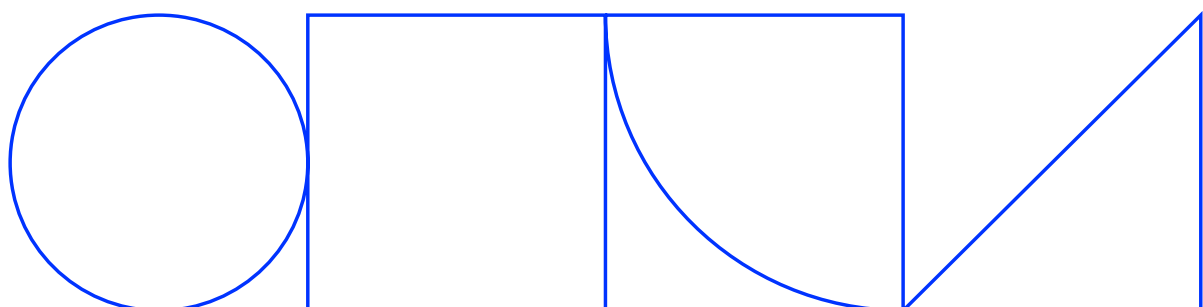


Förändrad brandsäkerhet i garage & parkeringshus när fordonsflottan förändras

Analys och förslag på kostnadseffektiva åtgärder

Författare: Caroline Bernelius Cronsioe, Claes Dahlman, Jan Adolfsson,
Lucas Andersson & Oskar Ekberg
Briab – brand & riskingenjörerna AB, PEAB samt Luleå tekniska universitet

2025-02-26



Förändrad brandsäkerhet i garage & parkeringshus när fordonsflottan förändras



Analys och förslag på kostnadseffektiva åtgärder

2025-02-26

SBUF ID: 14286



Förord

Den här rapporten utgör slutrapport i projektet *"Förändrad brandsäkerhet i garage & parkeringshus när fordonsflottan förändras - Analys och förslag på kostnadseffektiva åtgärder"*. Projektet finansierades av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) samt av de deltagande företagen: Briab, Peab samt Luleå Tekniska Universitet.

Projektets syfte var att analysera och kvantifiera eventuell förändring i riskbild inom garage och parkeringshus utifrån en förändrad fordonsflotta samt ta fram förslag på hur brandskydd i garage och parkeringshus vid behov kan förbättras.

Projektet har genomförts av Jan Adolfsson (Peab), Lucas Andersson (LTU), Caroline Bernelius Cronsioe (Briab), Claes Dalman (Peab), Oskar Ekberg (Briab) samt Aleksis Nevanperä Ymerstam (Briab). Projektet har letts av Caroline Bernelius Cronsioe och Oskar Ekberg.

Projektets referensgrupp, som har varit en viktig del av projektets framgång, utgjordes av:

- Anders Johansson, Boverket
- Anne-Lee Andersson, Räddningstjänsten Storgöteborg (1:a delen av projektet)
- Bengt Gåfvells, NCC
- Carl Larsson, Skanska
- Christoffer Marsvik, Kamakaze arkitekter
- Eric Ohlsson, NCC
- Helene Klasson, Länsförsäkringar Norrbotten
- Jonna Hynynen, Rise
- Magnus Ericsson, Lunds kommunala parkeringsbolag
- Patrik Sonberger, Räddningstjänsten Storgöteborg (1:a delen av projektet)
- Therese Samuelsson, Polisen

Stort tack alla för ett gott samarbete under projektet.

Februari 2025

Sammanfattning

Projektet tar sin utgångspunkt i fordonsflottan samt byggreglerna från 1970-talet och framåt. En detaljerad genomgång av byggregler visar att ingen större förändring av byggregler har skett under studerad tidsperiod. Studeras däremot fordonsflottans förändring konstateras att fordonen har blivit större, tyngre och innehåller mer brännbart material, huvudsakligen plast. Det har också introducerats nya drivmedel primärt i form av elfordon men också fordon som drivs av vätgas.

I tillägg till detta har våra parkeringshus mer och mer blivit inkorporerade i annan verksamhet och vi bygger nu mobilitetshus¹ istället för rena parkeringshus. Trygghetsaspekten har blivit viktigare med öppenhet och överblickbarhet som följd. Även, för parkeringshus, nya byggmaterial såsom trä återfinns i vissa objekt. Parkeringshus och garage innehåller också en väldigt intressant aspekt utifrån ett riskperspektiv – risken åker in och ut varje dag! Förändringar i fordonsflottan påverkar därför både befintliga garage och parkeringshus och nya. I referenslitteratur ses att i början av studerad tidsperiod förväntades en bilbrand inte att sprida mellan parkerade fordon i ett öppet parkeringshus (minst 1/3 av väggytan är öppen och öppningar finns på motstående väggar) medan vi utifrån dagens händelser kan se att omfattande brandspridning kan ske. Sammantaget har således stora förändringar skett som påverkar både nya och gamla garage och parkeringshus. Detta utan att våra direkt brandrelaterade krav i byggreglerna har förändrats.

Simuleringar genomfördes för att kvantifiera skillnaden i brandens effektutveckling och hur den kan sprida sig mellan fordon både för ett parkeringshus med enbart äldre fordon samt i ett parkeringshus med enbart nyare fordon. Resultaten visar på en påtaglig skillnad. Branden och brandspridningen i nyare fordon är betydligt större och snabbare än för äldre fordon i studerat parkeringshus. Utifrån genomförda simuleringar beräknades sedan hur stommen påverkas av branden. Detta ställs också i relation till en brandpåverkan från standardbrandkurvan (ISO 834) för att bedöma möjliga konsekvenser av en förändrad fordonsflotta. Resultaten från litteraturstudien och simuleringarna visar att en förändring i garagets och parkeringshusets risknivå har skett och att vi kan få en påverkan på stommens bärförmåga som i vissa fall är likvärdig den från standardbrandkurvan. Även om påverkan på bärförmågan inte överskrider den från standardbrand ses dock att den nyare fordonsflottan inte ger samma *inneboende säkerhetsmarginal* för bärförmågan som tidigare.

Med vetskap om detta finns ett antal åtgärder som går att implementera för att öka skyddet i ett parkeringshus eller garage. Vissa åtgärder bedöms inte vara kostnadsdrivande om dessa beaktas som designprinciper från början, men andra åtgärder innebär ökade kostnader. Behovet av åtgärder måste därför ställas mot det specifika objektens förutsättningar samt hur en brand skulle kunna påverka verksamheten och byggnaden i sig. Om effekten av en brand kan få stor kostnadspåverkan utifrån störd verksamhet eller kostsamma reparationer så måste skyddet i objektet också ökas. Dessutom riskerar ett stort antal bilar att förstöras.

¹ Mobilitetshus är inte definierat men innebär extra tjänster utöver bilparkering. Här är Parkering Malmös definition [59]: Plats för minst tre transportslag (t ex bilar, cyklar och lådcyklar), tillgång till laddning för personbilar, minst tre mobilitetstjänster (t ex bilpool, cykelverkstad och paketutlämning).

Innehåll

1. Bakgrund, syfte & metodik	5
1.1. Problembeskrivning	6
1.2. Syfte	7
1.3. Metodik	7
1.4. Avgränsningar	8
1.5. Spridning av resultat	8
2. Byggreglernas krav på garage och p-hus	9
2.1. Resultat	10
3. Räddningstjänsten, operativt & förebyggande	12
3.1. Räddningstjänstens insatser nu och då	12
3.2. Räddningstjänsternas tillsyn, brandsyn osv.	13
3.3. Räddningstjänst-PM om gemensamhetsgarage	14
4. Utveckling av parkeringsplatser	15
5. Fordonens utveckling	16
5.1. Storlek fordon	16
5.2. Mängder och placering av brännbart material	16
5.3. Brandbelastning	17
5.4. Alternativa drivmedel	18
5.5. Risk för brandspridning	20
6. Beräkningsresultat	22
6.1. Brandspridningssimuleringar	22
6.2. Värmeinträngningsberäkningar	29
7. Diskussion och analys	41
7.1. Byggreglerna över tid	41
7.2. Räddningstjänstens insatser och tillsyner	41
7.3. Fordonets utveckling och bidrag till branden	43
7.4. Brandpåverkan på ovanliggande bjälklag	44
7.5. Begränsningar i jämförande analys	45
8. Rekommendationer brandskydd i garage och p-hus	47
9. Slutsatser	51
Referenser	52
Bilaga 1 – Byggregelanalys	57

1. Bakgrund, syfte & metodik

Under de senaste femtio åren har fordon i Sverige genomgått stora förändringar genom teknisk utveckling, användning av nya material och övergång till alternativa energikällor. En analys gjord av Trafikanalys [1] visar på att 40 % av de nya personfordonen kan vara laddbara 2030. Vätgasfordon bedöms kunna få ett genombrott innan 2030 i takt med att regler för utsläpp skärps, men prognosen pekar på att vätgas främst kommer att nyttjas som drivmedel i tyngre fordon. Målet i EU är att minska växthusgasutsläppen med 70 % till 2030 [2] vilket innebär stora förändringar av fordonsflottan över tid. Fordonsflottan har alltså redan nu genomgått en stor förändring och ytterligare förändring förutspås framåt.

