

Verifiering av brandskydd i byggnader med sprinklersystem

Hösten 2008 initierades ett projekt med syfte att titta närmre på sprinkler och tekniska byten. Bakom initiativet stod en nordisk samverkansgrupp och projektet bemannades med deltagare från de nordiska länderna. Arbetet delades upp i två delprojekt – en verifieringsmetod för analytisk dimensionering där sprinklersystem utgör en betydelsefull del av brandskyddet, samt en databas som dokumenterar sprinklersystemens prestanda och tillförlitlighet. Denna artikel redovisar arbetet med verifieringsmetoden, samt viktiga slutsatser avseende sprinklersystemens förmåga som kommit fram under projektet.

I början av 2000-talet publicerades skriften "Boendesprinkler räddar liv" i vilken fyra tekniska byten verifierades. Dessa var brännbar fasad i fler än två våningar, minskade krav på skydd mot brandspridning via fönster, minskade krav på ytskikt i bostäder samt ökat gångavstånd till utrymningsväg. Ytterligare ett antal tekniska byten identifierades, men dessa ansågs vara så pass specifika att de inte kunde göras någon allmäntligg verifiering. Det handlade bland annat om minskade krav på skydd mot brand- och brandgasspridning via ventilationssystemet, tätare placering av byggnader samt minskade krav på avskiljande och bärande förmåga. För dessa tekniska byten skulle analytisk dimensionering användas för att visa att samhällets krav på brandsäkerhet uppfylls. Inga anvisningar gavs för hur en sådan analytisk dimensionering skulle gå utföras.

Just analytisk dimensionering av brandskydd i byggnader har under några år varit ett aktuellt och omdebatterat ämne. *Johan Lundin* har i sin forskning, vid avdelningen för brandteknik och riskhantering vid

Lunds tekniska högskola, hittat flera brister när det gäller verifiering, dokumentation och kontroll av brandskyddsprojekteringar samt föreslagit arbetsmetoder för att komma till rätta med dessa brister. Boverket under sommaren presenterat ett remissförslag till ett nytt allmänt råd om denna dimensioneringsform. Det är allmänt känt att formerna för projektering med analytisk dimensionering hitintills varit både ofullständiga och otydliga. Projektet som inledningsvis trodde sig kunna kompletterade den lista tidigare redovisad i "Boendesprinkler räddar liv" med fler "godkända" tekniska byten fick i stället inrikta sig på att utveckla en metodik för verifiering av brandskyddets utformning i byggnader med sprinklersystem. Det kunde tidigt i projektet konstateras att sprinkler och tekniska byten är en fråga som i stort sett handlar om den tillförlitlighet som en sprinkleranläggning har för att lösa en viss skyddsuppgift. När sprinklersystemet fungerar behövs minimalt med annat brandskydd. Problematiken blir därför koncentrerad till att kunna avgöra den minsta möjliga nivån på övriga brandskyddsåtgärder som behövs vid de bränder där sprinklersystemet inte fungerar som avsett. Ett centralt begrepp i sammanhanget är "risk", vilket innebär att säkerheten värderas genom att beakta både sannolikheten och konsekvensen av aktuella scenarier.

Här uppstår en kollision med gällande regler och dimensioneringsmetoder. Byggreglerna är i stort uppbyggda på att värdera konsekvenser och inte risker. Formuleringar som den i Boverkets byggregler (BBR) 5:331 där det anges att gångavståndet inte ska vara längre än att utrymning kan ske innan kritiska förhållanden uppstår, fungerar ganska dåligt när säkerheten i en byggnad med en sprinkleranläggning ska verifieras. Låt oss anta att kritiska förhållanden för utrymning inte uppstår när sprinklersystemet fungerar. Kan gångavståndet vara hur långt som helst då? Svaret är nej, men samtidigt går det inte att utifrån byggreglerna avgöra hur långt gångavstånd som kan tillåtas. En nödvändig komplettering till byggreglerna vore att definiera någon slags sannolikhet med vilken ett givet krav ska uppfyllas. Inom ramen för gällande verifieringsmetoder har det varit svårt att visa att en sprinkleranläggning har en positiv påverkan på brandskyddet i linje med vad som kan ses om man studerar brandstatistik. Detta beror dels på byggreglernas konsekvensbaserade synsätt och dels på

