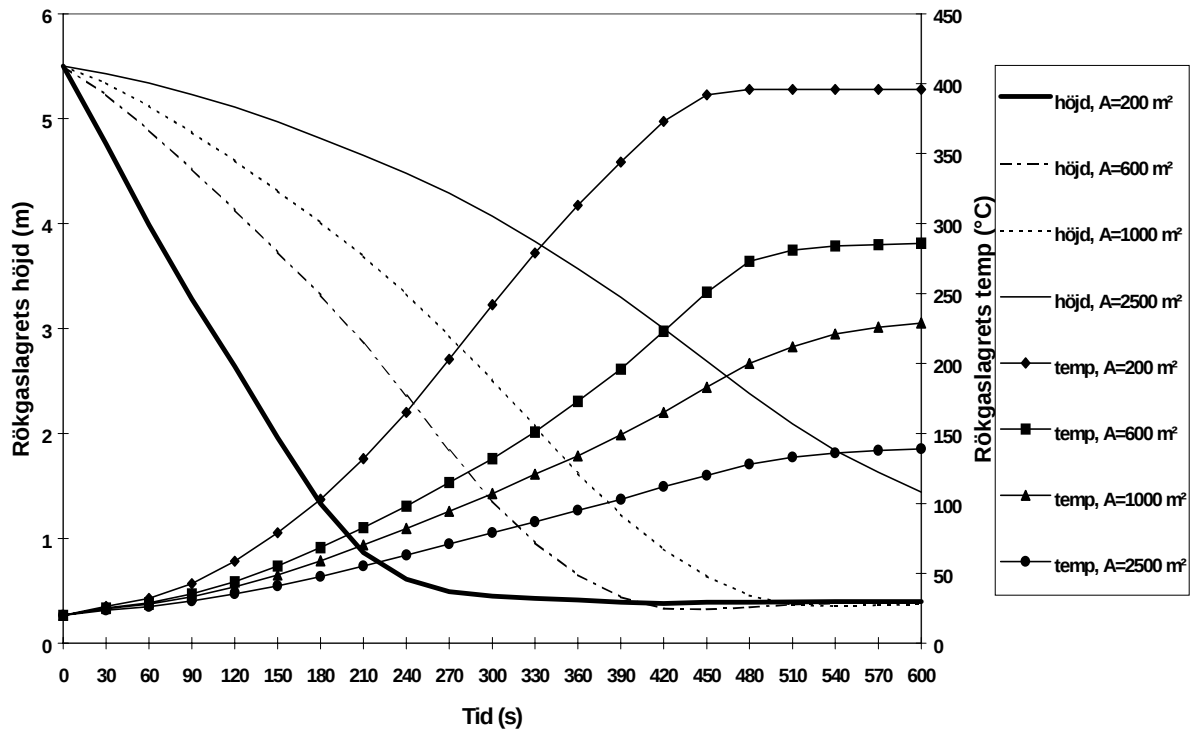
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: F



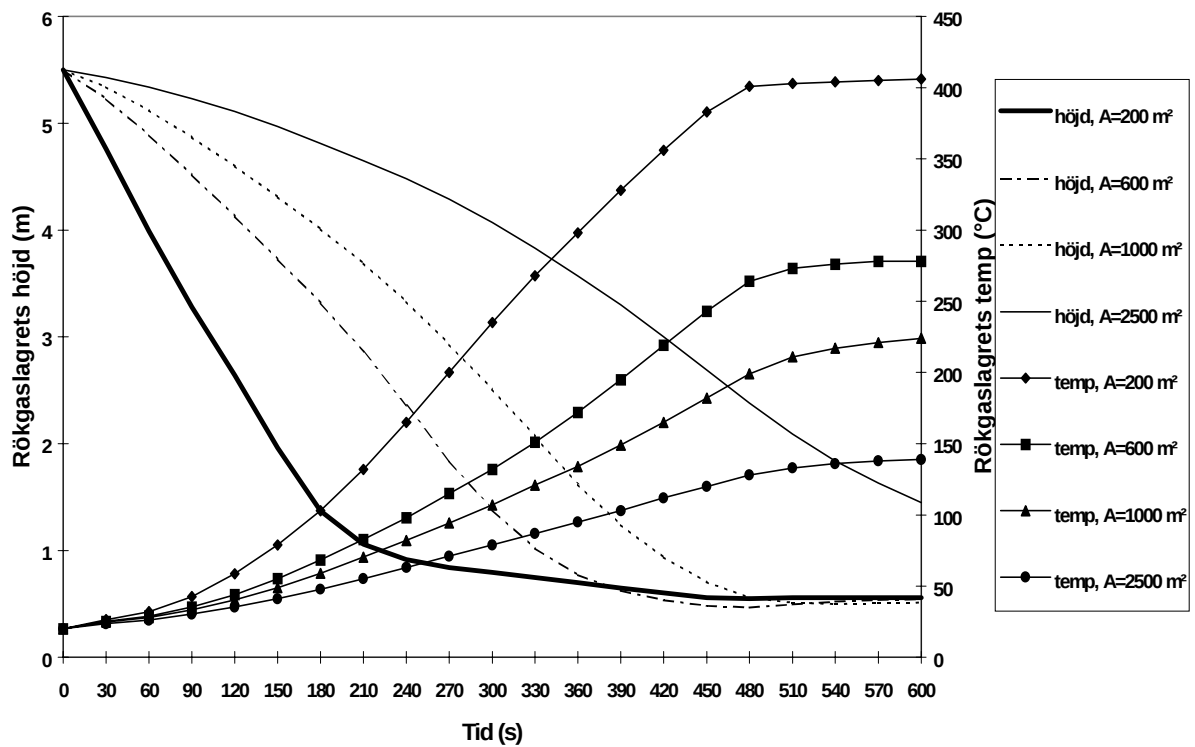
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: F



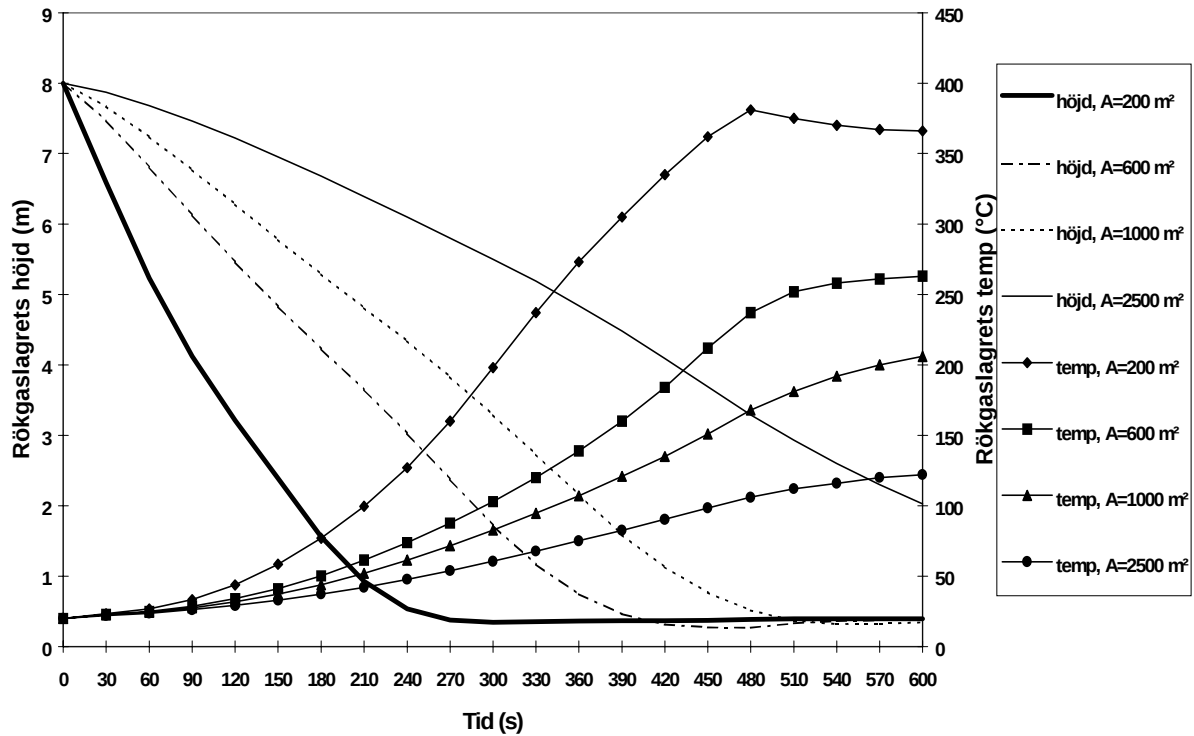
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: F



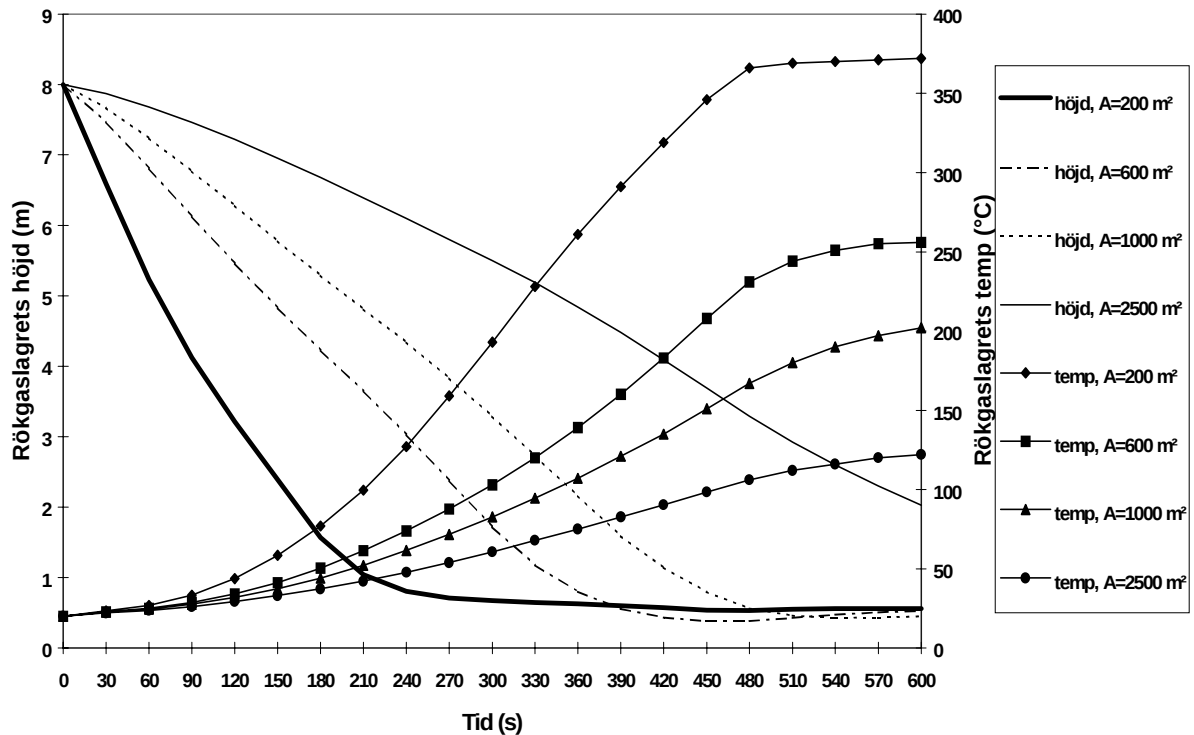
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: F