I Europa har bränder i garage och parkeringshus som lett till omfattande konsekvenser uppmärksamats de senaste 20 åren. Några exempel är branden i Liverpool 2017 då över 1400 fordon förstördes och där byggnaden fick stora skador [3], branden i Stavanger 2020 med drygt 400 totalförstörda fordon samt delvis kollapsad byggnad [4], branden i Märsta 2021 med upp emot 200 skadade fordon och en förstörd byggnad [5]. Förloppen och de omfattande skadorna kan relateras till generella förändringar av fordonsflottan snarare än den specifika brandorsaken i de enskilda fallen.

Skiften i material, konstruktion och drivmedel har medfört signifikanta förändringar i de brandtekniska egenskaperna hos fordon, inklusive risken för mer intensiva och långvariga bränder. Skiftet i fordonsflottan kan påverka sannolikheten för uppkomst av brand samt toxicitet i brandgaser och risk för explosioner och andra relaterade fenomen. Utöver detta har fordon också blivit större vilket i sin tur resulterar i ett avståndet mellan parkerade fordon minskar, detsamma gäller avståndet mellan bil och tak. Ett minskat avstånd mellan parkerade fordon innebär en ökad risk för brandspridning mellan fordon och därmed en snabbare brandutveckling [6].

Ställs den förändrade riskbilden i fordonsflottan mot beståndet av parkeringshus och garage kan det konstateras att kraven vid nybyggnad inte verkar ha uppdaterats i takt med att riskbilden har förändrats. Exempelvis är brandmotståndskraven för bärförmåga vid brand i stora drag på samma nivå 1967 med SBN 67 [7] och 2024 med EKS 12 [8]. Utöver detta så innebär den förändrade fordonsflottan och den riskbild det medför också en förändrad risk i alla befintliga parkeringshus då fordonen i anläggningarna byts ut allteftersom medan parkeringshusen och garagen oftast förblir oförändrade.

Utförandet av garage och parkeringshus kan dessutom ha förändrats över tid genom nya byggmetoder och nya materialval så som ökat träbyggande. Parkeringshus och garage har också fått ett ökat antal funktioner jämfört med bara traditionell parkering och funktionen parkering ska på många sätt integreras i den omgivande bebyggelsen. Idag byggs inte parkeringshus utan så kallade mobilitetshus där service av olika slag ingår. Det finns idag krav på laddningspunkter vid nybyggnad av vissa byggnader, och det är allt vanligare att sådana

installeras i befintliga byggnader [9]. Detta innebär ökad mängd kabeldragningar, fler elcentraler och medföljande risker.

Det kan också konstateras att Boverkets byggregler (BBR) utgör en miniminivå för brandskyddet från samhället för nybyggnad och fokuserar främst på skydd av liv och hälsa snarare än aspekter som att skydda egendom, miljö och skydd av samhällsviktiga funktioner. Inga förändringar av denna inriktning sker heller med *Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2024:7) om säkerhet i händelse av brand i byggnader* [10].

Räddningstjänsten i Uppsala har uppmärksammat att byggreglerna inte nödvändigtvis ger ett hållbart brandskydd över tid och att ytterligare åtgärder kan vara nödvändiga, inte minst när det gäller elfordon i byggnader [11]. Lokala rekommendationer förekommer [12] bland annat kopplat till räddningstjänstens insatsmöjlighet. Fastighetsägarna i Stockholm har lyft otydliga brandskyddsregler och osäkerheter kring försäkring, särskilt i garage, som hinder för en snabbare infrastrukturbyggnad [13]. Såväl Boverket, MSB som Elsäkerhetsverket har dock tydlig information om att inga särskilda extra åtgärder krävs för laddning av elfordon i garage, utan det viktiga är att följa gällande bygg- och elsäkerhetsregler [14].

Fordonsflottans förändring är tydlig men motsvarande förändring i byggregler verkar saknas. Utöver detta har även andra aspekter kopplat till parkeringshus förändrats på ett sätt som inte upplevs positivt ur ett riskperspektiv och det börjar uppstå lokala regler och rekommendationer i det vakuum som bildas mellan förändrade förutsättningar och mer eller mindre konstant lagstiftning.

1.1. Problembeskrivning

Fordonsflottans snabba förändring de senaste 50 åren har inte mötts av en motsvarande förändring i de nationella byggreglernas krav kopplat till brandskydd. Detta har lett till en möjlig förändring i riskbild för både befintliga och nya garage och parkeringshus. Det är dock oklart hur stor denna förändring är och om den innebär konsekvenser som direkt kan påverka skydd på liv, hälsa, egendom och miljö.

Det har också blivit allt vanligare att lokal praxis uppstår i Sverige, till exempel genom att räddningstjänster har egna rekommendationer för laddplatser i garage [15] [16]. Därtill förekommer olika tolkningar inom byggsektorn och byggnadsnämnder kring acceptabla lösningar och förutsättningar för analytisk dimensionering². Avsaknaden av riktlinjer för hur ett förstärkt egendomsskydd kan utformas innebär också att behovet av eventuell ökad skyddsnivå måste utredas i varje separat projekt.

² Analytisk dimensionering innebär att byggherren uppfyller en eller flera av föreskrifterna i BBR avsnitt 5 på annat sätt än genom förenklad dimensionering. Förenklad dimensionering innebär att byggherren uppfyller föreskrifterna genom de lösningar och metoder som anges i de allmänna råden i BBR avsnitt 5:2–5:7. [60]

Genom att definiera fordonsflottans förändring, regelverkets utveckling och eventuell förändring i hur vi bygger parkeringshus samt att jämföra dessa skapas en kvantifiering av hur risknivån kan ha förskjutits. Utifrån detta finns sedan möjlighet att analysera och diskutera möjliga vägar framåt.

1.2. Syfte

Syftet är att dokumentera och kvantifiera den förändring som skett i risknivå under de senaste 50 åren i garage och parkeringshus samt ge förslag på hur branschen kan hantera brandsäkerheten i garage och parkeringshus givet den förändring i risknivå som har skett på grund av att fordonsflottan har förändrats över tid.

1.3. Metodik

Projektet har i huvudsak jobbat med tre olika metodiker; litteraturstudie, enkätundersökning samt simulering. Därutöver har en bred referensgrupp varit knuten till projektet som löpande kommit med viktiga inspel.

Litteraturstudier

Litteraturstudie har genomförts för regelanalysen där äldre, gällande och kommande byggregler har studerats. Litteraturstudie har också tillämpats för insamlande av data kring personfordons utveckling avseende bland annat storlek och energiinnehåll under de senaste 50 åren.

Enkätundersökningar

Två enkätundersökningar har genomförts. Den första bestod av ett antal frågor till räddningstjänsten om deras insatser vid brand i garage och parkeringshus samt angående deras förebyggande arbete. Frågorna riktades till storstadsräddningstjänsterna. Den andra enkäten genomfördes på konferensen Svepark2024, som är en konferens om parkering där Svepark-medlemmar, samarbetspartners, branschfolk och utställare deltar. Deltagarna uppmanades via en digital enkät beskriva brandskyddets utveckling och materialval för garage och parkeringshus de senaste 50 åren. Då det var väldigt få svarande i denna andra enkätundersökning bidrog inte resultaten från denna undersökning med någon ny information.

Simuleringar

Simuleringar har genomförts utifrån fordonsflottans förändring och således simulerades bränder både i gamla och nya fordon för att på så sätt kunna kvantifiera skillnaden i riskbild.

Först genomfördes simuleringar av brandens utveckling och spridning i ett öppet parkeringshus där simulering av brandspridning samt temperatur vid parkeringshusets stomme ovan startbranden redovisades som utdata. Redovisade temperaturer vid ovanliggande bjälklag och balkar användes sedan som indata till

värmeinträngningsberäkningar där brandpåverkan på stommen beräknades. Samtliga simuleringar gjordes för både gamla och nya fordon samt för trä- respektive betongbjälklag.

Referensgruppen

Projektet har haft en bred referensgrupp knuten till sig som har haft möjlighet att komma med tankar och synpunkter under projektets gång. Referensgruppens sammansättning har valts utifrån att representera ett brett spektrum av erfarenheter på risknivån i parkeringshus. Deltagande har skett genom fyra workshops. Referensgruppen har också varit delaktig i läsning av rapportutkast samt framtagande av åtgärdsförslag.

1.4. Avgränsningar

Nedan beskrivs de avgränsningar projektet bedömt som mest värdefulla att belysa.

1.4.1. Fullständigt brandförlopp

Projektet syftar till att bedöma effekten av ett fullständigt brandförlopp³ och framförallt vilken påverkan en brand får på konstruktionen i ett öppet parkeringshus. Av den anledningen fokuserar inte detta projekt på brandens tidiga skede och utrymningssäkerhet. För verifiering av personsäkerheten i garage hänvisas till de riktlinjer som finns framtagna för analytisk dimensionering [17].