att nuvarande fokus i byggreglerna ligger på att stänga in branden och rädda de som finns i andra brandceller och byggnader. Ska vi kunna tillgodogöra oss alla de positiva effekter som ett sprinklersystem har behöver vi också ta fram en metod som utgår från systemets karakteristiska och definierar scenarier och kriterier som kan användas i byggnader med sprinklersystem. Det är också nödvändigt att byggreglerna i större grad intresserar sig för att rädda liv i det utrymme där branden uppkommer. Det senare vore en självklarhet om vi ska lyckas minska antalet dödsbränder. Boverkets vägledning till analytisk dimensionering tar tag i vissa av dessa problem och den metodik som presenteras inom ramen för detta projekt, bygger vidare på det Boverket redovisar i sin vägledning genom att komplettera med mer sprinklerspecifik information.

Verifiering av brandskydd i byggnader

Så fort projektören väljer att göra avsteg från de allmänna råden i byggreglerna eller det som står i Boverkets rapporter, blir det tal om analytisk dimensionering. Analytisk dimensionering måste till skillnad från förenklad dimensionering verifieras av byggherren då denne ska visa att föreslagna lösningen uppfyller samhällets krav på brandsäkerhet. Arbetsgången vid verifiering innebär i stort att projektören först gör en analys av verifieringsbehovet, för att sedan välja verifieringsmetod, ta fram acceptanskriterier och att fastställa former för kontroll av projekteringen. Remissförslaget till vägledning för analytisk dimensionering föreslår tre principiellt skilda verifieringsmetoder; kvalitativ bedömning, scenarioanalys och kvantitativ riskanalys. Valet av metod styrs av flera faktorer som exempelvis brandskyddslösningens komplexitet och hur konservativt den har valts samt antalet avsteg och tilllägg i förhållande till förenklad dimensionering.

Den kvalitativa bedömningen har ett begränsat användningsområde och kan i princip endast användas om avvikelserna från förenklad dimensionering är få och den föreslagna utformningens effektivitet är väldokumenterad, i exempelvis provningsresultat, forskningspublikationer, andra länders byggregler och så vidare. För alla andra situationer krävs att projektören själv tar fram det underlag som krävs för att kunna avgöra om säkerheten är tillfredsställande. Det kan handla om provningar, objektsspecifika försök eller olika

Artikelförfattare är **Fredrik Nystedt**, Wuz risk consultancy AB, Kävlinge, och doktorand vid avdelningen för brandteknik och riskhantering vid Lunds tekniska högskola.