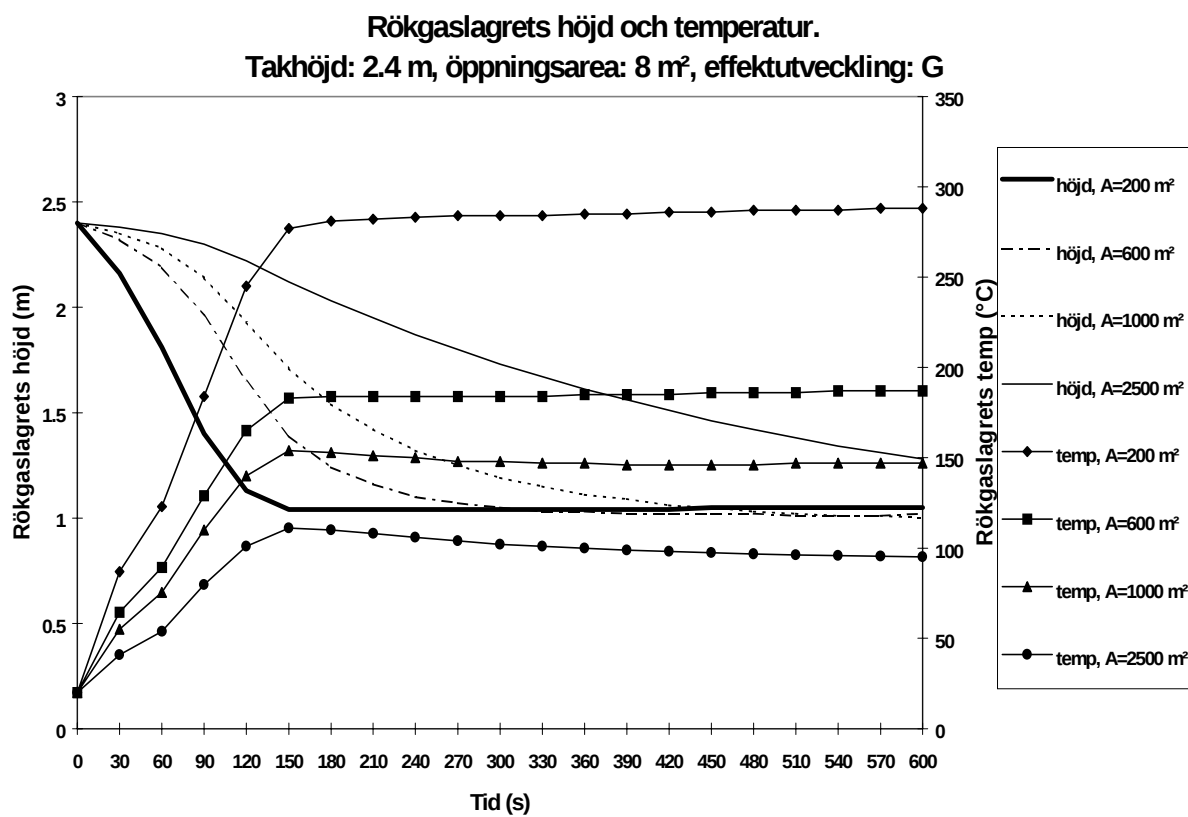
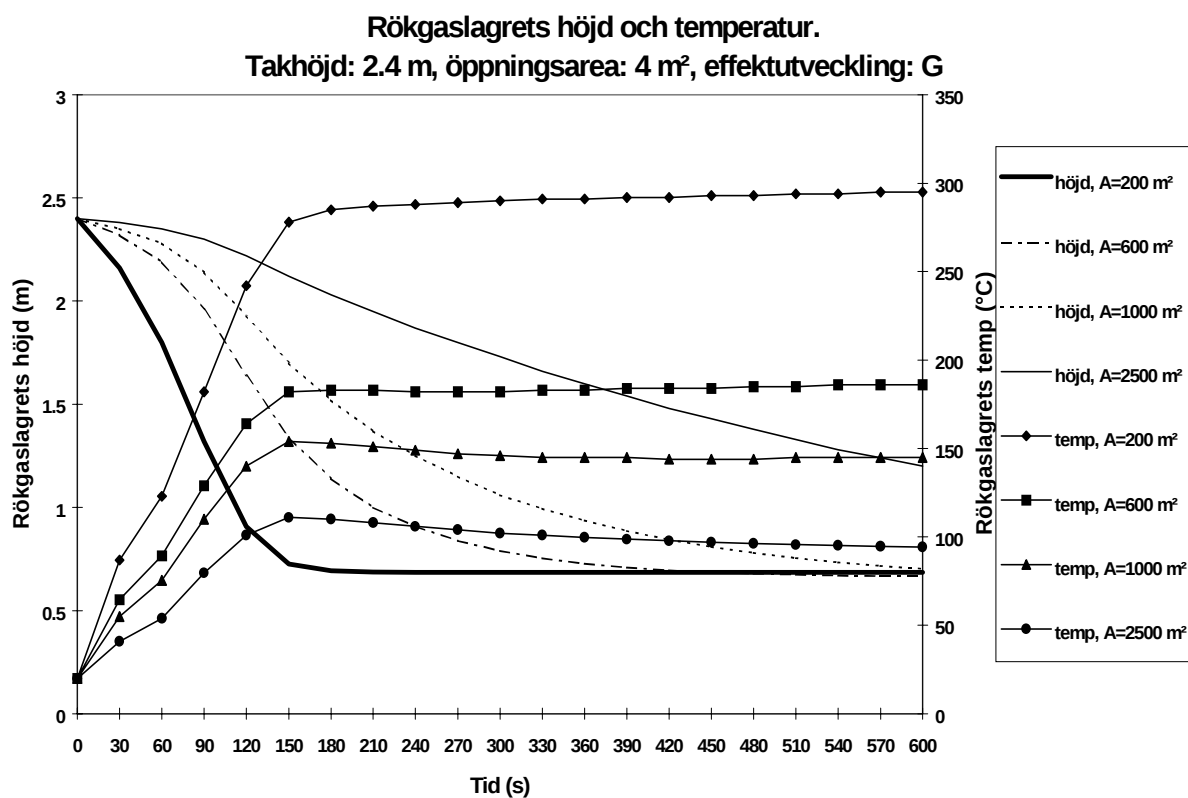
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: F



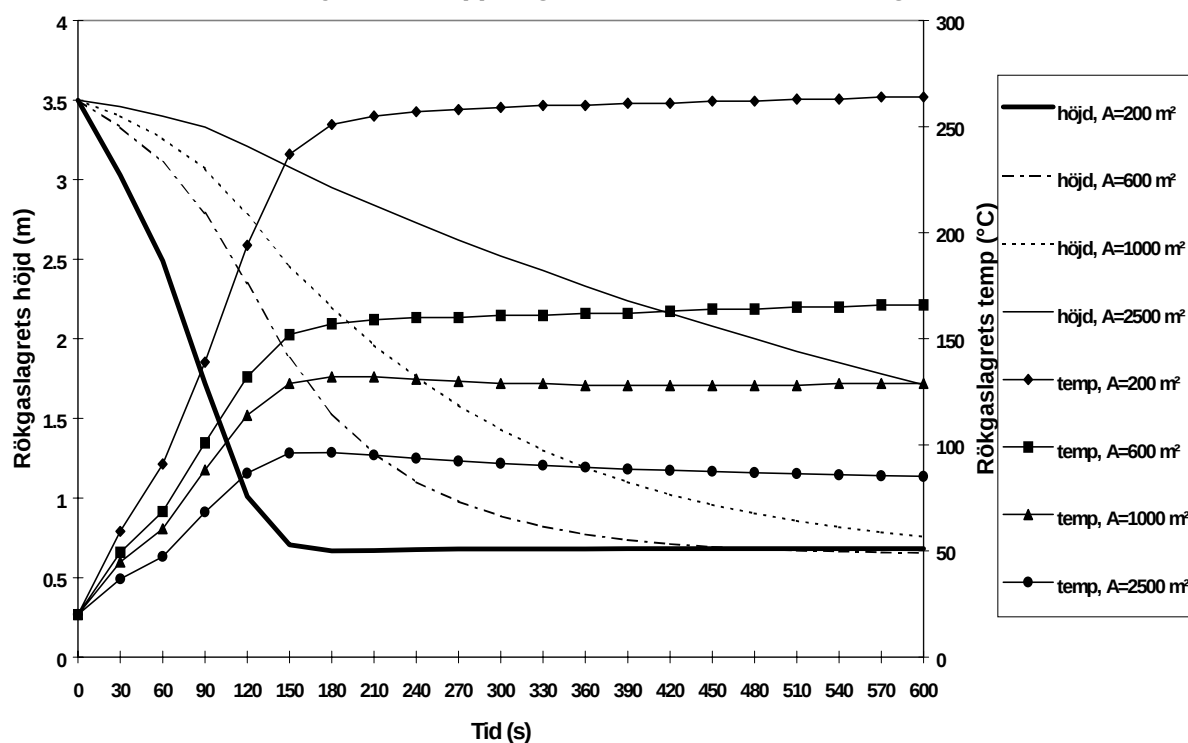
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: F