1.4.2. Drivmedel

Projektet inkluderar alla drivmedel och är inte begränsat till elfordon.

1.4.3. Brandbelastning

Avseende brandbelastning så fokuserar projektet på den förändrade brandbelastningen i fordonsflottan. Annan brandbelastning i parkeringshus och garage som kan bidra till en brand, som till exempel förvaring av däck som kan vara aktuellt i garage till flerbostadshus, beaktas inte.

1.4.4. Dimensionering

Simuleringarna är gjorda utifrån medelvärde av brandförlopp både för nya och äldre fordon. Detta för att kvantifiera skillnaden som uppstått över tid. Redovisade värden ska således inte användas som ett dimensionerande scenario vid projektering av parkeringshus eller garage, då en säkerhetsmarginal kan vara lämplig att tillämpa i relation till simuleringarnas inneboende osäkerheter.

1.5. Spridning av resultat

Projekresultat har redovisats på konferensen Brandskydd 2024, den 17 oktober 2024.

En artikel i branschtidningen Husbyggarens brandnummer som kommer i april 2025 planeras.

³ Fullständigt brandförlopp innefattar hela förloppet under en brand från antändning till avsvallning.

2. Byggreglernas krav på garage och p-hus

Analysen av byggreglernas utveckling avseende krav på brandskydd i garage och parkeringshus har fokuserat på de krav som främst har att göra med byggnadens utformning och ett fullständigt brandförlopp. Analysen har startat i Svensk byggnorm 67 och slutat i de kommande byggreglerna som ska börja tillämpas 1 juli 2025, här förkortat SHB. De byggregler som främst har analyserats är:

- Svensk byggnorm, SBN 67
- Nybyggnadsreglerna (BFS 1988:18), NR 1
- Boverkets byggregler (BFS 1993:57), BBR 1
- Boverkets byggregler (BFS 2011:6), BBR 18
- Boverkets byggregler (BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. 2020:4), BBR 29
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2024:7) om säkerhet i händelse av brand i byggnader, SHB
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpningen av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder) (BFS 2008:8 med ändringar t.o.m. 2010:28), EKS 7
- Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpningen av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder) (BFS 2011:10 med ändringar t.o.m. 2022:4), EKS 12
- Boverkets allmänna råd (BFS 2013:11) om brandbelastning, BBRBE 1.

I vissa fall har även andra versioner än de som nämns ovan studerats närmare. Detta gäller framförallt BBR. De krav, med utgångspunkt i BBR 29, som har analyserats närmare är:

- Verksamhetsklass och byggnadsklass
- Sektionering av stora byggnader
- Brand- och utrymningslarm i samlingslokal
- Vägledande markering, nödbelysning och allmänbelysning
- Ytskikt och beklädnader
- Brandcellsindelning
- Lokaler i verksamhetsklass 6
- Yttervägg
- Tillträdesvägar för räddningstjänst i källare
- Brandgasventilation källare
- Bärförmåga vid brand
- Brandbelastning
- Automatisk släckanläggning

Därutöver har även en analys gjorts av definitionerna av garage samt parkeringshus i byggreglerna. Hela analysen återfinns i bilaga 1.

2.1. Resultat

Hypotesen var att byggreglerna avseende brandskydd för garage och parkeringshus inte har ändrats nämnvärt sedan 70-talet eller att reglerna kommer att ändras nämnvärt i SHB. Analysen har visat att hypotesen stämmer i huvudsak. Mindre justeringar har skett, men inga justeringar som har en betydande påverkan på brandskyddet i garage eller parkeringshus. De större justeringar som har skett samt andra detaljer är bland annat:

- Framöver kommer byggnader med tre våningar under mark att alltid kräva analytisk dimensionering, vilket kan vara aktuellt för garage i vissa fall.
- Sektionering av stora byggnader har förekommit i alla år, däremot har de tekniska system som kan installeras för att öka ytan på en sektion varierat något över åren.
- Brand- och utrymningslarm i samlingslokaler blev ett krav i och med BBR 1. I NR och SBN finns enbart brand- och utrymningslarm som ett kvar vid stora sektioner, (SBN >4000 m²). I SHB sker en förändring för Vk2B då brandlarmet numer ska vara automatiskt aktiverat.
- Inget regelverk, SBN, NR, BBR eller SHB, har rekommenderade personantal för garage eller parkeringshus.
- För vägledande markeringar och nödbelysning har det skett en förändring och det är att efterlysande färg inte längre kan tillämpas som ett alternativ.
- Gällande vägledande markering så har regelverken varit samstämmiga i att det ska finnas där det är svårorienterat eller där personer utan lokalkännedom kan vistas.
- Avseende nödbelysning så är det i BBR krav i trapphus som är 8 våningar eller högre och i tidigare regler så gällde det från 16 våningar. I SHB är det krav i Tr1- respektive Tr2-trapphus. Antalet lux har med åren sänkts.
- Gällande ytskikt så har vi under åren gått från svenska klasser och provningsmetoder till europeiska. Övergången ska dock inte gett någon större förändring. I vissa regelverk har det varit specifika krav på ytskikt för garage i andra har de generella kraven gällt. Krav på golvytskikt har också kommit och gått över åren.
- Alla regelverk har varit tydliga med att personbilsgarage ska vara egen brandcell, dock öppnar SHB upp för att garage inte måste vara en egen brandcell om en brand enbart kan förväntas få begränsade konsekvenser för utrymnings säkerheten.
- Kravet på brandslutt vid gemensam utrymningsväg med utrymmen där man vistas mer än tillfälligt och garage finns genomgående.
- Fasader kan numer vara brännbara.
- Från SBN till BBR 29 är kravet på brandgasventilation i stort detsamma. I SHB görs en del förändringar:
 - 0,5 % och 0,1 % av är inte längre kopplad till utrymmets brandbelastning, i BBR gäller dessa mått för normal brandbelastning.
 - Slutna garage på 100 m² nämns särskilt vilket är nytt och kravet gäller både ovan och under mark.

- Att om källare är i flera plan ska varje plan ha separat brandgasventilation är borttaget.
- Det finns en antydning till att med SHB så behöver tilluft tillskapas vilket inte har varit tydligt i BBR och därmed ofta missats.
- Tillträdesvägar får inte användas för brandgasventilation, vilket ibland är praxis när det är separata trappor ner i källare.
- Bärförmåga vid brand har över tid varit likvärdigt. I och med SHB så tillkommer det ett antal tekniska byten med sprinkler som gör att R-kravet kan sänkas en klassificeringsperiod⁴.
- Vad avser brandbelastning så är dessa samma i BBR och NR. I SHB ges fortsatt personbilsgarage en schablon för variabel brandbelastning. Nytt i SHB är att en stomme i trä i byggnader som är högre än 4 plan antingen ska räknas med i brandbelastningen eller så kärvs andra åtgärder.
- Automatiskt släcksystem är inte ett krav i något regelverk för garage eller parkeringshus, men antalet tekniska byten som är möjliga i garage eller parkeringshus har blivit långt fler och ökar från BBR 19 och framåt.

⁴ Klassificeringsperiod innebär brandmotståndstiden i minuter för de brandtekniska klasserna R, E, I och W. De klassificeringsperioder som finns är 10, 15, 20, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240 och 360. [10]

3. Räddningstjänsten, operativt & förebyggande

De räddningstjänster som har bidragit med information är: Räddningstjänsten Storgöteborg, Räddningstjänsten Syd samt Södertörns brandförsvarsförbund. I projektet vände vi oss till räddningstjänsterna som verkar i storstadsregionerna som förväntas ha flest garage och parkeringshus inom sina upptagningsområden.

Frågorna som räddningstjänsten hade som ledning för sina svar var:

Vi vill i arbetet veta hur räddningstjänstens insats och tillsyn har förändrats i garage och parkeringshus från 70-talet fram till idag, och önskar därför få svar på följande:

- *Hur har räddningstjänstens insatser utvecklats i garage och parkeringshus sedan 70-talet? Vad har orsakat förändringarna?*
- *Tillsyner över tid i garage och parkeringshus. Görs tillsyner i garage och p-hus idag och historiskt? Har räddningstjänsten förelagt åtgärder i garage och parkeringshus där man inte har bedömt brandskyddet som skäligt? Vilka har då bristerna varit och vilka åtgärder har krävts?*
- *Om ni tittar framåt, hur kommer de två punkterna ovan att utvecklas?*

Utifrån dessa frågor kan svaren sammanfattas enligt nedan.

3.1. Räddningstjänstens insatser nu och då

Garage och parkeringshus ser väldigt lika ut över tid vilket också gör att insatsstrategin är väldigt lika nu som då. Dock har våra garage blivit mer komplexa med t.ex. längre inträngningsvägar. Det är fortsatt främst rökdykning som gäller (dock har Arbetsmiljöverkets krav ändrats) och släckmedlet är vatten. Dock utgör insats i underjordiska garage idag en insats med *förhöjd risk*. Orsakerna till detta är främst:

- Höga temperaturer vilket påverkar personalen över tid
- Långa avstånd och stora volymer som gör garagen mer svårorienterade
- Garage är svårare att brandgasventilera, vilket innebär att garage ofta har mer brandgaser som i sig kan utgöra en brandfara
- Nya drivmedel som för med sig nya risker.