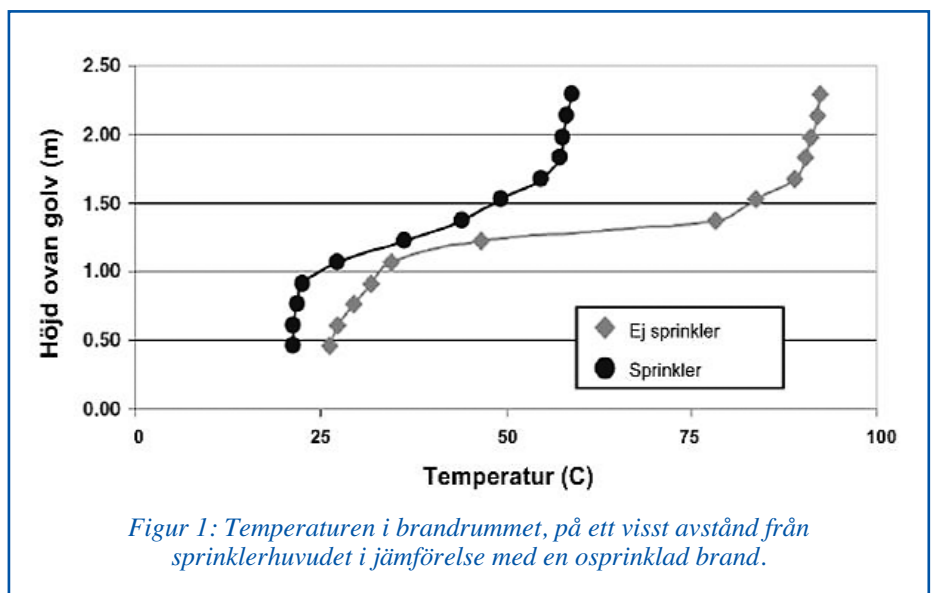


nivåer på beräkningar. Självklart kan metoder kombineras med varandra. Beräkningsmetoderna – scenarioanalys och kvantitativ riskanalys – kan användas på samma dimensioneringsproblem. Vilken av dem som väljs beror inte på byggnadens utformning och förslag till brandskyddslösning, utan på hur konservativ projektören kan tillåtas att vara. En scenarioanalys innebär i princip att en mer konservativ lösning väljs, eftersom byggnadens brandsäkerhet inte mäts i explicita riskmått, utan i dess förmåga att ge tillfredsställande säkerhet för ett antal givna brandscenarier.

Sprinklersystemets påverkan på brandförloppet

Sprinklersystemen påverkar brandförloppet genom att släcka branden alternativt kontrollera dess utveckling. Genom att göra så påverkas den mängd värme, rök och giftiga gaser som branden avger. Forsök har visat att sprinklersystemet påverkar brandens utveckling innan dess att förhållandena i brandrummet kan hota människor som befinner sig där. Även om den sprinklerkontrollerade branden producerar en hel del brandgaser så är temperaturen och koncentrationen av giftiga brandgaser så pass låg att det finns gott om tid att utrymma, eller till och med att kvarstanna i rummet. Det har också noterats att aktiveringen av sprinklersystemet orsakar en siktneadsättning, speciellt i nära anslutning till sprinklerhuvudet. Dock är siktförhållandena generellt sätt bättre i en sprinklad byggnad i jämförelse med samma brand i en osprinklad byggnad. Sammanfattningsvis visar försök för boendeliknande miljöer att det produceras en hel del rök, men att denna inte är speciellt giftig eller varm, vilket ger en liten påverkan på människor som befinner sig i brandrummet. Endast de personer som befinner sig i brandens omedelbara närhet bedöms kunna utsättas för allvarlig skada eller dödsfall.

Sprinklersystemet påverkar också brandens effektutveckling, vilken i de flesta fall kommer att minska denna rejält. Hur stor minskning beror i huvudsak på brandens storlek när sprinklern aktiveras, vad det är som brinner och hur väl vattnet når branden. Försök gjorda i mindre rum visar att tvåzonsskiktningen upphör efter sprinkleraktivering, men så är inte fallet i större rum. Här har försök visat att skiktningen behålls en bit bort från branden och att brandgaserna därmed kvarstannar i det övre varma brandgaslagret, se figur 1. I Kanada gjordes en serie av försök med syfte att fastställa om det fanns behov av brandgasventilation i sprinklade köpcentra. Resultaten visade att de brandgaser som tar sig ut i galleriagången var tillräcklig stigningskraft för att samlas i takhöjd, även efter sprinkleraktivering. Dock kyls sprinklersystemet brandgaserna med minskad stigningskraft som följd. Gränsvärden



Figur 1: Temperaturen i brandrummet, på ett visst avstånd från sprinklerhuvudet i jämförelse med en osprinklad brand.

för kritisk sikt kommer att överskridas, men detta sker först efter en tidpunkt då personer i byggnaden bör ha lämnat den. Brittiska Building Research Establishment (BRE) genomförde tester av elva realistiska brandscenarier i allt från lek-saksaffär, kontor, reception, nattklubb och lager. För vart och ett av dessa scenarier studerade man brandförloppet med och utan ett sprinklersystem. Man kunde visa att sprinklersystemet klarade av att minska brandens utveckling och till slut släcka den i åtta av de elva scenarierna. För de resterande tre scenarierna – brand i bagage, träpallar och papperskartonger – klarade sprinklersystemet endast av att kontrollera effektutvecklingen. Gemensamt för de sistnämnda scenarierna är att de hade en förhållandevis hög effektutveckling (cirka 5 MW) och att bränslekonfigurationen gjorde det svårt för vattnet att få en bra släckeffekt.