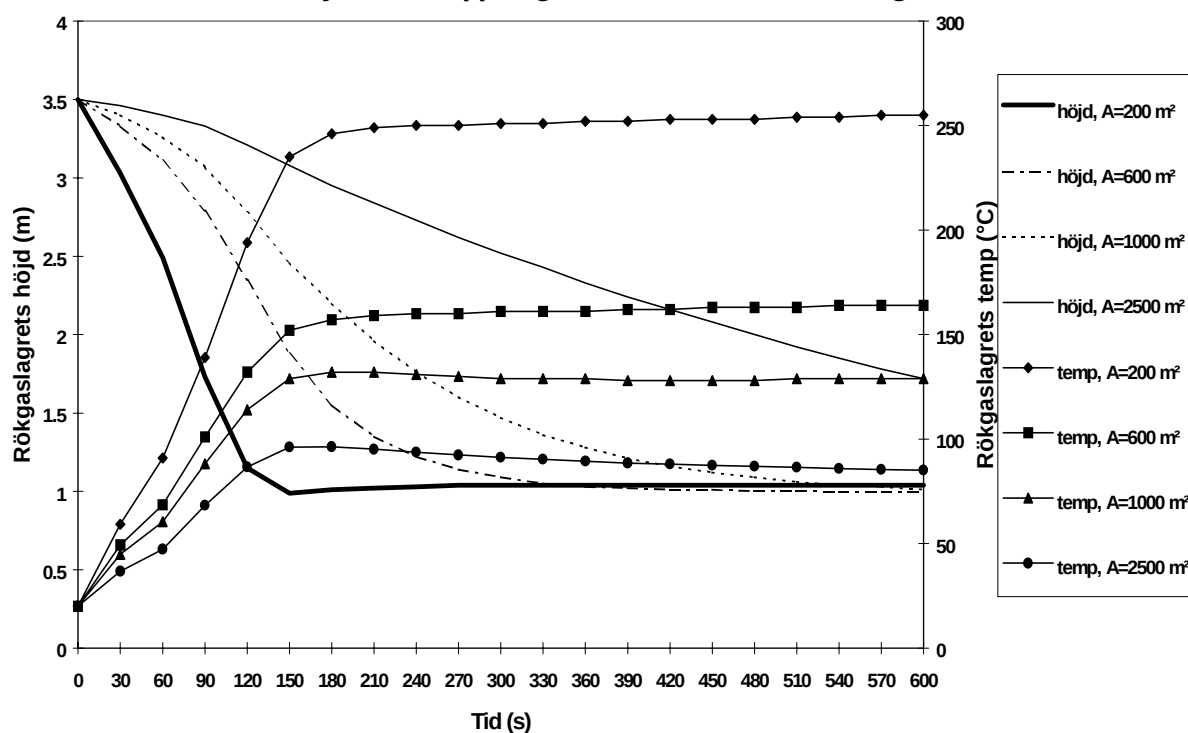
Effektutveckling G



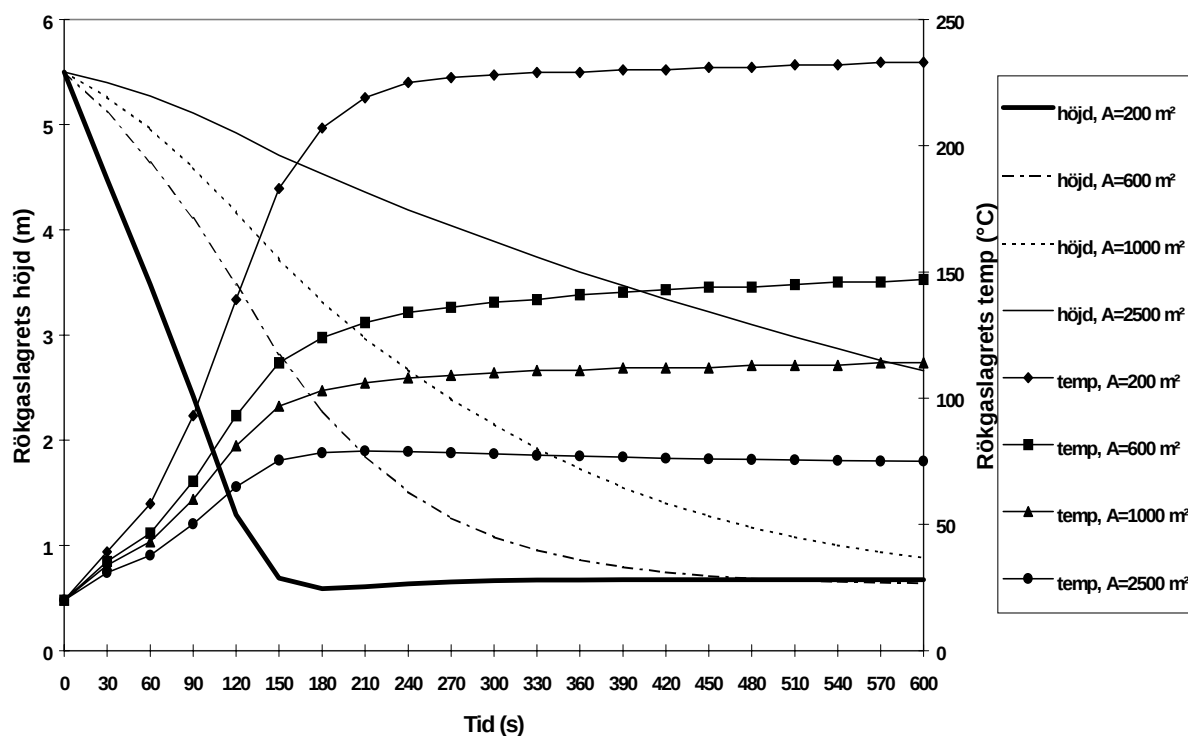
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: G



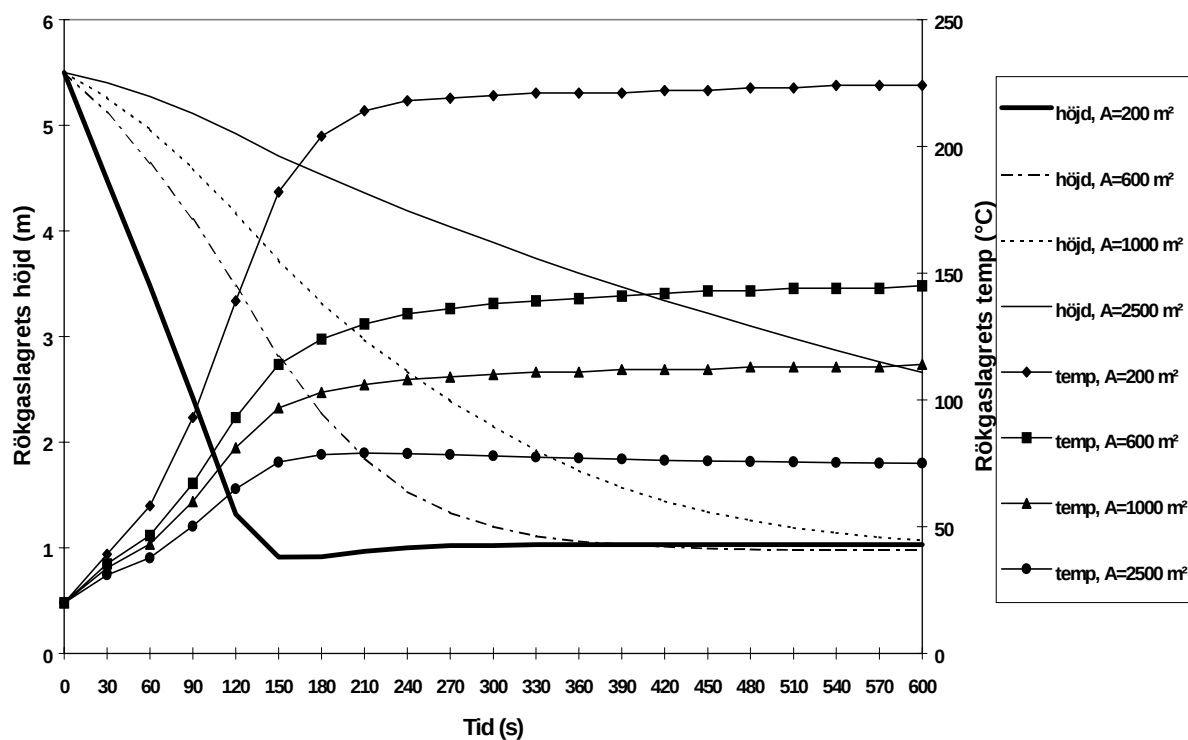
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: G



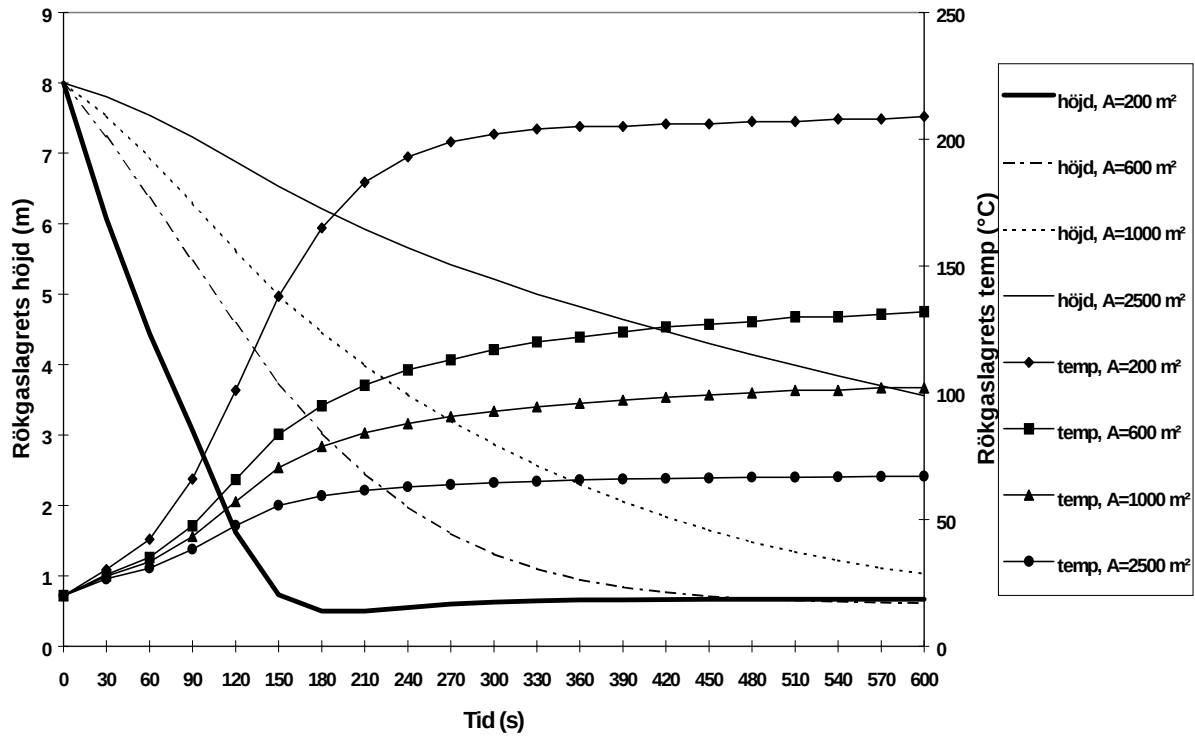
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: G



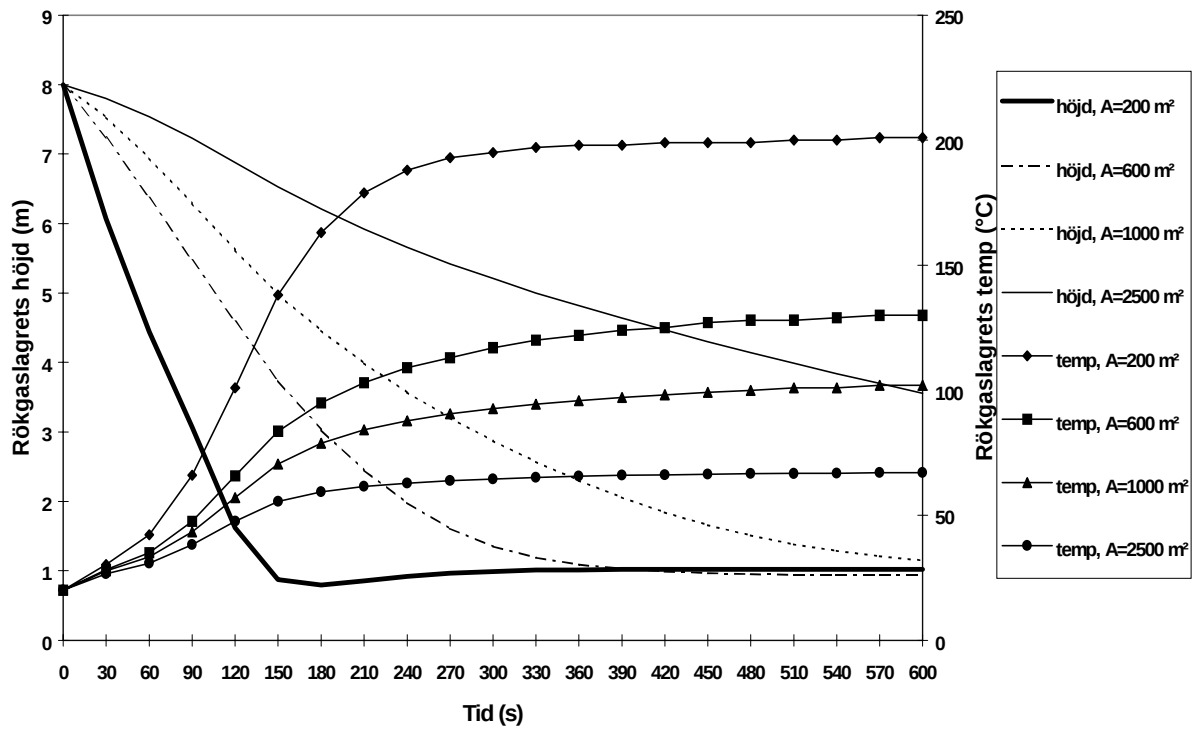
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: G



