

Brandskydd med lågt sittande tilluftsdon

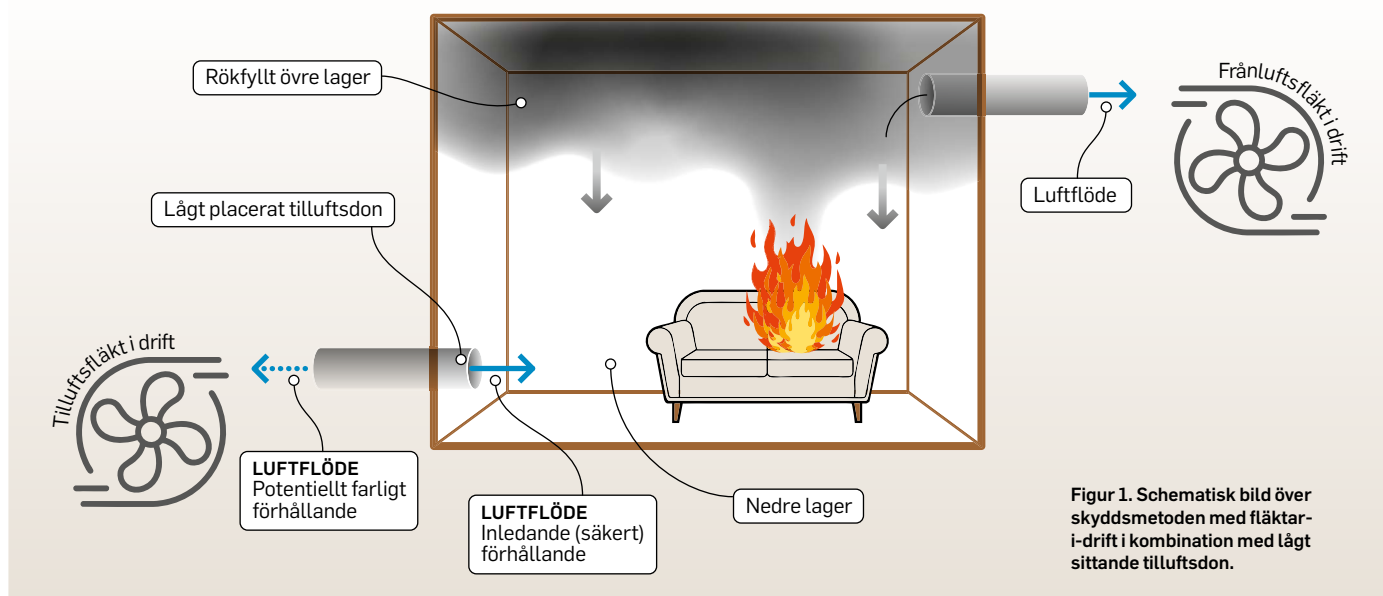
Går det att räkna på?

Ventilationssystem med fläktar i drift och med backströmningsspjäll på tilluften är en vanligt förekommande metod för skydd mot brandgasspridning via ventilationssystemet. Metoden innebär att ventilationssystemet tillåts fortgå och verifierande beräkningar utförs för att undvika brandgasspridning i systemet.

En variant på denna skyddsmetod är att i stället för backströmningsspjäll tillämpa lågt placerade tilluftsdon.

Denna skyddsmetod har utvärderats i både försök i mellanskala, i containerförsök samt i fullskaleförsök. 2024 genomfördes även SBUF-projektet *Brandskydd med lågt placerade tilluftsdon – Validering av beräkningsmodeller* vilket påvisade att det med avancerade beräkningsmodeller går att återskapa resultat från relevanta delar av brandförloppet beräkningstekniskt.

TEXT: JOHAN NILSEN, HANS NYMAN, AXEL MOSSBERG & CEDRIK PERSSON



Figur 1. Schematisk bild över skyddsmetoden med fläktar i drift i kombination med lågt sittande tilluftsdon.

Pincipen bakom lösningen med lågt placerade tilluftsdon bygger på att branden under tryckuppbyggnadsfasen ger upphov till en tydlig tvåzonsindelning i rummet.