Sprinklersystemens tillförlitlighet och effektivitet

Sprinklersystem är tillförlitliga installationer, men den data som samlas in för att mäta tillförlitligheten har ibland stora brister. En litteraturstudie visar en stor spridning i sannolikheten för lyckad sprinkleraktivering, från 38 till 99,5 procent. Denna spridning är bekymmersam och svår att förklara, men beror troligen på hur data har samlats in. Amerikansk

statistik, redovisad årligen av NFPA (tabell 1), visar att i 44 till 87 procent av alla registrerade bränder är branden inte tillräckligt stor för att aktivera sprinklersystemet. Om sprinklersystemet inte aktiveras på grund av att branden inte är tillräckligt stor, är inte att beakta som ett misslyckande. En omräkning av svensk insatsstatistik för att kompensera för små bränder ledde till en ökning av sannolikheten för lyckad sprinkleraktivering från 69 till 92 procent, vilket är en markant skillnad. Bristerna i statistikunderlaget har tvingat oss att förlita oss på data från NFPA, vilka i sin tur bygger på system installerade efter NFPA 13 eller 13R. Den kombinerade tillförlitligheten, det vill säga att sprinklersystemet aktiveras och att det är effektivt ligger kring 90 till 95 procent, givet att branden är tillräckligt stor. Den huvudsakliga orsaken till utebliven aktivering är att systemet varit avstängt.

Utöver data kring tillförlitligheten är det möjligt att studera hur effektivt sprinklersystemet är för att utföra vissa skyddsuppgifter, till exempel begränsa brandspridning. Om vi studerar flerbostadshus så är sannolikheten att branden kvarstannar i brandrummet 78 procent om byggnaden inte har sprinkler och 99 procent om det finns ett sprinklersystem. Motsvarande siffror när det gäller spridning av brand till en annan brandcell är

Tabell 1: Amerikansk sprinklerstatistik för 2003 till 2007, sammanställd av NFPA.

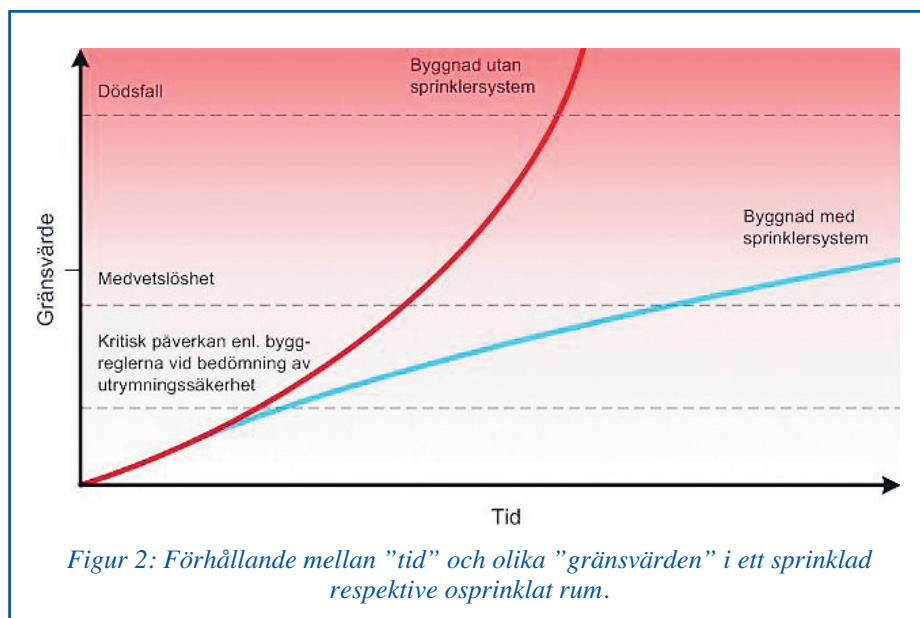
Byggnadstyp	Brandens för liten för att aktivera sprinklersystemet	Sprinklersystemet aktiverade då branden var tillräckligt stor	Sprinklersystemet var effektivt när det aktiverade	Effektivitet
Samlingslokal	70 %	97 %	97 %	94 %
Skola	85 %	75 %	100 %	75 %
Vårdlokal	83 %	90 %	99 %	89 %
Flerbostadshus	61 %	96 %	99 %	96 %
Hotell	70 %	88 %	99 %	87 %
Affär/kontor	64 %	96 %	99 %	95 %