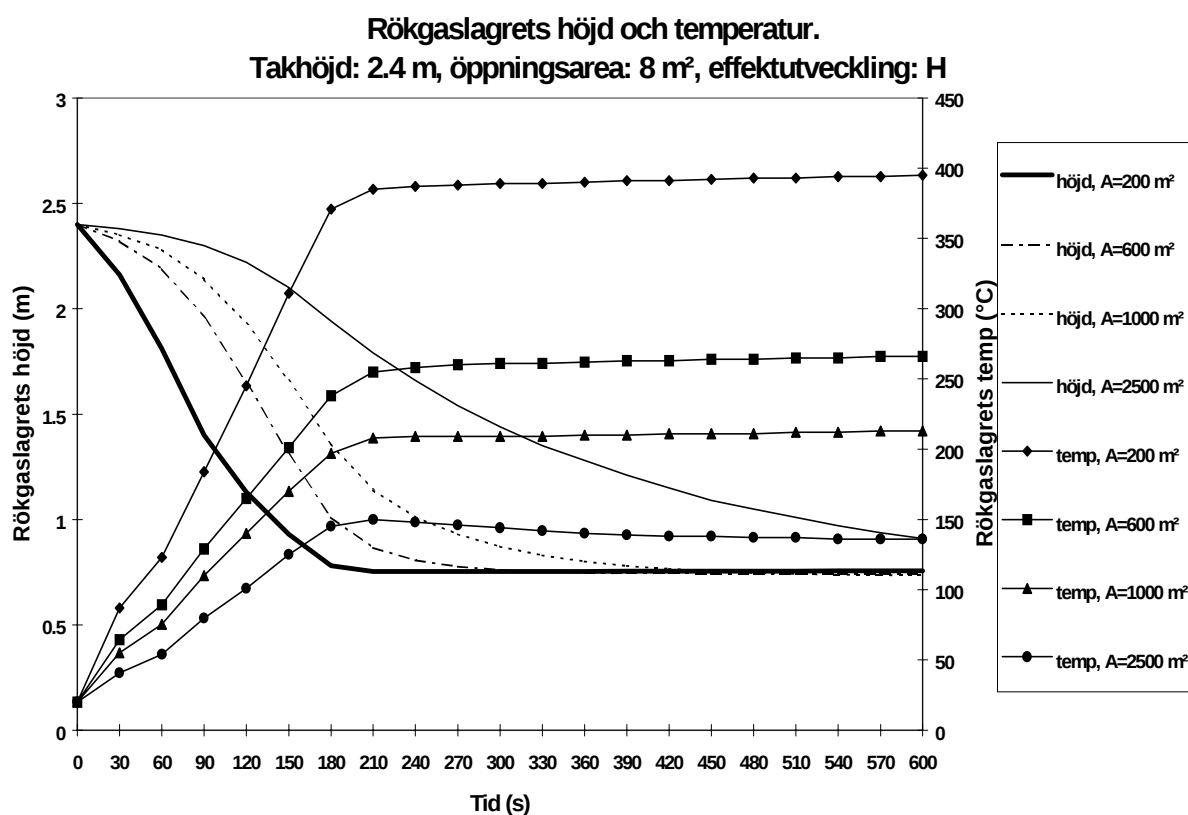
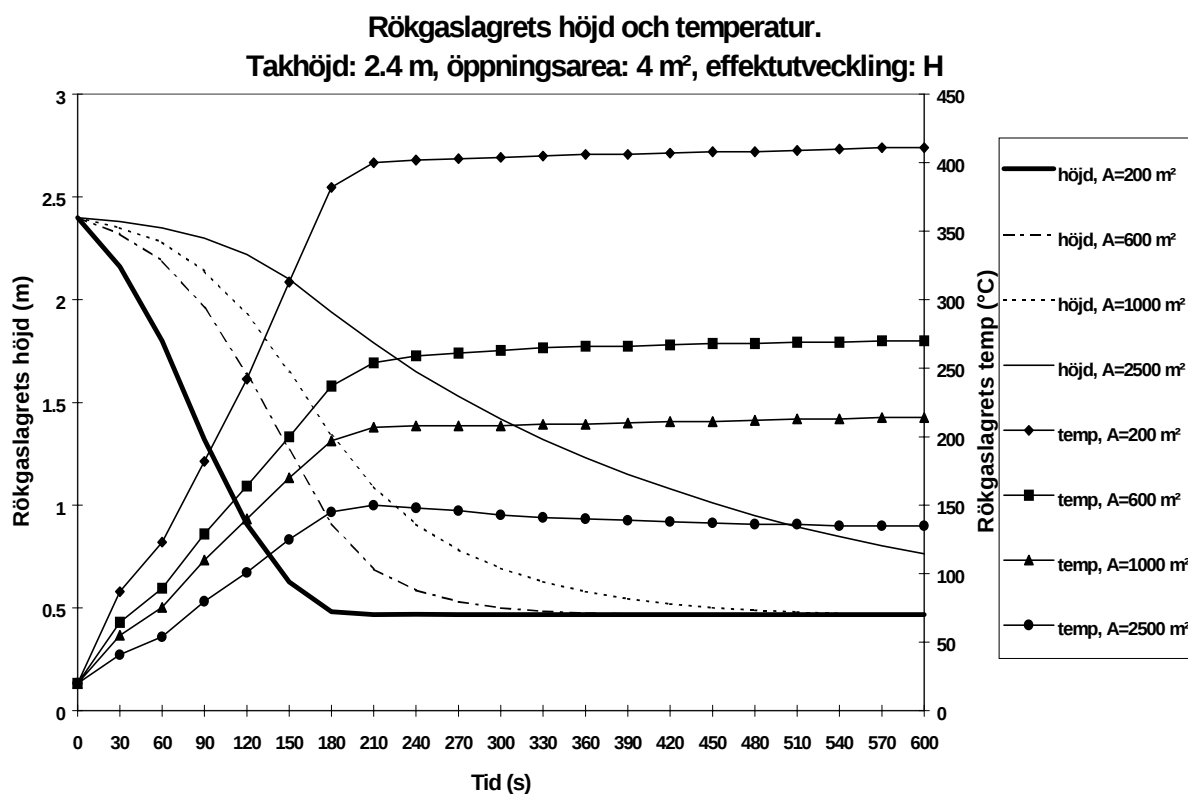
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: G



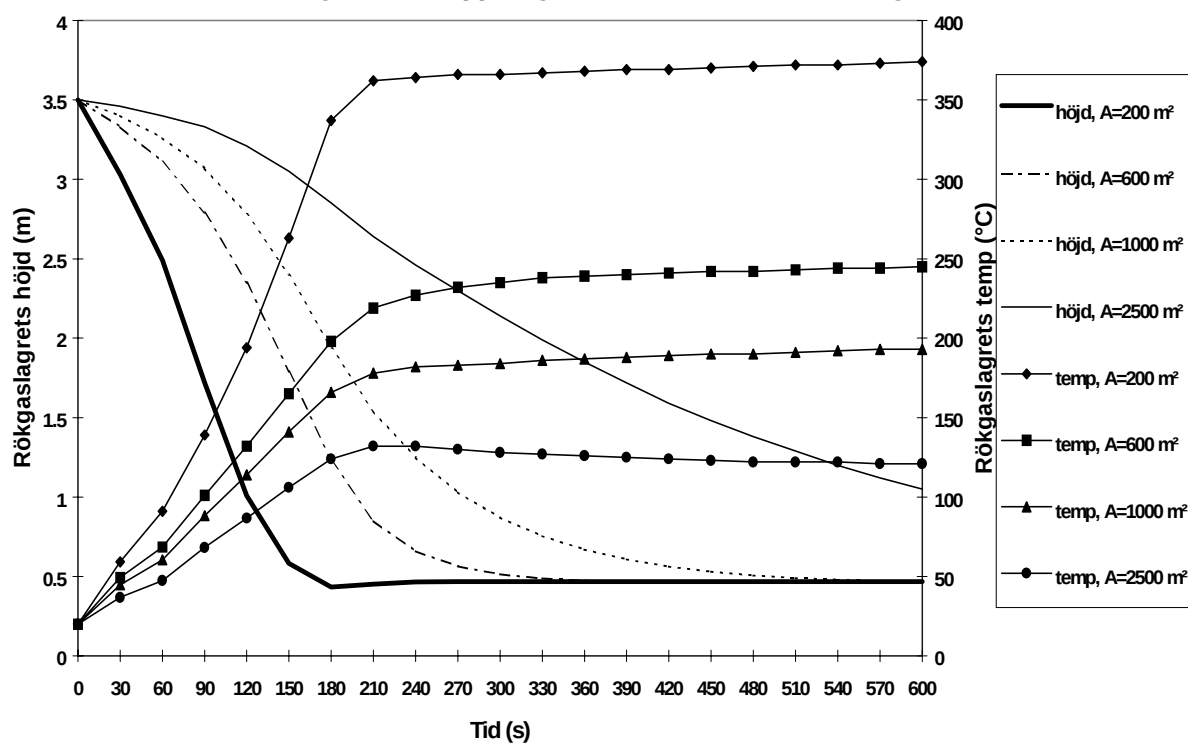
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: G



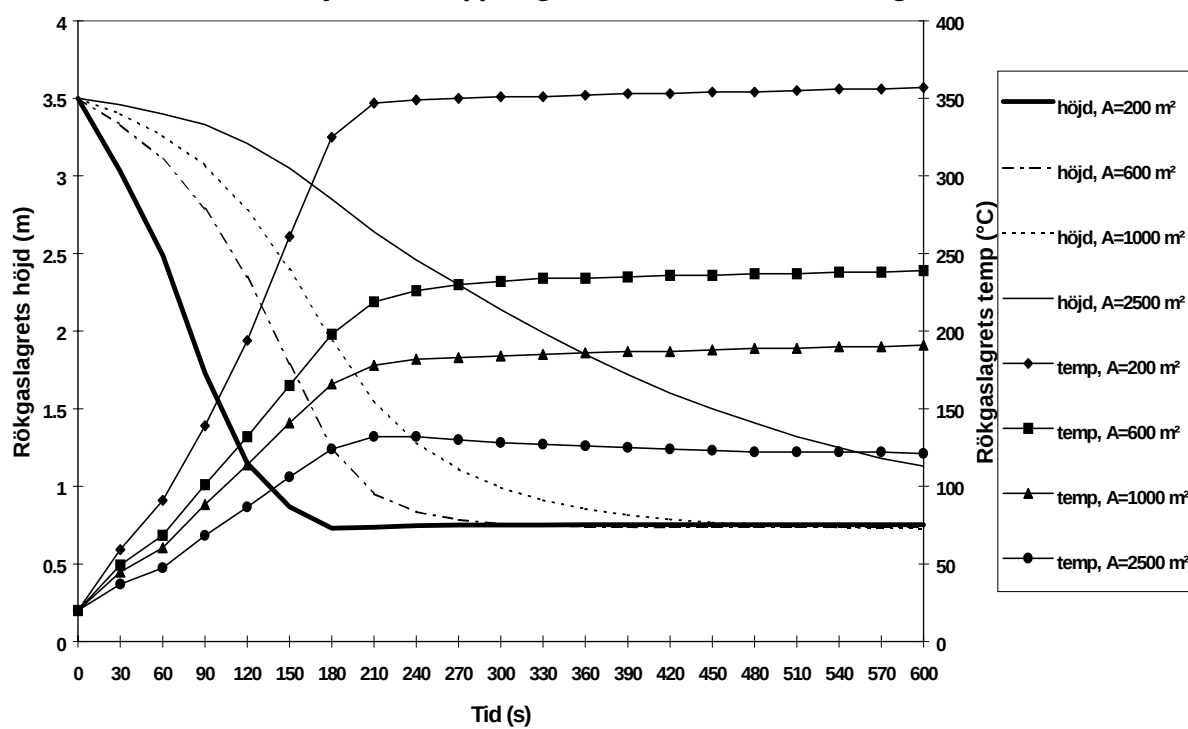
Effektutveckling H



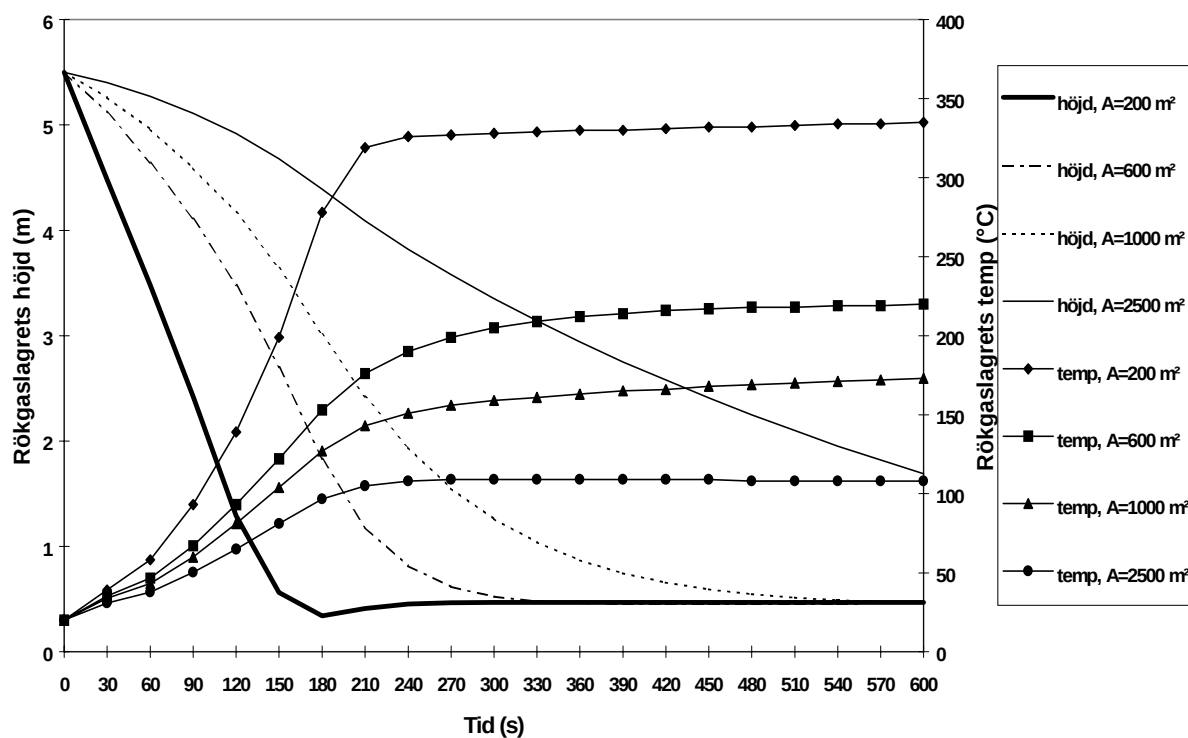
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: H