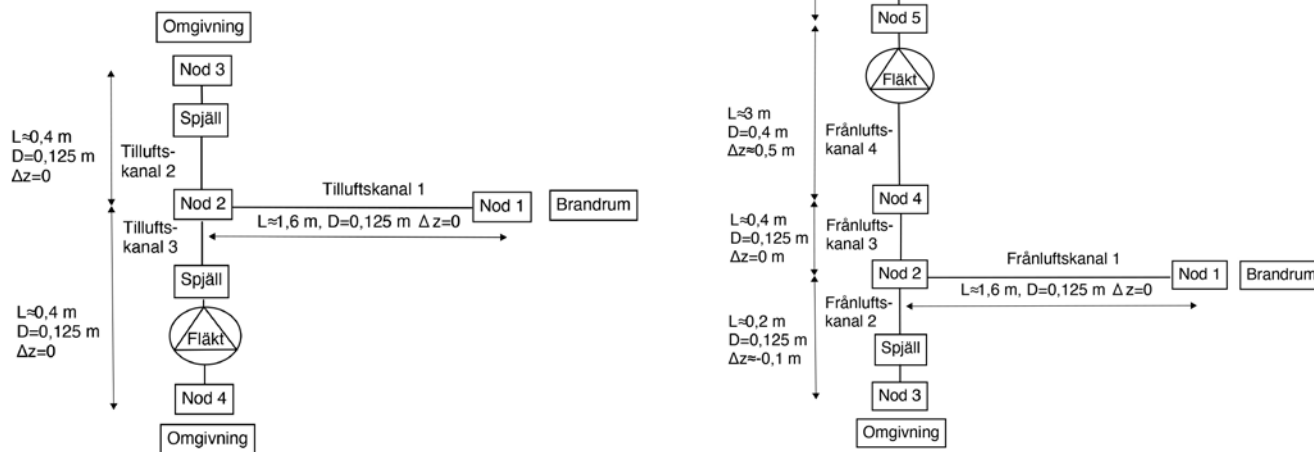
Denna fas i brandförloppet är den period då risken för spridning av brandgaser via ventilationssystemet är som

störst. Skiktningen innebär att luft i den nedre delen av rummet i huvudsak är fri från, eller endast innehåller små mängder, brandgaser. Eventuell spridning via ett lågt placerat tilluftsdon kommer därför främst att bestå av relativt ren luft. När brandgaser senare når ned till nivån för de lågt placerade donen har branden börjat syredämpas, vilket medför att den termiskt drivna tryckuppbyggnaden i brandrummet, som

kan orsaka backströmning i tilluften, i stort sett har upphört eller befinner sig i sitt slutskede. Detta förlopp illustreras i Figur 1. Teorin har verifierats genom försök i mellanskala (1:2)¹, containerförsök² samt fullskaleförsök³. Resultaten från dessa försök visar att teorin till stor del stämmer och att spridning av brandgaser via lågt placerade tilluftsdon i många fall är begränsad.

De utförda försöken har dock sina

Figur 2. Principiell uppbyggnad av ventilationssystemet i FDS. Tilluftssystem till vänster i figur, frånluftssystem till höger i figur.



begränsningar och för att kunna tillämpa lösningen i praktiken krävs vidare utredningar kopplat till huruvida situationen kan representeras på ett realistiskt sätt i brandtekniska beräkningsmodeller. Detta föranledde SBUF-projektet Brandskydd med lågt placerade tilluftsdon - *Validering av beräkningsmodeller*⁴ som genomfördes 2024. Nämnade forskningsprojekt utvärderade möjligheten att, via avancerade beräkningsmodeller, återskapa resultat från fullskaleförsök som genomförts hos RISE³. De använda beräkningsmodellerna utgjordes av PFS⁵ samt Fire Dynamics Simulator (FDS)⁶. Projektets syfte var att undersöka om tidigare försöksresultat kunde återskapas med befintliga beräkningsmodeller. Målet var att klargöra under vilka förutsättningar som modellerna, enskilt eller tillsammans, kan vara lämpliga för analys av lågt placerade ventilationsdon samt att ta fram praktiska riktlinjer som stöd för konsulter och andra yrkesverksamma vid utförande av sådana analyser.

BESKRIVNING AV FULLSKALEFÖRSÖK OCH STUDERAD BRAND

Fullskaleförsök gjordes i ett 20 m² stor brandrum med olika typer av bränder och med olika konfiguration på ventilationen (öppna kanaler eller mekanisk ventilation, flöden, tryckfall, placering tilluftsdon). I samtliga försök mättes temperatur, tryck, CO, CO₂, O₂ i kanaler samt i brandrummet. Läckagemätningar genomfördes innan och efter försök. För mer information hänvisas till³. I SBUF-projektet 2024 gällande validering av beräkningsmodeller valdes en av gasolbränderna från fullskaleförsöket ut för