Taktik vid insats

Tidigare försökte man nå branden så snabbt som möjlig genom att gå in närmsta vägen, ofta garageporten. Efter flera tillbud där brandmän hade kunnat förolyckas har taktiken ändrats. Nu används ofta andra angreppsvägar för att direkt komma så nära branden som möjligt för att minska exponeringstiden och korta ner avstånd att förflytta sig inom garaget.

Utveckling av hjälpmedel är bland annat:

- IR-kamera
- Kraftigare fläktar
- Insatskort

3.1.1. Specifikt parkeringshus

Parkeringshus är ofta byggda med stora öppningar till omgivningen vilket skapar en lättare insatssituation då brandgaser inte ansamlas och temperaturerna är lägre. Dock kan brandvattenförsörjningen vara en utmaning då släckfordonen inte kan komma tillräckligt nära vilket kräver mycket slangdragning vilket är tidskrävande och fördröjer därmed en insats.

3.1.2. Framtidens garage

Nya risker med anledning av nya bränsletyper innebär att räddningstjänstens insatser påverkas. Om explosionsrisken ökar så kan det krävas avspärrning och skyddsavstånd om det inte är möjligt att ventilerar ut brandgaser.

En lösning som man hoppas på framöver är robotar för att genomföra insatser vid skydd av egendom.

3.2. Räddningstjänsternas tillsyn, brandsyn osv.

Räddningstjänsten genomför tillsyn i garage enligt LSO. För räddningstjänsten Syd har de primärt tillsynat garage i flerbostadshus i samband med tillsynen av flerbostadshuset. I Södertörn har man sedan 1995 utfört tillsyner mot

- garage vartannat år om garaget >2000 m² och innehåller verkstad eller lastgata
- garage vart fjärde år om >2000 m².

Även stora parkeringshus tillsynades.

I samband med övergången till lagen om skydd mot olyckor ändrades tillsynsverksamheten och tillsyn bedrivs i stället mot garage som är minst 2000 m² och har minst två plan under mark.

Efter MSB:s revidering av tillsynsverksamheten [18] ingår inte garage och parkeringshus explicit dock kommer en del garage och parkeringshus att fortsatt tillsynas då de t.ex. är en del av multihus.

Samtliga räddningstjänsterna genomför också responderande eller händelsebaserade tillsyner.

Vanliga brister i garage är:

- Icke tillgängliga utrymningsvägar från garage. Dörrar förses med lås eller tagg som begränsar åtkomsten till trapphusen/utrymningsvägarna. Åtgärden är att kräva beslagning som möjliggör utrymning.
- Brandgasventilationen saknas eller är undermålig. Åtgärd är att säkerställa att det finns brandgasventilation via mer än enbart garageporten.
- Brandcellsgränser brister t.ex. mot övriga delar av källaren. Dörrar som saknar brandklass, slussar som har tagits bort osv. Åtgärder krävs för att säkerställa att brandcellsgränsen upprätthålls.

Räddningstjänsten Syd kommer inom kort att genomföra riktade tillsyner i garage under mark.

3.2.1. Framtiden

I byggprocessen när räddningstjänsten får remisser inför startbesked, ser räddningstjänsten ofta projekteringar av större parkeringshus där äldre data på fordon använts för att motivera att parkeringshus ska kunna uppföras helt utan brandcellsgränser eller brandsektioner. Motivet är då att en brand i ett fordon inte sprider sig mer än till 1, möjligen 2, fordon. Sprinkler kan därför vara ett alternativ som kan komma att krävas av räddningstjänsten högre utsträckning.

Många parkeringshus och garage bedöms ha underhållits för dåligt med tanke på vilket vardagligt slitage de utsätts för samt sabotage. Därför är det troligt att arbetet med tillsyner mot garage och parkeringshus kommer att öka.

3.3. Räddningstjänst-PM om gemensamhetsgarage

Det förekommer en del råd och anvisningar från räddningstjänsterna kopplat till garage. En rekommendation som är återkommande avser förvaring i gemensamhetsgarage⁵.

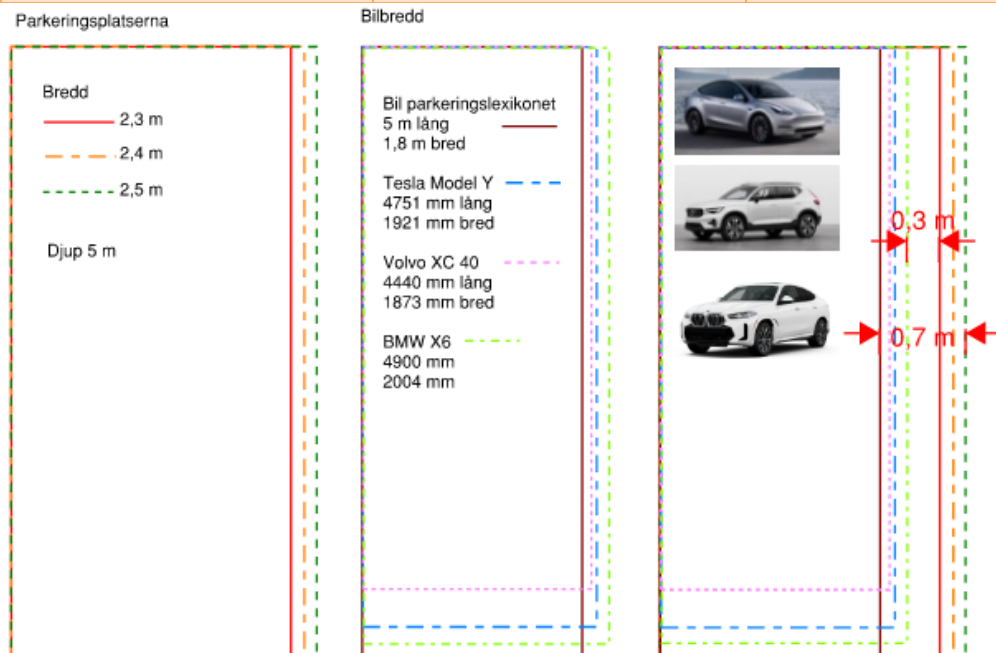
⁵ Gemensamhetsgarage definieras i PM som ett garage med uppställningsplatser för fler än två fordon. Det förtydligas som att ett gemensamhetsgarage kan antingen vara ovan mark och utgöras av en fordonsrad med port framför varje plats, så kallat radgarage, eller andra gemensamhetsgarage såväl ovan som under mark, så kallat flerbilsgarage.

4. Utveckling av parkeringsplatser

Personfordon har ökat i storlek snabbare än parkeringsplatserna. Standardmått på en parkeringsplats idag är en bredd på 2,5 meter [19]. I äldre parkeringshus och garage kan parkeringsplatser som är 2,4 respektive 2,3 meter breda förekomma då detta utgör äldre standard. En parkeringsplats är normalt 5 meter djup och detta mått har inte förändrats över tid [20].

Tabell 1 Tabellen anger parkeringsplatsers storlekar som man kan förvänta sig att hitta i befintliga parkeringshus och garage. 2,5 meter är standard idag [19]. I tabellen finns även storleken med för några av våra vanligaste fordon (Volvo och Tesla) samt ett relativt stort personfordon (BMW). Siffrorna redovisas i form av rutor i Figur 1.

	Bredd [m]	Djup [m]
Parkeringsplats	2,3	5
Parkeringsplats	2,4	5
Parkeringsplats	2,5	5
Bil parkeringslexikon	1,8	5
Tesla model Y [21]	1,92	4,75
Volvo XC 40 [22]	1,87	4,44
BMW X6 [23]	2,00	4,90



Figur 1 Storlek på parkeringsplatser som man kan förvänta sig att hitta i befintliga garage och parkeringshus samt storleken på de mest sålda fordonen i början av 2024 (Tesla, Volvo) samt ett relativt stort fordon (BMW) [23] [22] [21]. Samma värden återges i Tabell 1

5. Fordonens utveckling

Att personfordon har förändrats över tid går inte att undkomma – komfort, storlek och drivmedel är saker som är uppenbara. Kvantifieras detta utifrån parametrar som bedöms påverka brandskyddet kan följande konstateras.