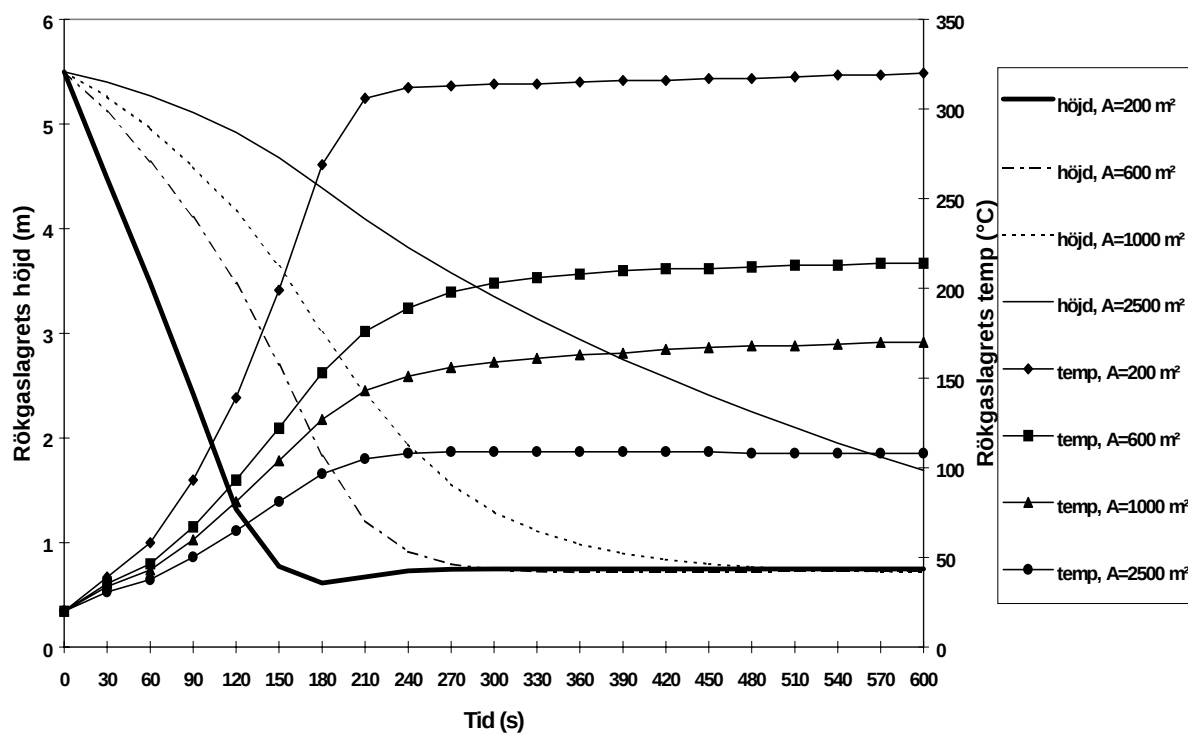
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 3.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: H



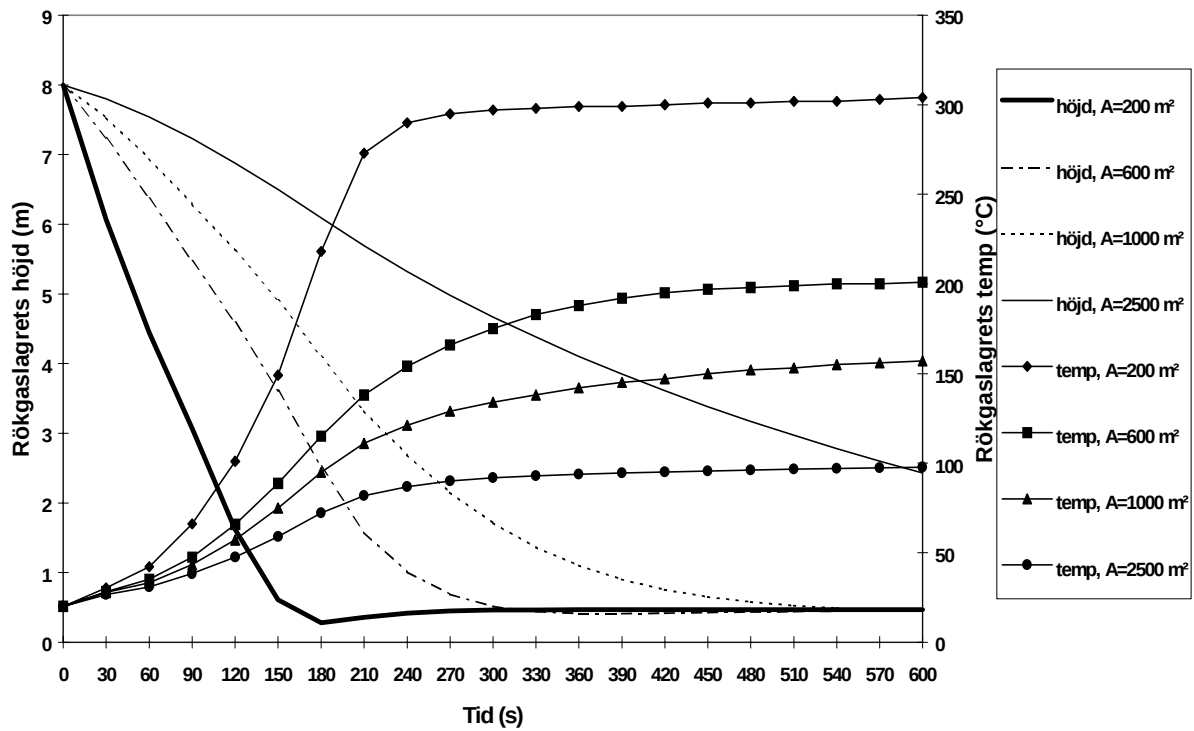
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: H



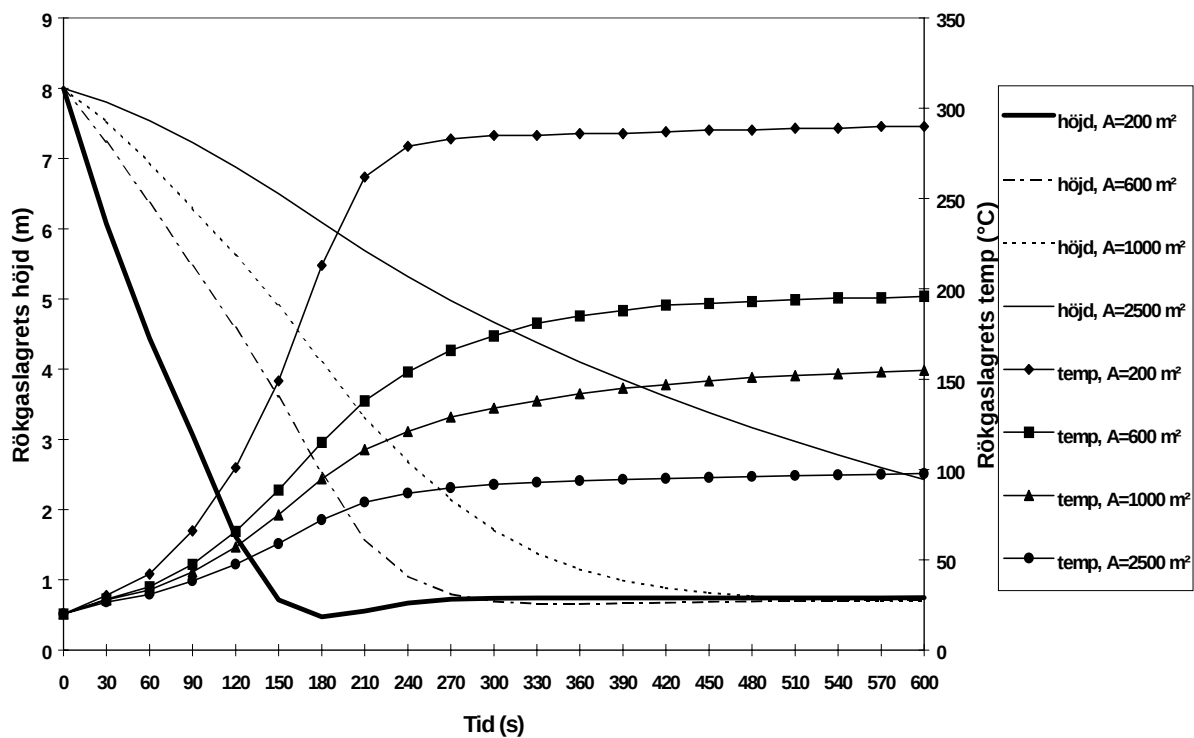
Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 5.5 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: H



Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 4 m², effektutveckling: H



Rökgaslagrets höjd och temperatur.
Takhöjd: 8 m, öppningsarea: 8 m², effektutveckling: H



Bilaga D

Evakueringstider under ideala förhållanden

Nedanstående tabeller redovisar evakueringstiderna för olika lokaler under **ideala förhållanden**. Dessa bör användas med stor försiktighet enligt anvisningarna i kapitel 6 – Utrymning vid brand.

Golvarea [m ²]	Antal personer	Utgångar		Tid [s]
		Antal	Bredd [m]	
200	50	4	1.2	15
200	100	4	1.2	20
200	150	4	1.2	30
200	200	4	1.2	35
200	50	2	1.2	20
200	100	2	1.2	35
200	150	2	1.2	55
200	200	2	1.2	65
200	50	1	1.2	30
200	100	1	1.2	65
200	150	1	1.2	95
200	200	1	1.2	130
200	50	2	2	15
200	100	2	2	20
200	150	2	2	30
200	200	2	2	40
200	50	1	2	25
200	100	1	2	40
200	150	1	2	60
200	200	1	2	75

Figur D1 Evakueringstider under ideala förhållanden. Golvarea 200 m²

Eftersom evakueringstiden är förenad med en stor mängd osäkerheter bör en osäkerhetsanalys utföras för att ett användbart resultat skall nås. Principiella anvisningar för hur en sådan analys kan gå till ges i kapitel 7.