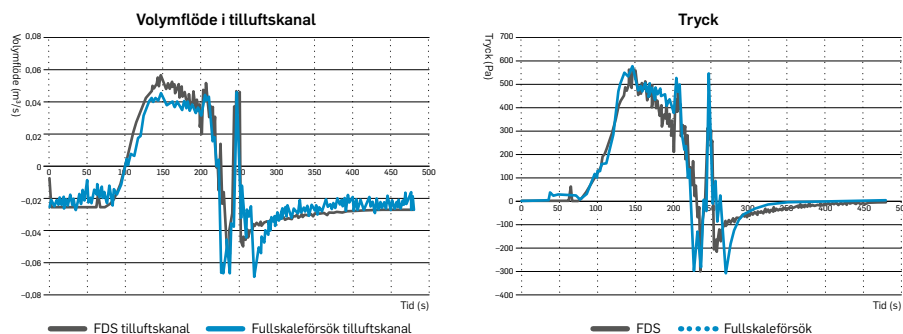
närmare analys, detta då effektutvecklingen utgjorde en given indata i de försöken. Den utvalda branden programmerades att följa standardiserad tillväxtkurva med tillväxthastighet 0,047 kW/s² (fast). I det utvalda försöket var överkant tilluftsdon placerat 200 mm över golv och flöde i till- och frånluft innan brandstart, vid 50 Pa tryckfall över don, uppgick till 25 l/s. Förenklad respektive avancerad analys

Analys med beräkningsmodeller genomfördes därefter på två olika sätt - här kallat avancerad respektive förenklad analys. Det mer avancerade tillvägagångssättet innebar simulering i FDS inklusive uppbyggnad av ventilationssystem med HVAC-modellen i FDS. Figur 2 visar principiell uppbyggnad av ventilationssystemet i FDS.

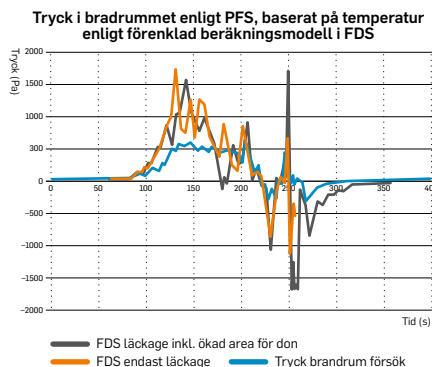
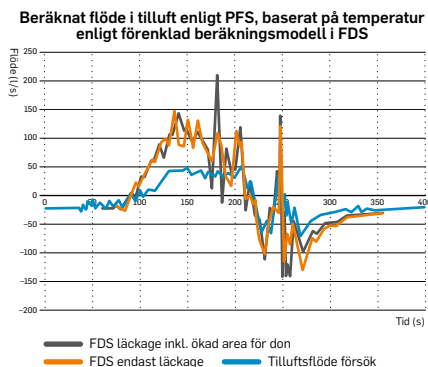
I den mer avancerade analysen jämfördes resultat från FDS med resultat från fullskaleförsök. Studien visade att FDS på ett bra sätt kan återspegla resultat från fullskaleförsök avseende temperatur och tryck i brandrum samt volymflöde genom tillufts-

kanal trots att branden blir underventilerad. Figur 3 visar jämförelse mot fullskaleförsök för volymflöde i tilluft och tryck inom brandrummet.

En utmaning med den mer avancerade analysmetoden är beräkningen av toxiciteten i de spridda brandgaserna. I FDS anges andelar (yields) för sotproduktion och kolmonoxidproduktion som ett fixt värde. Vid underventilerade bränder kan produktionen av sot, och speciellt, kolmonoxid öka kraftigt när syrehalten minskar⁷. Att använda ett normalt tillvägagångssätt, utifrån hur FDS oftast tillämpas av brandkonsulter i projekt, med yields för välventilerade förhållanden och one-step simple chemistry är därför inte representativt. Alternativa tillvägagångssätt studerades med både two-step simple chemistry och one-step simple chemistry fast med yields baserade på underventilerade förhållanden. Resultatet gav att något av de två sistnämnda tillvägagångssätten är en nödvändighet för att på ett korrekt sätt fånga sprid-



Figur 3. Jämförelse resultat FDS mot fullskala – flöde tilluft samt tryck i brandrum.



Figur 4. Jämförelse resultat PFS mot fullskala – flöde tilluft samt tryck i brandrum.

ning av toxiska gaser. En viss osäkerhet i resultatet finns dock kopplad till erhållna resultat, för mer information om detta samt diskussion om olika metoder se ⁴.

Som ett sätt att komma ifrån osäkerheter kopplat till prediktering av toxiska gaser, samt den komplexitet som blir aktuell när ventilationssystem ska simuleras i FDS, genomfördes även en mer förenklad analys. Spridningen via ventilationssystemet beräknas vid denna metod med PFS. Därmed kan en förenklad modell utan ventilationssystemet användas i FDS, det vill säga endast en sluten volym ingick i beräkningarna. Luftutbyte med omgivningen sker i modellen i dessa fall endast genom läckage genom omgivande konstruktioner. Tidigare studie har visat att det inte är nödvändigt att simulera ventilationssystemet i FDS för att prediktera temperaturutvecklingen i rummet ⁸ och syftet med den förenklade modellen var att testa detta mot fullskaleförsöket.