97 respektive 99,9 procent. Siffrorna visar att vi har ett bra brandskydd i bostadshus för att undvika brandspridning till annan brandcell. Endast tre av hundra bränder sprids vidare. En installation av ett sprinklersystem ökar säkerheten till en av tusen bränder. Denna säkerhetsvinst kan användas för att göra tekniska byten relaterade till andra åtgärder för att begränsa brandspridning.

Dimensionerande bränder i byggnader med sprinklersystem

Dimensionerande brandscenario och dimensionerande brand är centrala begrepp vid analytisk dimensionering. Den främsta anledningen till detta är att de flesta modeller som används för att uppskatta konsekvenserna av en brand utgår från en användardefinierad effektutveckling och hur denna varierar med tiden. Om en otillräcklig dimensionerande brand är vald kommer inte heller modellen att kunna leverera relevanta resultat. Personssäkerheten i en byggnad bedöms ofta genom att jämföra den tillgängliga tiden för utrymning (vilken beror av brandförloppet) med den tid som krävs för att utrymma (vilken beror på antal personer och tillgången till utrymningsvägar). Om någon av dessa parametrar bedöms utifrån otillräckliga grunder är det möjligt att värderingen av brandsäkerheten blir felaktig. I Boverkets remissförslag till vägledning för analytisk dimensionering ges allmänna råd om dimensionerande tillväxthastighet och maximal effektutveckling i det tidiga brandförloppet. Angivna värden gäller framförallt för byggnader utan släcksystem och en huvudfråga i detta projektet har varit att utveckla ett synsätt hur dimensionerande bränder ska hanteras i byggnader med sprinklersystem.

Statistik och erfarenheter från inträffade bränder visar att konsekvenserna av en brand när sprinklersystemet aktiveras och är effektivt är låga. Personskador inträffar sällan och egendomsskadorna minskas drastiskt. Tillgängliga modeller för analys av brandförlopp kan dessvärre inte beskriva brandförloppet och spridningen av brandgaser på ett tillfredsställande sätt när hänsyn ska tas till sprinkleraktivering. Samtidigt bygger nuvarande angreppssätt på alldeles för konservativa antaganden avseende sprinklersystemets påverkan på effektutvecklingen, något som behöver justeras om modellerna ska kunna leverera resultat som stämmer överens med vad som observeras i praktiska försök och inträffade bränder. I figur 2 visas en av de viktigare skillnaderna mellan bränder i sprinklade respektive osprinklade rum. Nuvarande dimensioneringsmetoder beaktar inte denna skillnad tillräckligt väl. I stället för att titta på konsekvenserna av en sprinklerpåverkad brand rekommenderas att analysarbetet fokuserar på att undersöka effekterna av ett scenario som ska avgöra hur mycket



brandskydd som krävs i händelse av att sprinklersystemet är otillräckligt. Detta scenario är inte lika allvarligt som ett dimensionerande scenario i en byggnad utan sprinkleranläggning, då scenariot endast är aktuellt i fem till tio av hundra tillväxande bränder. Därför är det rimligt att tillväxthastigheten justeras så att den närmar sig medelvärdet i byggnaden.

Om exempelvis tillväxthastigheten "fast" ($0,047 \text{ kW/s}^2$) är dimensionerande i en samlingslokal utan sprinkler, så kan denna reduceras med en viss faktor, exempelvis 0,60, till $0,028 \text{ kW/s}^2$ om samlingslokalen förses med en sprinkleranläggning. Denna minskning av tillväxthastigheten kommer att leda till en längre tid till dess att förhållandena blir kritiska för utrymning och följaktligen kan tiden för utrymning förlängas. En undersökning av brandtillväxten i affärer visar att "fast" ($0,047 \text{ kW/s}^2$) överskrids i 14 procent av fallen och om denna minskas till 0,60 av sitt ursprungliga värde innebär detta att brandtillväxten överskrids i 40 procent av fallen. Reduktionsfaktorn 0,60 är att beakta som ett exempel för att visa på en idé kring dimensionering i byggnader med sprinkler. Den har ännu inte validerats i tillräcklig utsträckning.