Golvarea [m ²]	Antal personer	Utgångar		Tid [s]
		Antal	Bredd [m]	
600	100	4	1.2	20
600	300	4	1.2	40
600	500	4	1.2	70
600	100	2	1.2	30
600	300	2	1.2	80
600	500	2	1.2	130
600	100	1	1.2	60
600	300	1	1.2	155
600	500	1	1.2	255
600	100	2	2	20
600	300	2	2	60
600	500	2	2	90
600	100	1	2	45
600	300	1	2	110
600	500	1	2	180
600	100	1	4	30
600	300	1	4	60
600	500	1	4	90

Figur D2 Evakueringstider under ideala förhållanden. Golvarea 600 m²

Golvarea [m ²]	Antal personer	Utgångar		Tid [s]
		Antal	Bredd [m]	
1000	100	4	1.2	20
1000	300	4	1.2	45
1000	600	4	1.2	80
1000	1000	4	1.2	135
1000	100	2	1.2	30
1000	300	2	1.2	85
1000	600	2	1.2	165
1000	1000	2	1.2	265
1000	100	1	1.2	60
1000	300	1	1.2	170
1000	600	1	1.2	320
1000	1000	1	1.2	525
1000	100	2	2	25
1000	300	2	2	60
1000	600	2	2	110
1000	1000	2	2	175
1000	100	1	2	40
1000	300	1	2	110
1000	600	1	2	210
1000	1000	1	2	345
1000	100	1	4	35
1000	300	1	4	60
1000	600	1	4	110
1000	1000	1	4	175

Figur D3 Evakueringstider under ideala förhållanden. Golvarea 1000 m²

Golvarea [m ²]	Antal personer	Utgångar		Tid [s]
		Antal	Bredd [m]	
2500	100	4	1.2	30
2500	500	4	1.2	55
2500	1000	4	1.2	135
2500	2000	4	1.2	225
2500	100	2	1.2	35
2500	500	2	1.2	105
2500	1000	2	1.2	210
2500	2000	2	1.2	435
2500	100	1	1.2	65
2500	500	1	1.2	205
2500	1000	1	1.2	365
2500	2000	1	1.2	660
2500	100	2	2	40
2500	500	2	2	80
2500	1000	2	2	145
2500	2000	2	2	255
2500	100	1	2	55
2500	500	1	2	150
2500	1000	1	2	265
2500	2000	1	2	475
2500	100	1	4	65
2500	500	1	4	100
2500	1000	1	4	190
2500	2000	1	4	355

Figur D4 Evakueringstider under ideala förhållanden. Golvarea 2500 m²

Bilaga E

**Vad säger BBR-94 om
samlingslokaler?**

Samlingslokaler

Enligt BBR-94, 5:241, är definitionen på samlingslokal:

”Med samlingslokal avses varje lokal eller grupp av lokaler inom en brandcell, där ett större antal personer med mindre god lokalkännedom kan uppehålla sig.”

Råd: ”En samlingslokal förutsätts rymma fler än 150 personer och används t.ex. som hörsal, biograflokal, kyrka, restaurang, sporthall eller för teater, konserter, dans, studier, fritidsverksamhet eller som varuhus eller annan detaljhandelsanläggning.”

I BBR-94 finns ett antal regler som gäller samlingslokaler. För att veta vad man har att rätta sig efter vid dimensionering av samlingslokaler redovisas dessa här:

Brandtekniska klasser, byggnad (BBR 5:21)

Byggnader skall utföras i klass Br1, Br2 eller Br3. Vid klassindelningen skall hänsyn tas till sådana faktorer som påverkar utrymningsmöjligheterna och risken för personskador vid sammanstörtning av byggnaden. Utrymningsmöjligheterna skall bedömas med hänsyn till byggnadens höjd och volym och den verksamhet som skall bedrivas i byggnaden samt till antalet personer som samtidigt beräknas finnas i byggnaden och personernas förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet.

Byggnader där brand medför stor risk för personskador skall utföras i klass Br1. I sådana byggnader ställs de högsta kraven på bl.a. ytskikt sakt bärande och avskiljande konstruktioner. Byggnader där brand kan medföra måttlig risk för personskador skall utföras i klass Br2. Övriga byggnader får utföras i klass Br3.

Råd: **Byggnader med tre eller flera våningsplan bör utföras i klass Br1.**
Följande byggnader med två våningsplan bör utföras i klass Br1:
-Byggnader avsedda för sovande som inte förväntas ha god lokalkännedom.
-Byggnader avsedda för personer som har små förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet.
-Byggnader med en samlingslokal på andra våningsplanet.

Följande byggnader med två våningsplan bör utföras i lägst klass Br2:
-Byggnader avsedda för fler än två bostadslägenheter och där bostads- eller arbetsrum finns i vindsplanet.
-Byggnader med samlingslokaler i markplanet.
-Byggnader som har en byggnadsarea större än 200 m² och som inte delas i enheter av högst denna storlek genom brandväggar i lägst klass REI-M60.

Byggnader med ett våningsplan med samlingslokaler i eller under markplanet bör utföras i lägst klass Br2.

Passagemått i utrymningsväg (BBR 5:341)

Utrymningsvägar skall utformas med sådan rymlighet och framkomlighet att de kan betjäna det antal personer de är avsedda för.

Råd: Bredden i utrymningsvägar bör inte understiga 0,9 meter. **I utrymningsvägar från brandceller som är avsedda för fler än 150 personer bör bredden inte understiga 1,2 meter.**

Dörr i utrymningsväg (BBR 5:342)

Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara utåtgående i utrymningsriktningen och lätt identifierbara som utgångar. Inåtgående dörrar får endast användas, om de är avsedda för:

-ett litet antal personer, t.ex. dörrar till bostäder eller gästrum på hotell

-ett måttligt antal personer som kan förväntas ha god lokalkännedom, t.ex. dörrar i klassrum i skolor

-mindre lokaler

Andra dörrtyper, t.ex. roter- eller skjutdörrar är tillåtna, om de ger likvärdig säkerhet vid utrymningen som utåtgående slagdörrar.

Dörrar till eller i en utrymningsväg skall vara lätt öppningsbara. Dörrar som endast går att öppna med nyckel är tillåtna, om de betjänar ett litet antal personer som kan förväntas ha tillgång till nyckel.

Råd: **Dörrar till eller i utrymningsvägar från samlingslokaler bör kunna öppnas genom att man enbart trycker på dörren eller öppnar den med ett lättmanövrerbart trycke. Dörrar i utrymningsvägar bör vara försedda med anordningar som medger möjlighet för personer att återvända efter passage.** Den kraft som behövs för att öppna dörren bör inte överstiga 130 N anbringad på de normala öppningsanordningarna.

Vägledande markering (BBR 5:351)

Vägledande markeringar för utrymning skall finnas om berörda personer förväntas ha mindre god lokalkännedom, såsom i hotell, vårdanläggning (utom förskola och liknande) och samlingslokaler. Kravet gäller även lokaler inom vilka det är svårt att orientera sig eller som saknar dagsljusinsläpp. **Vägledande markeringar skall finnas i sådan omfattning och vara så placerade att utrymning inte hindras av svårigheter att orientera sig i byggnaden.** Skyltar skall placeras i anslutning till utgångsdörrar till och i utrymningsvägar. Skyltar skall utgöras av belysta eller genomlysta gröna skivor med tydliga, vita symboler.

Råd: Skyltar bör ha sådan storlek och luminans att de syns tydligt och ha vägledande markeringar utformade enligt SS 3611 (1) eller enligt Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter och allmänna råd, varselmärkning och varselsignalering på arbetsplatser, AFS 1994:47.

Nödbelysning (BBR 5:353)

Nödbelysning skall möjliggöra utrymning på ett säkert och effektivt sätt även vid strömavbrott. Nödbelysning skall finnas i byggnader som innehåller hotell, vårdanläggning (utom förskola och liknande) eller samlingslokal. Nödbelysning skall även finnas i samtliga trapphus som används för utrymning i byggnader med fler än åtta våningsplan. Vägledande markeringar skall försees med nödbelysning, om det inte är uppenbart obehövligt.

Nödbelysningen skall fylla sin funktion i varje utrymningsväg som inte spärrats av brand. Vid strömavbrott skall nödbelysningen ge avsedd belysning under minst 60 minuter.

Råd: På gångstråket bör belysningsstyrkan uppgå till minst 1 lux på den sämst belysta platsen. Lokalt kan högra belysningsstyrkor motiveras, t.ex. i trappor. Skyltar med vägledande markeringar bör alltid vara belysta eller genomlysta även vid eventuellt strömavbrott. Elkablar till nödbelysning bör förläggas avskilda i klass EI 30 eller ha motsvarande brandtålighet.

Särskilda förutsättningar, samlingslokal (BBR 5:371)

Utrymningsvägar från samlingslokaler skall dimensioneras för det antal personer som får vistas i lokalen.

Utrymning från samlingslokaler får inte ske via andra samlingslokaler.

Råd: Om personantalet inte är känt kan följande antaganden göras:
-Om lokalen skall användas av sittande personer och sittplatserna är placerade i rader, bör utrymningsvägarna dimensioneras för 1,7 personer / m² nettoarea. De gångar i lokalen som är avsedda för sittplatspubliken bör inräknas i arean, dock inte scen eller podium.
-Om lokalen skall användas för både stående och sittande personer, bör utrymningsvägarna dimensioneras för 2,5 personer / m² nettoarea.
Utrymningsvägar i varuhus eller andra anläggningar för detaljhandel bör dimensioneras för 0,5 personer / m² nettoarea för de utrymmen dit allmänheten har tillträde.
I samlingslokaler eller förrum till dessa bör det finnas skyltar som anger det största antalet personer som samtidigt får vistas i lokalen.
Samlingslokaler bör ha minst tre utrymningsvägar, om de är avsedda för fler än 600 personer och minst fyra om de är avsedda för fler än 1000 personer.
Utrymningsvägar från samlingslokaler får stå i förbindelse med varandra genom mellanliggande foajé eller motsvarande, som är skild från utrymningsvägarna i lägst klass EI-C 30.

Utrymningslarm (BBR 5:3711)

Samlingslokaler skall försees med utrymningslarm som aktiveras automatiskt eller från bemannad plats vid brandindikation.

Råd: **Utrymningslarm bör ge dem som uppehåller sig i samlingslokalen talad information om lämpliga åtgärder vid utrymningen.**

Nödbelysning m.m. (BBR 5:3712)

Samlingslokaler skall vara försedda med allmänbelysning och nödbelysning. Trappsteg i samlingslokaler skall förses med nödbelysning. Omedelbart utanför utgångar till det fria skall nödbelysning anordnas. Den belysning som behövs i samlingslokaler vid utrymning skall kunna tändas från en plats i lokalen.

Utvändiga utrymningsvägar från samlingslokaler skall i hela sin längd vara belysta och försedda med nödbelysning.

Ytskikt och beklädnad i utrymningsväg (BBR 5:512)

Ytskikt och beklädnader i utrymningsvägar skall utföras i material som ger ett försumbart bidrag till brands spridning.

I byggnader av klass Br1 eller Br2 skall takytor och invändiga väggytor i utrymningsvägar ha ytskikt av klass I. Ytskiktet skall fästas på obrännbart material eller på tändskyddande beklädnad.

I byggnader i klass Br3 skall takytor och invändiga väggytor ha ytskikt enligt följande:

a) Utrymningsvägar i hotell, vårdanläggningar och samlingslokaler skall ha ytskikt av klass I på takytor och lägst klass II på invändiga väggytor. Ytskikten skall fästas på obrännbart material eller på tändskyddande beklädnad.

b) Utrymningsvägar som är gemensamma för två eller flera bostads- eller kontorslägenheter skall ha ytskikt av klass I på takytor och lägst klass II på invändiga väggytor.

c) Utrymningsvägar från lokaler med brandfarlig verksamhet skall ha tak- och väggytor med ytskikt av klass I anbringat på obrännbart material eller på tändskyddande beklädnad.

I byggnader i klass Br1 skall golvbeläggning i utrymningsvägar vara utförd i material med måttlig benägenhet att sprida brand och utveckla brandgas.

Råd: Golvbeläggning bör utföras i material som är obrännbart eller i klass G.

Särskilda förutsättningar, samlingslokal med större scen (BBR 5:673)

I samlingslokaler med större scen skall scenen utan hänsyn till scenöppning utformas som egen brandcell.

Råd: Scenöppningen bör avskärmas med brandskyddsridå. Ridån bör kompletteras med ridåsprinkler, om scenen är större än 120 m².

Bilaga F

Redovisning av använda metoder och program

Använda program

F.1: CFAST /17/

CFAST är en del av HAZARD I, vilket är ett amerikanskt programpaket framtaget av National Institute of Standards and Technology, Washington DC. CFAST kan användas för att beräkna effekterna av ett specificerat brandförlopp i ett eller flera rum.

CFAST använder en s.k. tvåzonsmodell där varje rum delas upp i en övre varm och en undre kall zon.