5.1. Storlek fordon

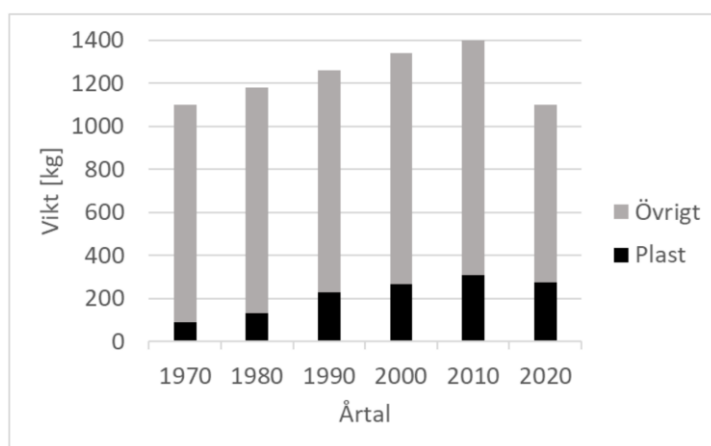
Ett exempel på förändring av personfordons storlek ses i de instruktioner som lämnas till brittiska konstruktörer av parkeringshus. Där noteras att den genomsnittliga vikten på ett fordon har ökat från 1,5 ton år 1974 till nästan 2 ton med dagens fordon. [24]

Motsvarande problematik diskuteras också i andra artiklar [25] och ett direkt exempel ges kopplat till två av de mest populära fordonen i USA, Toyota Corolla och Ford F150. Dessa fordon har från 1970 till 2018 ökat både på bredden och med avseende på vikt. Corollan har ökat med 21 cm på bredden och 430 kg i vikt och Ford F150 har ökat med 8 cm på bredden och 150 kg i vikt.

Ytterligare en mängd artiklar visar på samma trend och även om siffrorna varierar mellan olika undersökningar är de i samma härad och ökningen i vikt är påtaglig. Den genomsnittliga vikten på fordon har således gått upp under de senaste 50 åren.

5.2. Mängder och placering av brännbart material

Även plasten i fordon har ökat [26] och det har skett både en procentuell och en viktmässig ökning av andelen plast i fordon. Mellan 1970 till 2020 anges att mängden plast har ökat från 227 kg till 275 kg vilket är en ökning med 21 %. Se även utvecklingen i Figur 2.



Figur 2: Andel plast av den totala genomsnittliga vikten för personfordon tillverkade olika årtionden [26].

I andra artiklar tydliggörs detta ytterligare och i [25] redovisas en ökning av plast med 91% från 83 kg till 159 kg under tidsperioden 1976 till 2018.

Utöver den ökade mängden plast så har plastens placering i/på fordonet också en påverkan på risken för brandspridning mellan fordon. Om plasten är begränsad till innehåll i kupén och är skyddad av en omgivande plåtkaross så krävs en avsevärd temperaturhöjning och värmestrålning mot fordonet för att antändning ska ske. Detta bedöms vara fallet för äldre fordon. I nya fordon ersätts däremot karosdelar som tidigare var av plåt med plastkomponenter, så som stänkskydd, delar av hjulhusen, stötfångare etc. Denna förändring ger en ökad risk för att en lägre nivå av infallande strålning är tillräcklig för att en antändning av fordon ska ske och att detta således kan ske tidigare i brandförloppet. Den ökade mängden plast samt dess placering innebär alltså att risken för brandspridning mellan fordon ökar.

De flesta moderna personfordon har idag också en bränsletank av plast. Enligt UN regulation 34 (annex 5, clause 5) [27] ska tanken klara en extern brand i 2 min. En tank som brister bidrar till att brandintensiteten ökar markant. Idag byggs ca 85 % av Europas personfordon med plasttank och andelen är ökande [25]. Därmed riskerar en pölbrand (från bränsleläckaget) att ytterligare öka brandspridningen över ett större område.

5.3. Brandbelastning

Slås den ökade vikten samman med den procentuella och faktiska ökningen av plast ges att den totala brandbelastningen (energiinnehållet) i ett fordon har ökat.

Fullskaletest på personfordon från 1970-talet i USA gav ett snitt på energiinnehåll på 3300 MJ. Omsätter man sedan hur mycket plast som tillförts fordonen sedan dessa tester genomfördes fås en ökning på energiinnehåll på 2298 MJ vilket är en ökad energimängd med 70 % i ett fordon [25].

Värt att nämna är dock att även parkeringsplatsernas storlek har ökat, se kapitel 4, under denna period varpå ökningen av den faktiska brandbelastningen inte kan anses vara riktigt lika stor.

Trots denna ökning av energi summeras den variabla brandbelastningen i parkeringshus och garage till under 600 MJ/m², vilket är schablonvärdet i nya byggreglerna [14]. Mycket av det beror på ytor utan brandbelastning mellan fordon samt körytor och att vi ofta har en obrännbar byggnadskonstruktion.

Summeras data ger fordon ett tillskott på ca 260 MJ/m² om en snittyta per fordon på 25 m² används [28]. Detta värde ska alltså ses som den variabla brandbelastningen i ett parkeringshus och utöver fordonen som utgör den variabla brandbelastningen ska den permanenta brandbelastningen adderas för att få den faktiska brandbelastningen.

5.4. Alternativa drivmedel

Utöver förändringen i storlek och plastinnehåll har det även introducerats nya typer av drivmedel under den period som denna rapport fokuserar på. Det primära alternativet till exempelvis bensin/diesel är el, men även andra alternativ som har haft mindre genomslag, som vätgas, har studerats. Bägge dessa typer av fordon byggs på samma karosstyp som bilar med traditionella förbränningsmotorer, men har alltså drivmedlet/energin lagrad på annat sätt. Med nya drivmedel som nyttjas i större skala kommer också nya risker.

5.4.1. Gasfordon

När gas används som drivmedel är den största skillnaden mot andra drivmedel att gasen förvaras i ett trycksatt kärl som kan hålla tryck upp till flera hundra bar vilket gäller även vätgas [29]. Detta innebär en risk för en fysikalisk explosion om behållaren utsätts för värme, d.v.s. att värmen ökar trycket tills behållaren spricker och följande expansion av innehållet orsakar en tryckvåg. Denna risk hanteras generellt genom att använda en säkerhetsventil (TPRD, Thermal Pressure Relief Device) som aktiveras när värmepåverkan når en förutbestämd högsta nivå. Vid aktivering släpps gaserna ut för att motverka att en tryckökning får behållaren ska brisera. Detta minimerar sannolikheten för ett scenario med fysikalisk explosion, men leder i stället till ett utsläpp av vätgas i omgivningen runt fordonet. Två scenarion är sannolika beroende på om antändning av gasen sker direkt eller med fördröjning:

- Jetflamma
- Gasexplosion

Vätgas och luftblandningar är väldigt lättantändliga relativt andra gaser som används för drivmedel. Detta medför att en tidig antändning torde vara mer sannolik än en fördröjd antändning från ett fysikaliskt perspektiv, men det är beroende av faktorer som exempelvis diameter på säkerhetsventilen [30].

Jetflammar tenderar att ge höga flamtemperaturer under en kortare tidsperiod. Beroende på hur fordonstillverkaren riktat säkerhetsventilen är det inte säkert att flammen påverkar det egna fordonet och inte heller närliggande fordon vilket kan påverka riskbilden. Dessa aspekter är detsamma för gasfordon genomgående och är ej unika för vätgas som drivmedel. Likväl brinner jetflammen intensivare med högre temperaturer för vätgas [31].

Gasexplosioner är starkt beroende av gasmolnets omgivning vid antändning. Om det ej finns större inneslutningar runt gasmolnet eller objekt inom gasmolnet som kan medföra tryckuppbyggnad eller generera turbulens kan generellt gasexplosion anses ge mildare övertryck [32]. Dessa scenarion är mer sannolika att generera en deflagration (potentiellt högre förbränningshastighet relativt stationär flamma, men generellt låga övertryck). Har man istället inneslutning i kombination med turbulens genererade av objekt inom gasmolnet finns möjlighet för så kallad deflagration till detonation transition (DDT), vilket innebär som

namnet antyder att deflagration övergår till en detonation (hög förbränningshastighet och höga övertryck). Denna övergång ökar riskerna för större skador markant. Vätgas till skillnad från andra reaktiva gaser är mycket mer benägen att göra denna övergång vid rätt förutsättningar varpå risken för att DDT sker kan vara högre med vätgas [33].

Sammantaget kan man säga att fordon med gas som drivmedel har till stor del samma typer av olycksscenarier vid värmepåverkan oavsett gas, men att sannolikhetsfördelningarna och konsekvenserna potentiellt kan variera i scenarion med vätgas jämfört med exempelvis naturgas. Vidare finns inget skäl att anta att fordonet i sin helhet skulle brinna annorlunda än i ett likvärdigt modernt fordon med annat drivmedel. Det är istället drivmedlet i sig själv som kommer att vara den varierande faktorn. Vid tiden för upprättandet av denna rapport utgör gasfordon en försumbar del av fordonsflottan och till viss del har riskminimering gjorts genom säkerhetsventiler på de trycksatta behållarna i gasfordon. De potentiella konsekvenserna kvarstår dock och bör erkännas - särskilt i fall där vetskapen om att flera gasdrivna fordon samparkeras finns – för att riskerna ska kunna anses vara hanterade.

5.4.2. Elfordon

Gällande elfordon har ett antal forskningsprojekt genomförts för att försöka kvantifiera vilken förändrad riskbild elfordonet innebär.