Kritiska påverkan vid brand i byggnader med sprinklersystem

För att kunna bestämma när en brand medför en kritisk påverkan för utrymning är det nödvändigt att definiera en maximalt tillåten nivå av brandspecifika variabler som temperatur, sikt och värmestrålning. Nivåerna för dessa variabler anges i ett allmänt råd till byggreglerna och för de flesta byggnader är det ofta nivån på minsta tillåten sikt (10 m i större lokaler) som är dimensionerande. Försök har visat att en aktivering av sprinklersystemet leder till lokala problem med siktbarheten, samtidigt som inga andra nivåer för kritisk påverkan överskridas. En väsentlig fråga är därför om siktbarhet är ett

bra mått på kritisk påverkan för bedömning av utrymnings säkerheten i lokaler med sprinklersystem? Om måttet är olämpligt, vore det i så fall bättre att studera toxicitet i stället. Frågorna besvaras nedan i omvänd ordning.

Toxisk påverkan vid brand kan mätas med en så kallad fraktionsdosmodell, *Fractional Effective Dose* (FED). Om FED-värdet uppgår till 1,0 så innebär det att en person med genomsnittlig känslighet blir medvettslös. Vidare har ett FED-värde på 0,3 har rekommenderats utgöra kritisk påverkan för utrymning i några handböcker. Tanken med FED är lockande då brandskyddet i en byggnad kan värderas direkt mot den effekt som en brand har på de personer som befinner sig i byggnaden. Överslagsberäkningar visar att en siktbarhet på 10 m motsvarar ett FED-värde på 0,003 till 0,03, en nivå som i princip inte innebär någon som helst påverkan på personer, även om individen är extremt känslig. Samtidigt innebär detta att ett FED-värde på 0,3 har en sikt som är i princip obefintlig, något som generellt sätt inte duger vid dimensionering av utrymnings säkerhet. Korrelationen mellan siktbarhet och FED är således oklar i nuläget och FED-modeller bedöms inte kunna användas i större utsträckning. Det finns dock en situation där ett kriterium baserat på toxicitet kan vara lämpligt. Det handlar om bedömning av utrymnings säkerheten i byggnader där det finns personer som inte kan ta sig ut på egen hand. Dessa bör ha hunnit evakueras med assistans innan dess att deras FED-värde överskridit ett dimensionerande värde, exempelvis 0,3. Även i tunnlar kan FED vara ett bra dimensioneringskriterium.

För de bränder där sprinklersystemet fungerar som tänkt är det inte nödvändigt att göra några beräkningar av brandförlopp och därmed undgår man problematiken med att siktbarhet är ett relativt olämpligt mått på säkerheten i byggnader med sprinklersystem. Dock bör siktbarhe-

ten värderas för det robusthetsscenario som angivit tidigare. På samma sätt som att brandens tillväxthastighet justerats är det också möjligt att tolerera en sämre siktbarhet för de fem till tio av hundra tillväxande bränder, där sprinklersystemet inte fungerar. Det föreslås därför att siktbarheten inte ska vara mindre än 5 m när detta scenario värderas. En siktbarhet på 5 m ger ingen påtaglig toxisk påverkan (FED är lika med 0,006 till 0,06) och personer bedöms fortfarande utrymma i den riktning dit de var på väg innan siktningssättningen. Forskning visar att det krävs en siktbarhet på mindre än 3 m för att utrymmande ska vända om och pröva andra alternativ i någon större utsträckning.