Programmet kan beräkna ett brandförlopp med brandgasspridning i en byggnad med upp till 15 rum. Beräkningarna kan ta hänsyn till takventilation, mekanisk ventilation samt ventilationskontroll av effekten.

CFAST har sitt ursprung i de grundläggande ekvationerna för bevarande av massa och energi. Samtliga ekvationer löses parallellt för varje zon och tidssteg. Programmet tar också hänsyn till och räknar med brandplymen som transporterar massa och energi från den undre zonen till den övre.

Indata som användaren måste specificera är bl.a.:

- tryck och temperatur i och utanför byggnaden
- rumsgeometri
- ventilation
- material i omslutande konstruktioner
- effektutveckling samt förbränningsvärme för det brinnande objektet
- syrehalt då branden går från flamförbränning till glödbland

Utdata ges som en funktion av tiden för varje rum och omfattar bl.a.:

- brandgaslagrets höjd från golvet
- temperaturen i de olika zonerna och väggarna
- syrekonzentration
- strålning från brandgaslagret
- trycket i brandrummet
- den verkliga effektutvecklingen
- massflödet i brandplymen

Begränsningar

Det finns två ytterligheter i fråga om hur brandgaserna fördelar sig i rummet, tvåzonsmodellen och enzonsmodellen. Vid genomförande av en brandteknisk dimensionering måste en bedömning av hur bra modellerna avspeglar verkligheten göras. Om brand inte ger tvåzonsskiktning så stämmer inte heller resultaten från CFAST-simuleringarna.

Tvåzonsskiktning kan sägas uppkomma om skillnaden i temperatur mellan de två skikten överstiger ca 30 °C, i andra fall uppkommer enzonsblandning. Enzonsblandning kan också uppkomma vid kraftig turbulens såsom vid mekanisk omrörning.

Det finns även vissa begränsningar av vilka indata som kan ges till CFAST, nämligen att endast rektangulära rum kan användas (mer komplicerade geometrier måste förenklas till likvärdiga rektangulära geometrier) samt att takventilation ej kan öppnas och stängas som en funktion av tiden. CFASTs resultat stämmer ej med verkligheten efter det att övertändning skett. Övertändning innebär att allt brännbart material i rummet antänds. Det finns flera olika definitioner på när övertändning sker. De två vanligaste är:

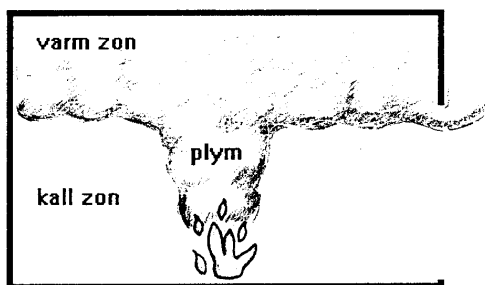
- temperaturen i brandgasskiktet överskrider 500-600 °C.
- strålningsnivån från brandgasskiktet mot golvet överskrider 15-20 kW/m².

Tvåzonsmodellen skickar upp brandgaser i övre lagret där de momentant sprids i hela rummet. Detta stämmer inte med verkligheten i stora rum eller i långa korridorer där brandgasspridningen tar lite tid. För att anpassa detta till brandgasspridning i verkligheten kan rummen eller korridorerna delas in i flera tänkta rum med hjälp av 10-20 cm avgränsande lister i taket. Detta ger en mer verklighetstrogen brandgasspridning.

Tvåzonsmodell

Tvåzonsmodellen bygger på att varma brandgaser p.g.a. termiska krafter stiger och lägger sig ovanför den kallare rumsluften, se *figur F.1*. Luft strömmar in i den kalla zonen, genom öppningar i omslutningsytorna, för att sedan hettas upp och transporteras upp i det övre lagret genom brandplymen.

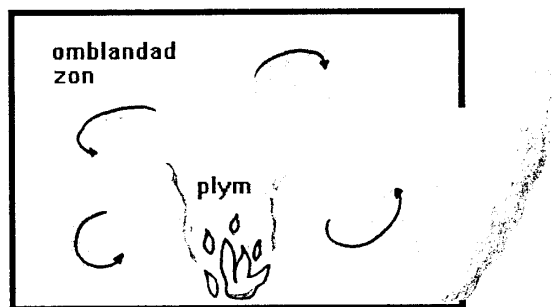
Tvåzonsskiktning uppkommer vid kraftigare bränder, då det bildas brandgaser med hög temperatur, samt i rum med låg takhöjd eftersom brandgaserna inte hinner suga in så mycket kall luft att temperaturskillnaden utjämnas. Vid en enormt kraftig brand i ett litet rum kan dock turbulens uppstå, vilket gör att zonskiktningen förstörs och en enda blandad zon uppkommer. Samma problem kan också uppstå då golvytan är väldigt stor i förhållande till rumshöjden.



Figur F.1. Tvåzonsskiktning.

Enzonsmodell

I rum med stora volymer, hög takhöjd samt vid svaga bränder inträffar ingen skiktning till olika zoner. Brandgaserna kyls och mister sin termiska stigmat p.g.a. stort insug av kall luft i brandplymen. Följden av det hela blir att hela rummet fylls med förhållandevis kalla rökgaser, vilket visas i *figur F.2*. CFAST tar ej hänsyn till enzonsmodellen.



Figur F.2. Enzonsblandning.

Vid aktivering av sprinklers inträffar vanligtvis en enzonsblandning. Enzonsblandning kan också uppkomma vid kraftig turbulens såsom vid mekanisk omrörning.

F2: @RISK /17/

Här följer en kortfattad beskrivning av datorprogrammet @RISK.

Allmänt om programmet

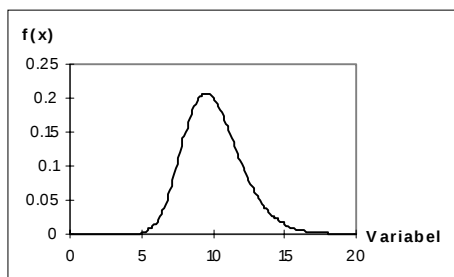
@RISK är ett tilläggsprogram till MS Excel och är konstruerat av Palisade Corporation i USA.² Det är ett numeriskt simuleringsprogram för statistiska beräkningar vilket gör att MS Excel kan hantera in- och utdata i form av fördelningar och inte bara enstaka värden.

Vid användning av programmet skrivs ekvationer som skall simuleras in i Excel. Osäkra variabler i dessa ekvationer skrivs in som en antagen fördelning, vilket beskrivs enkelt nedan. Programmet utför upprepade samplingar, t.ex. så kallade Monte Carlo simuleringar, av ekvationerna där variablerna väljs ur de antagna fördelningarna. Genom denna arbetsgång kombineras tänkbar indata i en mängd olika kombinationer, vilket ger att alla osäkerheter i variablerna också kombineras.

Sammanfattningsvis använder @RISK all information som skrivits in för att analysera varje möjligt utfall och därigenom är det möjligt att utvärdera den totala osäkerheten i ekvationerna.

Kort om fördelningar

Om en variabel inte kan beskrivas med ett enda värde utan kan variera inom ett intervall så beskrivs variabeln med hjälp av en fördelning. I fördelningen ingår de värden som variabeln kan variera mellan samt den relativa frekvensen för dessa värden. I *figur F.3* visas ett exempel på en fördelnings utseende.



Figur F.3. Exempel på fördelning.

Ur Figur F.3 kan det avläsas att sannolikheten är störst vid toppvärdet i fördelningen. I figuren avtar sannolikheten relativt snabbt mot intervallets gränser.

² Palisade Corporation, @RISK, User's guide, 1996

F.3: SIMULEX

SIMULEX är ett datorprogram som används för att simulera utrymning och beräkna utrymningstider. Programmet har utvecklats av forskare vid Edinburgh University, Scotland och Lunds Universitet, Sverige.

För att kunna utföra denna simulering måste man ha tillgång till en planskiss ritad i CAD-format över den aktuella lokalen. På denna planskiss placerar man sedan ut de trappor, utgångar och människor som blir aktuella för utrymningen ifråga.

I programmet ger man sedan personerna en avståndskarta där kortaste vägen ut är markerad. Flera avståndskartor kan varieras med avseende på antal öppna utgångar vilket kan innebära att två personer på samma plats med olika kartor väljer skilda vägar ut.

De människor man placerar ut kan ges vitt skilda egenskaper för att i möjligaste mån simulera verkliga förhållanden.

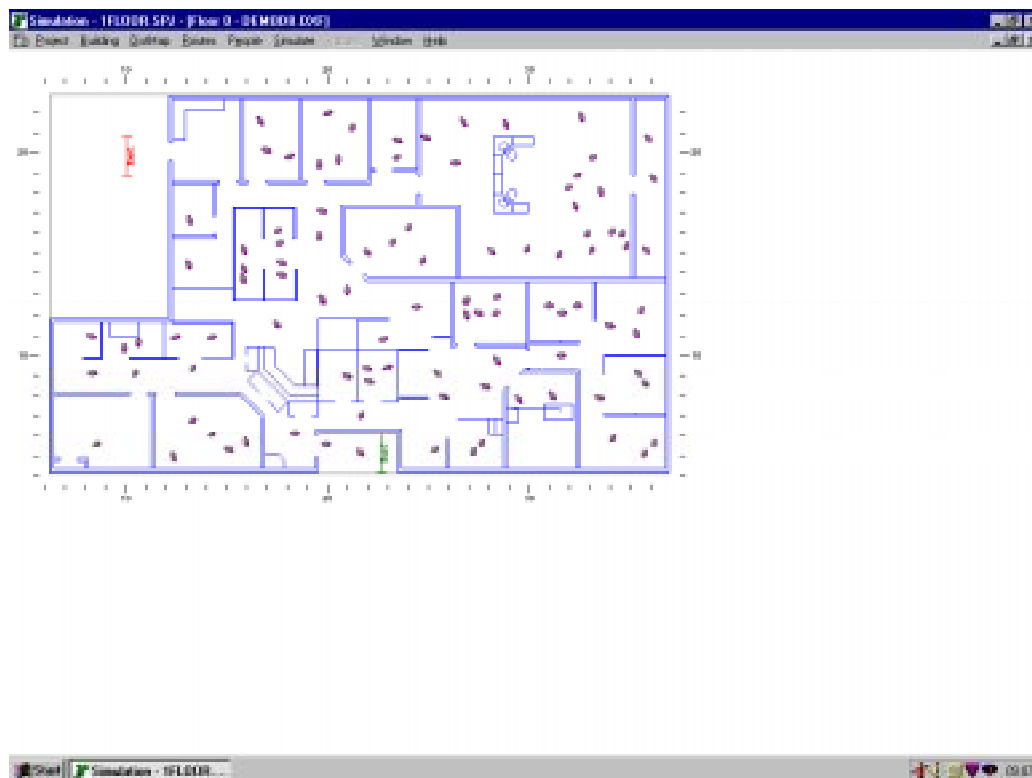
Man kan för enskilda individer variera reaktionstid och kroppsstorlek, eller ge dessa egenskaper för en hel grupp människor t.ex. kontorspersonal, shoppare eller äldre.

Dessa personer placeras sedan ut på planskissen med en egen avståndskarta att följa.

Beräkningsrutinerna som beräknar individernas förflyttning baseras på data från verkliga försök, t.ex. att gånghastigheten sjunker ju närmare varandra personerna går eller att en snabbare person kan passera en långsammare. Hela utrymningsscenarioet kan spelas upp på planskissen där man överskådligt ser rörelsemönster och var eventuella köbildningar uppstår.

Programmet är beräkningsintensivt och behöver en snabb dator med mycket minne för att inte simuleringstiderna skall bli långa. Programmet finns för närvarande endast som utvecklingsversion men arbete pågår för att komma till rätta med de små problem som finns för tillfället. Programmet har sin största fördel i att finna flaskhalsar i utrymningsvägarna.

Nedan visas ett exempel på hur en vy kan se ut i SIMULEX.