I artikeln "Full Scale Testing of electrical and internal combustion engines" [34] sammanfattas resultaten för elfordon så här:

"Overall, the EVs did not present a greater hazard than the ICEVs. The peak HRR and heat flux levels measured in the ICEV tests were due to the burning of a full tank of gasoline and were higher than those measured in the comparison EV tests."

Testerna visade också att maximal effektutveckling skedde vid ungefär samma tid för förbränningsmotorer som för elfordon förutsatt att branden fått fäste och involverat fordonets kupé.

Dock finns det kända skillnader mellan elfordon och fordon med förbränningsmotor vid brand utanför kupén där elfordon kan ha en fördröjd antändning samt ett pulserande brandförlopp om batteriet är inkluderat i branden. Vid termisk rusning produceras också en mycket stor mängd gas. De bildade gaserna varierar i sammansättning beroende på batterikemi och laddningsgrad. Det finns också risk för jetflammar sidledes ut från fordonet. Det är också allmänt känt att ett förlopp med termisk rustning kan leda till en termisk propagering som involverar stora delar eller hela batteripaket vilket kan leda till ett utdraget brandförlopp som kan vara väldigt svårt att bryta (släcka).

Det finns inte heller i dagsläget statistik som visar på att bränder i elfordon sker oftare än bränder i fordon med förbränningsmotorer [35].

Beroende på cellkemi och laddningsgrad kan vätgas och kolmonoxid bildas vid en termisk rusning. Om dessa inte antänder (och förbränns) tidigt i förloppet finns risk för gasansamling med en efterföljande risk för explosion, speciellt i slutna utrymmen.

Sammantaget kan man säga att elfordon i sin helhet inte brinner värre än fordon med förbränningsmotorer men att de kan brinna annorlunda samt att brandförloppet kan komma med något andra risker. En brand i ett elfordon kan också kräva andra typer av släckinsatser av räddningstjänsten.

5.5. Risk för brandspridning

Som redovisat från i tidigare projekteringsstöd har risken för brandspridning mellan fordon traditionellt ansetts vara låg förutsatt att brandgaser kunnat ventileras ut i tillräcklig omfattning [36]. Nya forskningsrön pekar dock på att detta har förändrats i och med den nya fordonsflottan. Nedan ges exempel på detta.

I [36] definieras en designbrand för öppna parkeringshus givet vissa specifika förutsättningar (primär öppenhet till omgivningen). Uppfylls dessa konstateras att spridning sker genom strålning till den angränsande bilens klädsel inne i kupén eller genom läckande bränsle. Båda dessa fenomen bedöms ske efter ca 15 minuter i studerade försök och baseras bland annat på en infallande strålning på 20–30 kW/m² alternativt att bilens bränsletank i stål går sönder. I studerade test sammanföll dessa tider. Rapporten anser sedan att sannolikheten för antändning av en tredje bil är extremt liten och designbranden baseras alltså på 2 fordon som antänds med 15 minuters skillnad.

Utifrån dessa kriterier toppas effektutvecklingen på knappa 2,5 MW. Den totala energimängden i fordonen uppskattas till 5 GJ och brandförloppet förväntas pågå ca 50 minuter.

I artikeln [37] som fokuserar på nya fordon konstateras att brandens toppeffekt drivs av fordonets ingående plastmaterial och batteriet inte är den huvudsakliga orsaken till brandens toppeffekt. I fullskaleförsök studeras infallande strålning på angränsande fordon vilken här istället stabiliserar sig på 68 kW/m² i mer än 180 sekunder. I artikeln konstateras också att den infallande strålningen på angränsande fordon överstiger det värde då antändning kan ske varpå antändning av angränsande fordon anses troligt.

I artikeln [38] som också fokuserar på nyare fordon konstateras att ingen markant skillnad kan ses mellan toppeffekten på fordon med förbränningsmotor samt batterifordon. Däremot förväntas toppeffekten från ett brinnande fordon markant överstiga i litteratur tidigare rekommenderad värden för bränder i fordon.

Ytterligare en rapport som tydliggör detta är [39] där det konstateras att fullskaleförsök visar att en brand lätt kan sprida sig till angränsande fordon när den överstiger tillräckligt stor effektutveckling och att om flera fordon brinner samtidigt kan en brand även sprida sig förbi



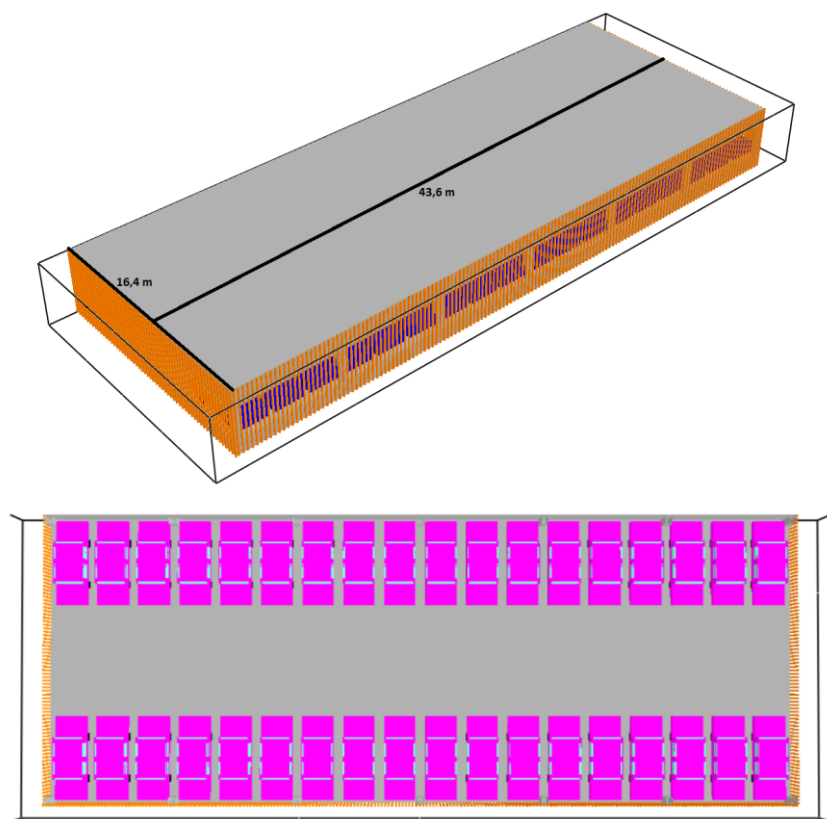
en tom parkeringsplats. I genomförda försök (max 4 fordon per försök) mättes även effektutvecklingar över 16 MW och temperaturer i taket ovanför fordon som brinner översteg 1100 °C i samtliga test. Som tillägg till resonemanget om hur lätt fordonsbränder sprider sig konstateras dock att brandförloppen ser väldigt olika ut beroende på var i fordonet branden startar och kan många gånger också självslockna. Vid ett långsamt brandförlopp kan det då ta relativt lång tid tills branden sprider sig till angränsande fordon men att när väl branden når tillräckligt stor effekt kan spridning mellan fordon gå fort.

6. Beräkningsresultat

Simuleringar av brandspridning samt brändernas påverkan på byggnadens stomme har genomförts för att identifiera tendenser till förändring i risknivå i och med fordonets förändring över tid. Beräkningar har genomförts i två steg där brandspridningssimulering först har genomförts inom ramen för ett examensarbete [40]. I ett andra steg har värmeinträngningsberäkningar baserade på genomförda brandsimuleringar genomförts av Briab/LTU.

6.1. Brandspridningssimuleringar

Brandspridningssimuleringar har utförts med Fire Dynamic Simulator (FDS) [41] för att studera brandspridning och temperaturutveckling ovan parkeringsraderna i ett halvplan vilket utgör del av ett öppet parkeringshus (långsidor endast täckta av ribbor ca 60 % öppenhet). Fordon placerades i två parkeringsrader och öppningar var försedda med ribbor, se Figur 3.

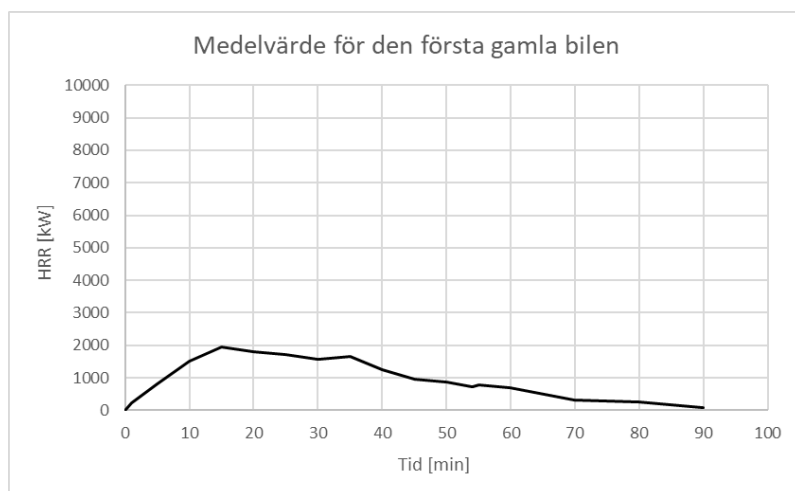


Figur 3. Simuleringarnas geometri för halvplan i öppet parkeringshus.