Sprinkler och tekniska byten

Ett sprinklersystem är dimensionerat för att antingen släcka eller kontrollera en brand. När detta sker utför sprinklersystemet en viktig del av brandskyddet i byggnaden, vilket möjliggör tekniska byten med andra brandskyddsåtgärder som normalt hade krävts. I figur 3 beskrivs principen för tekniska byten och hur dessa relaterar till kravnivån enligt förenklad dimensionering. Sprinkler kan användas för att lösa följande uppgifter; kontrollera

brandens tillväxt, kontrollera spridning av brandgaser, begränsa brandspridning inom och till annan byggnad och förebygga kollaps. Men, sprinkler kan inte; förhindra antändning, möjliggöra utrymning eller möjliggöra räddningsinsats. För de sistnämnda uppgifterna krävs brandskyddsåtgärder som gör det möjligt att effektivt utrymma byggnad och på ett säkert sätt göra en räddningsinsats. När sprinklersystemets skyddsuppgifter har definierat är det möjligt att gå igenom olika delar av brandskyddet och beskriva på vilket sätt det går att utföra tekniska byten efter det att byggnaden försett med ett sprinklersystem. Nedanstående påstående belyser saken:

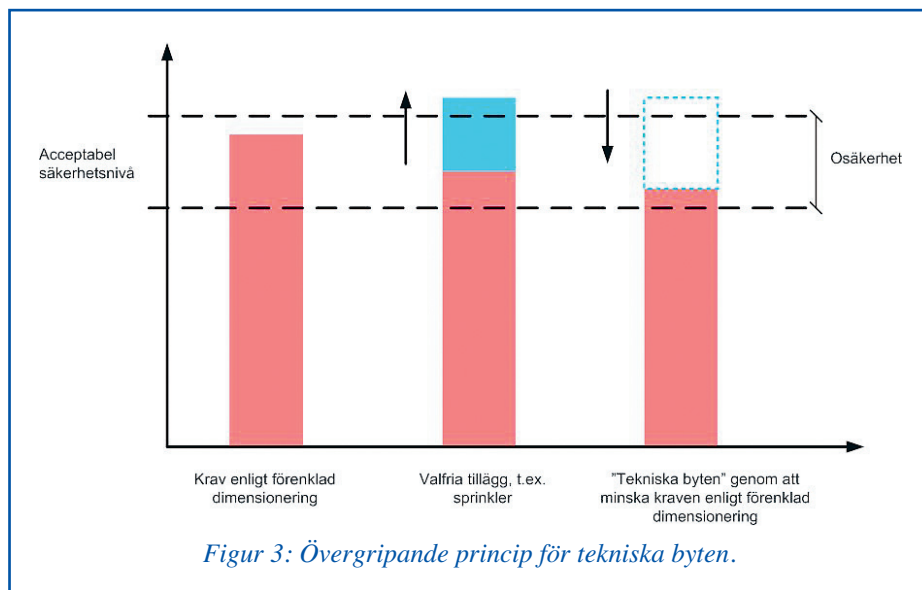
- Bränder kan tillåtas att växa snabbare om det finns ett sprinklersystem eftersom branden ändå kommer att kontrolleras eller släckas före den kan orsaka skador på människor. När tekniska byten görs på exempelvis ytskikt är det viktigt att valda material inte minskar sprinklersystemets effektivitet och att en minsta nivå på ytskikt bibehålls. I sammanhanget föreslås att ytskikt med sämre klass än D aldrig accepteras.
- Brandgaser kan tillåtas att spridas i större omfattning i sprinklade byggnader

eftersom sprinklersystemet kommer att begränsa den mängd brandgaser som produceras. När tekniska byten görs är det betydelsefullt att beakta både toxicitet och siktbarhet.

- Ett sprinklersystem kan ersätta andra brandskyddsåtgärder som verkar för att begränsa spridning av brand mellan brandceller. Verifieringen av det tekniska bytet görs genom att konstatera att sannolikheten för ett otillgängligt sprinklersystem är mindre än den för den ersatta åtgärden.
- Ett sprinklersystem möjliggör också till en reduktion av avskiljande och bärande förmåga, givet att den risken för brandspridning och kollaps hålls inom vad som tolereras som ett resultat av förenklad dimensionering. ■

Läs mer:

Artikeln är baserad på rapporten "Verifying Design Alternatives in Buildings with Fire Sprinkler Systems" som kommer att ges ut av avdelningen för Brandteknik och Riskhantering vid Lunds tekniska högskola under hösten 2010. Rapporten går då att ladda ner utan kostnad på <http://www.brand.lth.se>.



Figur 3: Övergripande princip för tekniska byten.