Med temperaturutvecklingen i brandrummet som indata till PFS beräknades flöden i kanaler fram samt tryck inom rummet. Mängden spridd volym via tilluften studerades och resultat jämfördes mot fullskaleförsök. Resultatet indikerar att båda de beskrivna analysätten är möjliga samt att de förefaller ge konservativa, men inte orimliga, resultat sett till mängd spridda brandgaser i tilluften. Figur 4 visar resultat från PFS-beräkningar inklusive jämförelse mot fullskaleförsök för volymflöde i tilluft och tryck inom brandrummet.

SLUTSATS OCH VÄGLEDNING FÖR PROJEKTÖRER

Genomförda FDS-beräkningar visar att FDS kan användas för att simulera scenarier med lågt placerade tilluftsdon. Det finns dock vissa utmaningar kopplat till underventilerade förhållanden, främst i form av prediktering av toxiska gaser. Genomförda FDS-beräkningar är även *intrimmade* i den mån att indata till viss del justerats till dess

att bäst överensstämelse med fullskaleförsök uppnåddes. I faktiska projekt är det utmanande att få samma exakta ingångsdata. Rekommendationen är därför att i första hand tillämpa förenklad modell och som utgångspunkt för analys studera mängden spridda brandgaser och jämföra detta mot acceptanskriterier.

Resultat från FDS-beräkningar med förenklad modell visar att temperaturutvecklingen inom brandrummet är väldigt lik det resultat som erhöles vid användandet av en mer avancerad modell där ventilationssystemet simuleras med hjälp av HVAC-modellen. För mest konservativt resultat bör läckage simuleras inklusive utökning för kanaler.

Genomförda beräkningar i PFS visar att PFS-modellen på ett bra sätt fångar brandens olika över- och undertrycksfaser och ger konservativa resultat avseende tryck och flöde samt volym brandgaser som trycks ut i tilluften. Speciellt blir resultaten konservativa när tryckfallet över läckaget ansätts som proportionerligt mot flödet upphöjt till 2, vilket är det vanliga antagandet vid projektering. Mängden brandgaser som trycks ut i tilluften blir också konservativt, vilket indikerar att metoden kan vara tillämpbar för att påvisa kravet på en maximal spridningsvolym mellan brandceller. Genom att enbart beräkna spridd volym kan osäkerheterna i beräkningen av toxiska gaser i FDS undvikas vid verifiering av en systemutformning med lågt sittande tilluftsdon. I rapporten ⁴ ges ytterligare vägledning för projektörer.

SLUTORD

Genomförd valideringsstudie visar att det går att räkna på lågt placerade tilluftsdon med FDS och PFS i kombination. Studien och det presenterade förslagna tillvägagångssättet ökar därmed möjligheterna till att tillämpa den aktuella skyddsmetoden vid projektering av byggnader. ■

Referenser

- 1 H. Nyman och H. Ingason, "Rumsbrand med lågt placerade ventilationsdon - modellskaleförsök, SP Rapport 2014:79," SP, Borås, 2014.
- 2 F. Lovén, "Brandförsök – låga don. Fullskaleförsök – kan lågt placerade ventilationsdon förhindra brandgasspridning mellan brandceller?," Södra Älvsborgs Räddningstjänstförbund, Borås, 2020.
- 3 H. Nyman, J. Rönnbäck och A. Mossberg, "Lågt placerade tilluftsdon – Lärdomar från fullskaleförsök," 2021.
- 4 A. Mossberg, J. Nilsen, H. Nyman och C. Persson, "Brandskydd med lågt placerade tilluftsdon – Validering av beräkningsmodeller", 2024.
- 5 M. D. F. D. Lars Jensen, Arbetsbänk för PFS: datorprogram för installationstekniska flödes-system, Lund: Inst för Byggnadskonstruktionslära, Installationsteknik LTH, Lunds universitet, 1993.
- 6 K. McGrattan, S. Hostikka, J. Floyd, R. McDermott, M. Vanella och E. Mueller, "Fire Dynamics Simulator User's Guide, NIST Special Publication 1019, Sixth Edition," National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, Washington DC, USA.
- 7 SFPE, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Fifth Edition, New York: Springer, 2016.
- 8 P. van Hees och J. Wahlqvist, "Swedish PRISME project – Part 5 – Results of benchmark exercises from other partners in PRISME," Lund University, Lund, 2011

JOHAN NILSEN
Brandingenjör
Brandskyddslaget



HANS NYMAN
Brandkonsult
Brandskyddslaget



AXEL MOSSBERG
Forskningschef Brand & Risk
Bengt Dahlgren



CEDRIK PERSSON
Brandingenjör
Bengt Dahlgren