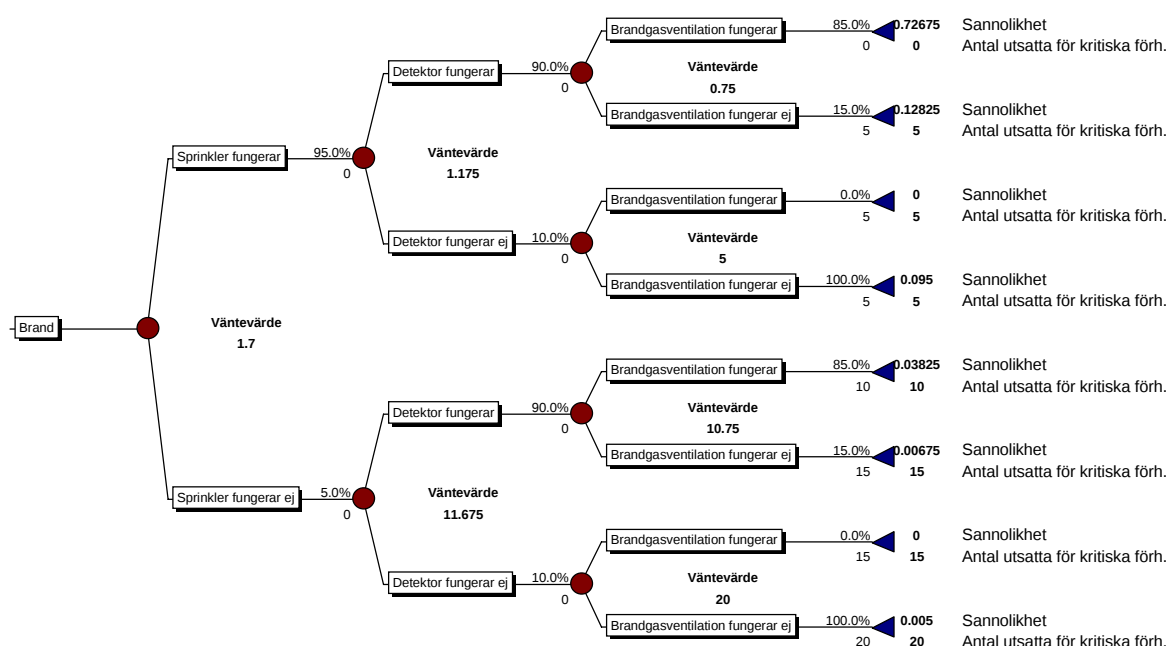
Figur F.4 Exempel på vy från SIMULEX

F.4: Precision Tree

Här följer en kortfattad beskrivning av datorprogrammet Precision Tree.

Allmänt om programmet

Precision Tree är ett tilläggsprogram till MS Excel och är konstruerat av Palisade Corporation i USA. Programmet kan användas som ett hjälpmedel att ta fram tillförlitliga beslutsunderlag genom beslutsträds- eller händelsetradsanalys. Man kan använda programmet för att rita upp beslutsträd direkt i Excel. Nedan visas ett exempel på ett händelsetråd där sannolikheter och konsekvenser för varje sluthändelse ritats in.



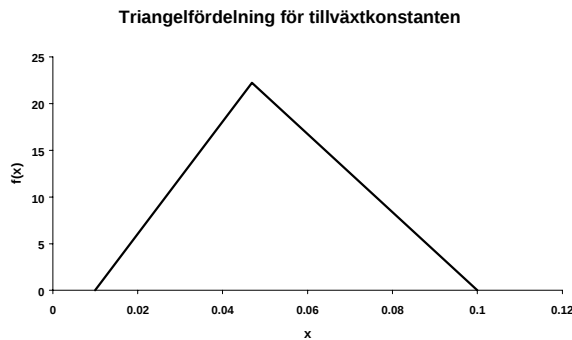
Figur F.5 Exempel på händelsetråd konstruerat i Precision Tree

Programmet innehåller en stor mängd funktioner såsom influensdiagram och möjlighet att evaluera ett beslutsträd probabilistiskt i kombination med @RISK. För mer information om programmet se **Palisade Corporation: Users guide Precision Tree**.

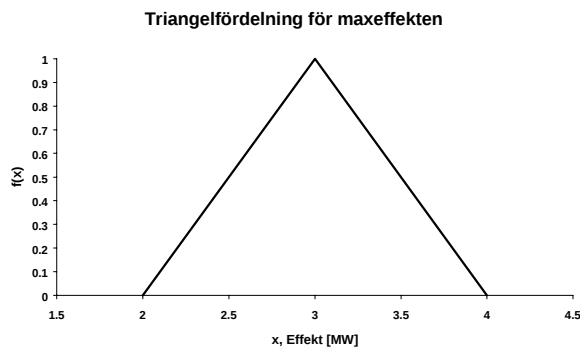
F.5: Osäkerhetsanalys

I Kapitel 7 redovisades en del metoder att utföra nyanserade beräkningar på skyddsnivån på ett objekt. I avsnitt 7.4 talades det om att ta hänsyn till osäkerheter i indata. Nedan redovisas de beräkningar som genomfördes till exemplet i avsnitt 7.4.1.

De variabler vars osäkerheters inverkan på resultatet skulle undersökas var brandens tillväxthastighet och maxeffekt. Dessa gavs nedanstående fördelningar:



Figur F.5 Vald fördelning för tillväxtkonstanten ($\text{triangel}(0.01, 0.0469, 0.1)$)



Figur F.6 Vald fördelning för maxeffekten ($\text{triangel}(2, 3, 4)$)

Tiden till kritiska förhållanden skulle sedan analyseras med dessa fördelningar som indata med hjälp av programmet @RISK som presenterats tidigare i denna bilaga. För att kunna göra detta måste man ta fram en formel där tiden till kritiska förhållanden beskrivs som en funktion av tillväxthastigheten och maxeffekten. Detta gjordes med sk regressionsanalys enligt nedan:

Först utfördes ett antal simuleringar i CFAST där tillväxthastigheten och maxeffekten varierades inom de gränser som fördelningarna utgjorde. Tiden till kritiska förhållanden utvärderades för varje enskilt scenario och resultatet visas i figur F.7.

α	$Q_{\max}$	$t_{\text{krit}} [\text{s}]$
0.01	2	510
0.01	3	500
0.01	4	500
0.01	5.5	500
0.03	2	431
0.03	3	383
0.03	4	370
0.03	5.5	368
0.04	2	417
0.04	3	364
0.04	4	345
0.04	5.5	340
0.0469	2	412
0.0469	3	354
0.0469	4	331
0.0469	5.5	325
0.05	2	409
0.05	3	349
0.05	4	328
0.05	5.5	319
0.07	2	398
0.07	3	335
0.07	4	304
0.07	5.5	292
0.1	2	390
0.1	3	319
0.1	4	288
0.1	5.5	265

Figur F.7. Resultat av simuleringar mha CFAST

Förhållandet mellan resultatet och de ingående variablerna bestäms enklast om det är linjärt. I detta fall är det inte så, men efter konsultation av Håkan Frantzich, Institutionen för Brandteknik vid LTH, framkom att man får tillräcklig överensstämmelse om man logariterar samtliga variabler. Detta gjordes och resultatet visas i figur F.8.

$\ln \alpha$	$\ln Q_{\max}$	$\ln t_{\text{krit}}$
-4.6051702	0.6931472	6.234410726
-4.6051702	1.0986123	6.214608098
-4.6051702	1.3862944	6.214608098
-4.6051702	1.7047481	6.214608098
-3.5065579	0.6931472	6.06610809
-3.5065579	1.0986123	5.948034989
-3.5065579	1.3862944	5.913503006
-3.5065579	1.7047481	5.908082938
-3.2188758	0.6931472	6.033086222
-3.2188758	1.0986123	5.897153868
-3.2188758	1.3862944	5.843544417
-3.2188758	1.7047481	5.828945618
-3.0597376	0.6931472	6.021023349
-3.0597376	1.0986123	5.869296913
-3.0597376	1.3862944	5.802118375
-3.0597376	1.7047481	5.783825182
-2.9957323	0.6931472	6.013715156
-2.9957323	1.0986123	5.855071922
-2.9957323	1.3862944	5.793013608
-2.9957323	1.7047481	5.765191103
-2.65926	0.6931472	5.986452005
-2.65926	1.0986123	5.814130532
-2.65926	1.3862944	5.717027701
-2.65926	1.7047481	5.676753802
-2.3025851	0.6931472	5.966146739

Figur F.8. Efter logaritmering av samtliga variabler

Man har nu en linjär approximation av förhållandet som är tillräckligt noggrann och som kan uttryckas enligt nedan:

$$\ln(t_{\text{krit}}) \approx m + X_1 \cdot \ln(\alpha) + X_2 \cdot \ln(Q_{\max}) \quad [\text{F.1}]$$

Parametrarna m , X_1 och X_2 bestämdes genom regressionsanalysen, som kan göras genom handräkning eller med datorprogram, t.ex. Excel. Resultatet av regressionsanalysen blev:

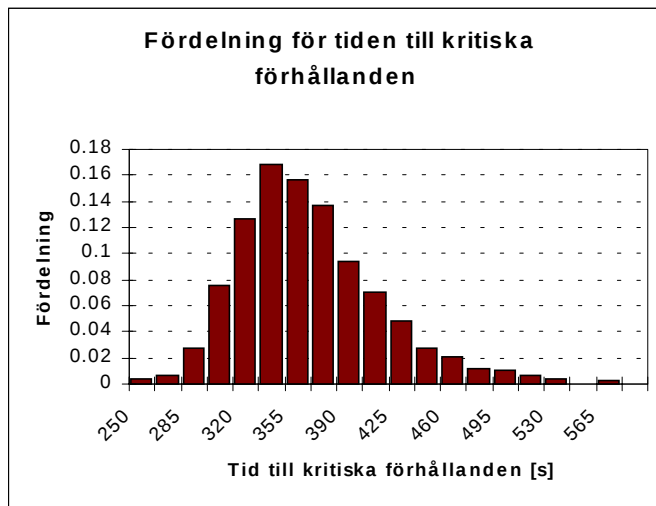
$$\begin{aligned} m &= 5.51 \\ X_1 &= -0.21 \\ X_2 &= -0.22 \end{aligned}$$

Med hjälp av dessa parametervärden kan variabeln t_{krit} i ekvation F.1 uttryckas som en funktion av α och Q_{max} enligt:

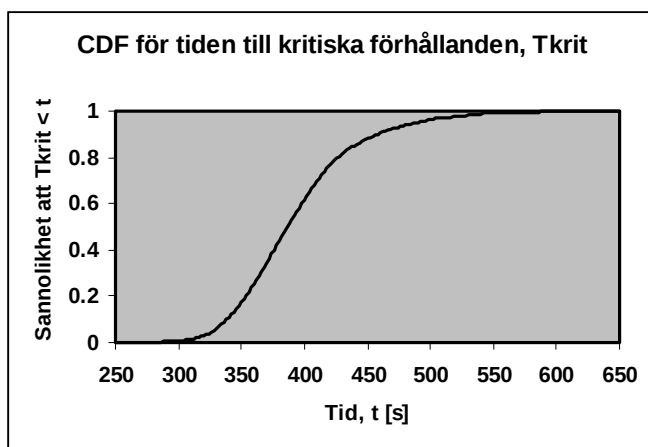
$$t_{krit} \approx e^{(m+X_1 \cdot \ln(\alpha) + X_2 \cdot \ln(Q_{max}))} \Rightarrow t_{krit} \approx e^m \cdot e^{\ln(\alpha^{X_1})} \cdot e^{\ln(Q_{max}^{X_2})} \Rightarrow t_{krit} \approx e^m \cdot \alpha^{X_1} \cdot Q_{max}^{X_2} \Rightarrow$$

$$t_{krit} \approx 247 \cdot \alpha^{-0.21} \cdot Q_{max}^{-0.22} \quad [F.2]$$

Ekvation F.2 användes sedan för beräkningar i @RISK med ovan nämnda fördelningar för α och Q_{max} . Resultatet från dessa beräkningar redovisas i figur F.9 och F.10.



Figur F.9. Fördelning för tiden till kritiska förhållanden



Figur F.10. Sannolikhetsfördelning för tiden till kritiska förhållanden