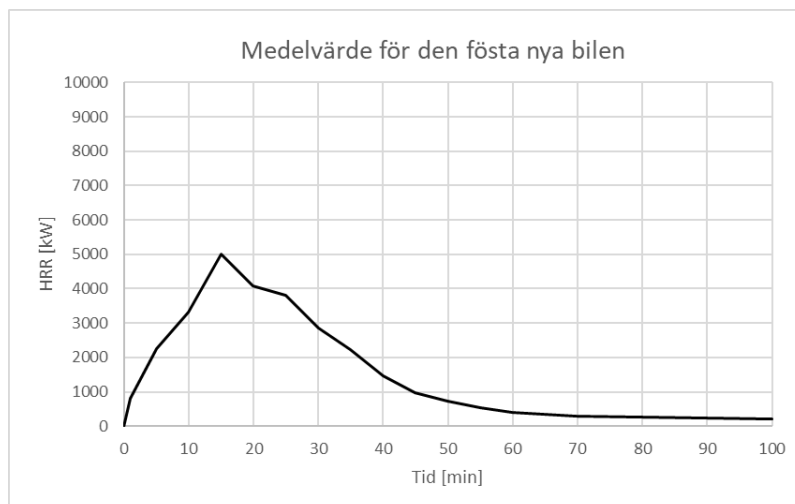
De simuleringar som har genomförts redovisas nedan i begränsad omfattning för kontextens skull. För att erhålla mer detaljer kring simuleringar hänvisas läsaren till examensarbetet [40] där dessa presenteras i sin helhet.

6.1.1. Förutsättningar

En litteraturstudie utfördes som del av examensarbete [40] för att erhålla karaktäristiska skillnader mellan fordon från olika tidsepoker, gamla (1970-1990) respektive nya (1990-2020). De huvudsakliga karaktärsdragen som studerats är bland annat effektutvecklingskurvor från brandtester vilka använts som indata för brand i respektive fordonstyp. I Figur 4 och Figur 5 ses indata för effektutveckling för ett gammalt och respektive nytt fordon.



Figur 4 Karaktäristisk effektutveckling för äldre fordon (1970-1990) [40]



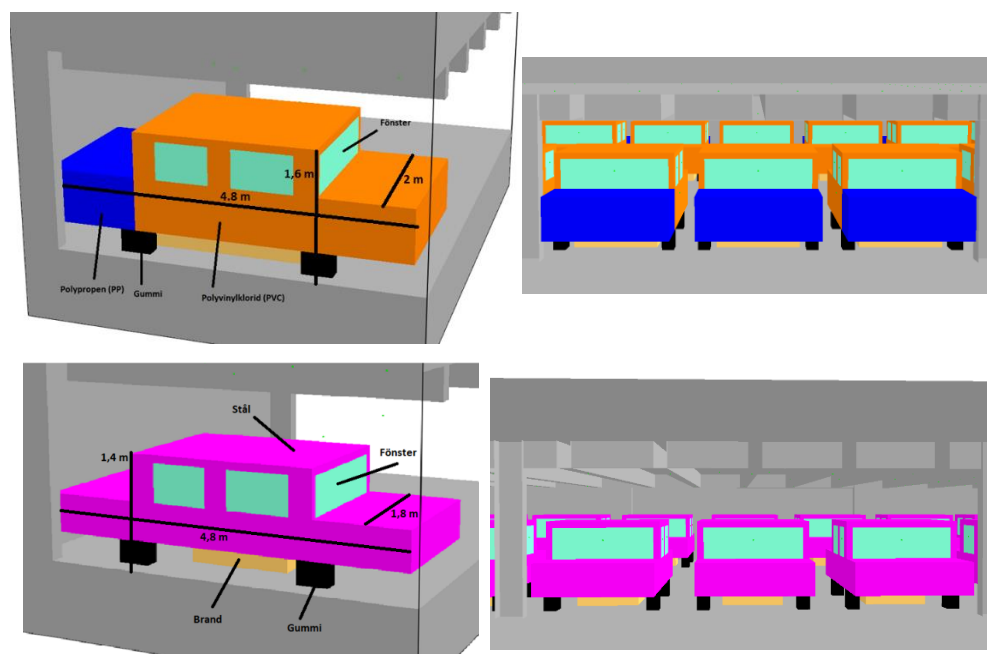
Figur 5 Karaktäristisk effektutveckling för nyare fordon (1990-2020) [40].

Viktigt att poängtera här är att valda effektutvecklingskurvor för simuleringarna utgör medelvärdeskurvor från en större mängd brandtester. Detta då beräkningarnas syfte är att kvantifiera generella skillnader över tid och inte ta fram ett dimensionerande scenario som i

stället vanligen tillämpar en övre fraktil eller det högsta värdet ifrån studerad datamängd för att erhålla en säkerhetsmarginal relativt osäkerheter i studerat scenario.

Effektutvecklingen korrigerades till att ha en högre tillväxthastighet för de fordon vilka förväntas antändas av ett angränsande fordon, dvs inte fordonet där branden startar. Detta då värmen från närliggande fordon medför att effektutvecklingen kommer att skilja sig mot ett fordon där det tillskottet ej är närvarande. Detta innebär att varje fordon utgör en egen brandkälla, men endast ett fordon initieras vid simuleringens start (centralt i inre parkeringsrad mot slutet vägg, se Figur 3). Resterande fordon utöver startbranden är försedda med mätpunkter för bl.a. infallande värmestrålning, vars placeringar är beroende av karaktärsdragen för fordonets tidsepok. Detta är exempelvis mängden brännbar kaross på nyare fordon. Då kritisk nivå för infallande värmestrålning eller totalvärmeflöde uppnås initieras brandkällan och branden anses ha spridit sig till fordonet.

Utöver det brandtekniska aspekterna av brandspridningen så har även storleken och avståndet mellan parkeringsplatserna studerats i relation till den storleksökning av fordon som har skett. Höjd- och breddskillanden på fordon visas i Figur 6.



Figur 6. Geometrisk utförande för gamla (nedre del av bild) och nya fordon (övre del av bild) i simuleringarna.

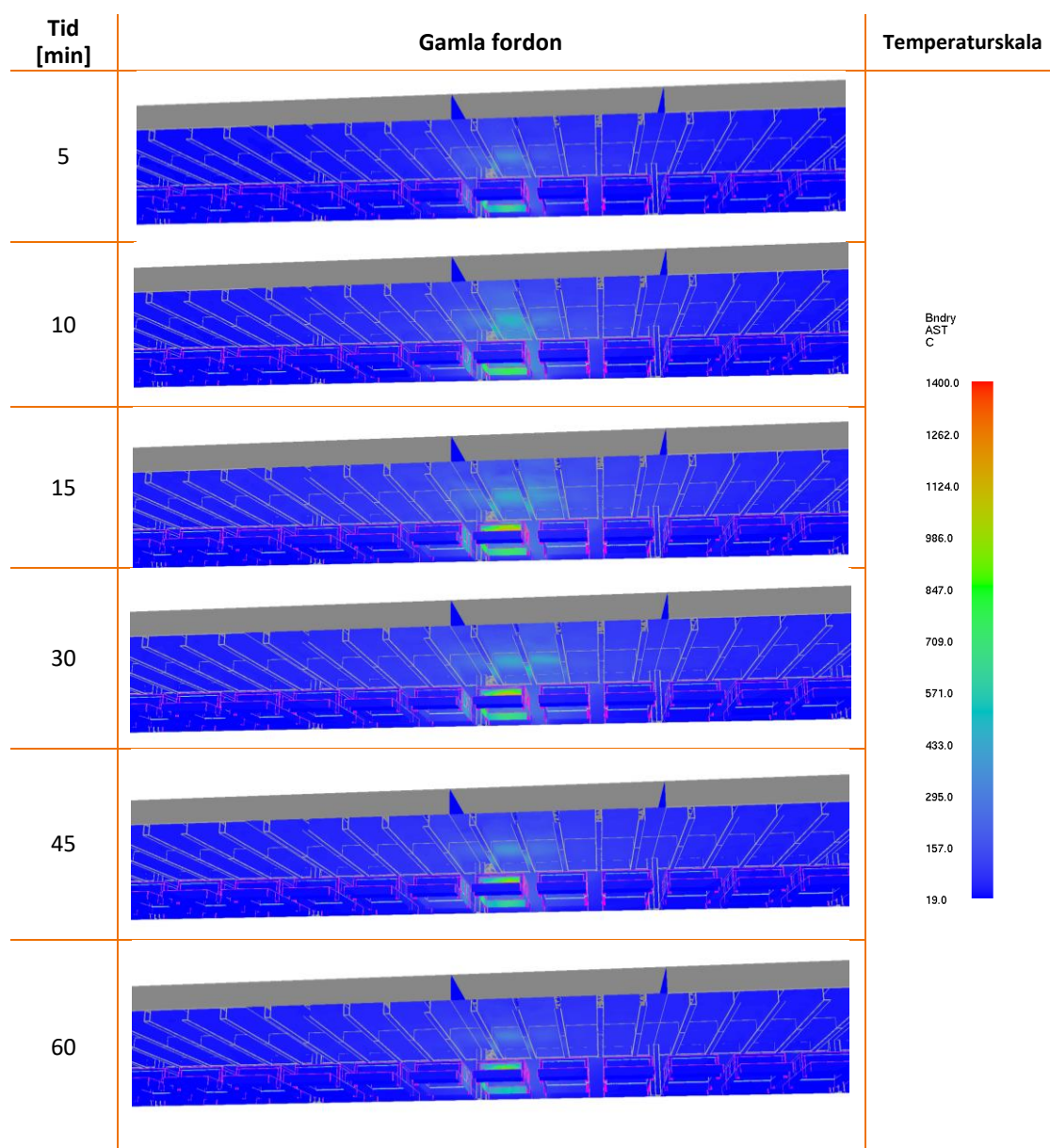
Simuleringarna är utförda med två grunduppställningar där samma geometriska utförande på byggnaden nyttjats, men där ena uppställningen har nya fordon och andra har gamla fordon, d.v.s. ingen blandning mellan nya och gamla fordon har studerats.

Känslighetsanalyser har utförts avseende bl.a. vind och lutning för att studera dess påverkan på brandspridning och temperaturpåverkan branden har på dess omgivning.

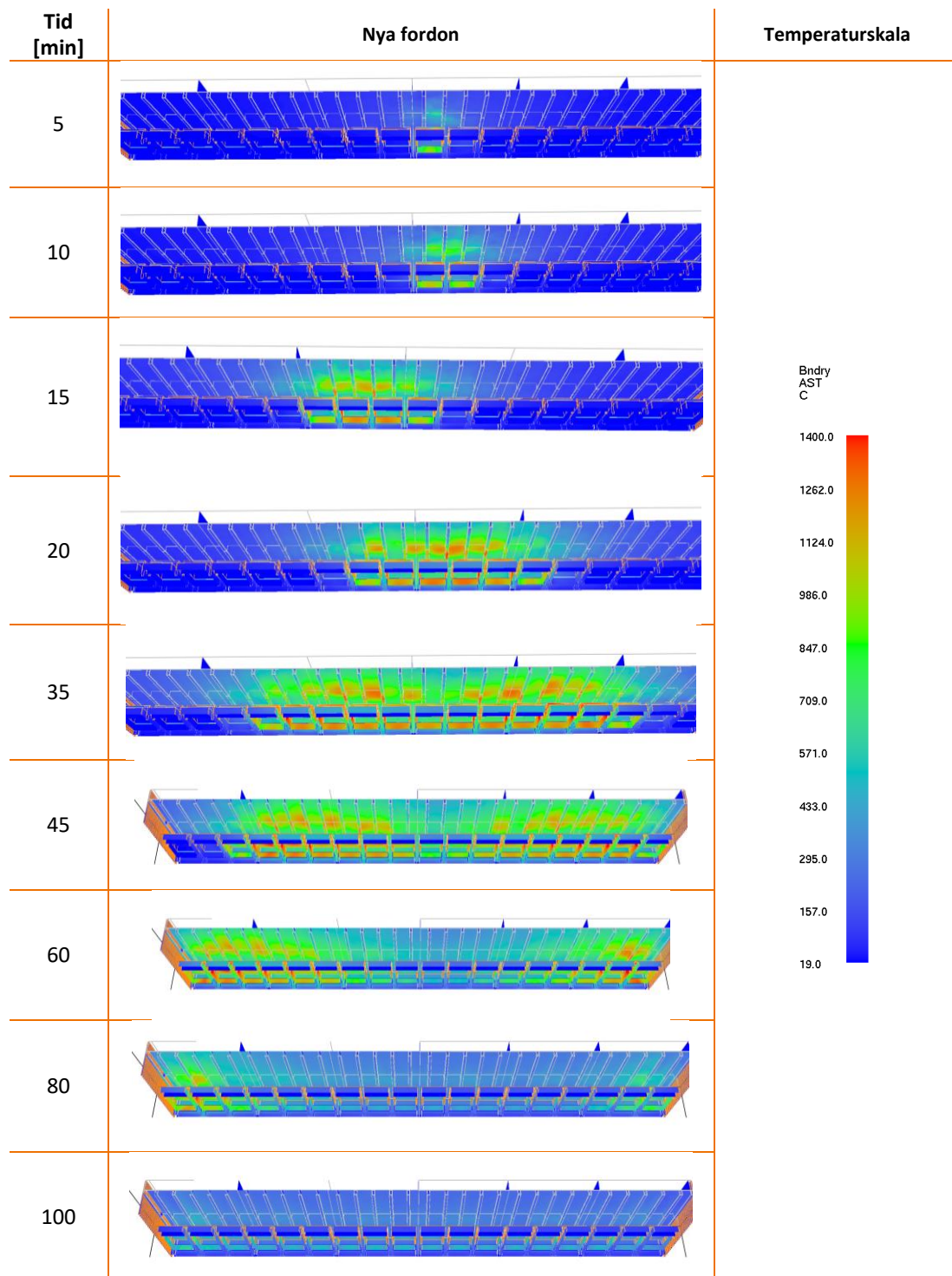
6.1.2. Resultat

Adiabatiska yttemperaturer (AST), maximal yttemperatur givet värmeflöde från konvektion och värmestrålning, på geometrin i simuleringarna används för att illustrera brandspridningen. Brandspridning för gamla respektive nya fordon illustreras i vy bakom parkeringsrad mot stängd betongvägg fast med inre vägg bortskalad i Tabell 2 och Tabell 3.

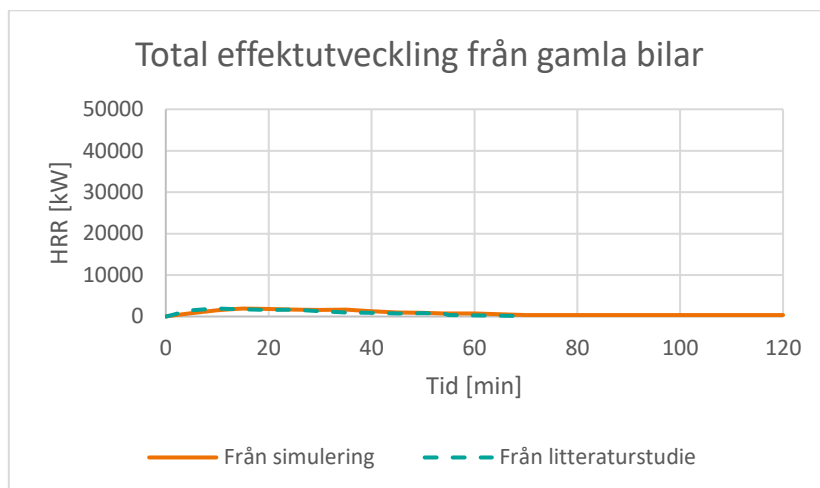
Tabell 2 Övergripande illustration av brandspridning i parkeringshus med gamla fordon



Tabell 3 Övergripande illustration av brandspridning i parkeringshus med nya fordon

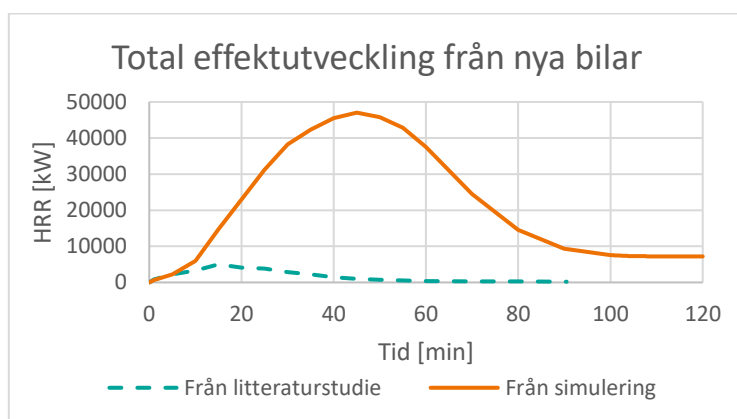


Vid simuleringen med gamla fordon så sker ingen brandspridning från starfordonet och endast en mindre lokal brand från det enskilda fordonet ses. Total effektutveckling från simuleringen med startfordon som referens ses i Figur 7 nedan.



Figur 7 Total effektutveckling från simulering med gamla fordon [40]

Ser man på temperaturfördelning från simuleringen med nya fordon kan man se att denna istället ger upphov till en "vandrande brand" (travelling fire) åt respektive sida från startbranden. Fordon nära den initiala branden antänds och sprider branden vidare för att sedan avta allt eftersom effektutvecklingen i den initiala branden avtar. Total effektutveckling från simuleringen med startfordonet som referens ses i Figur 8 nedan.

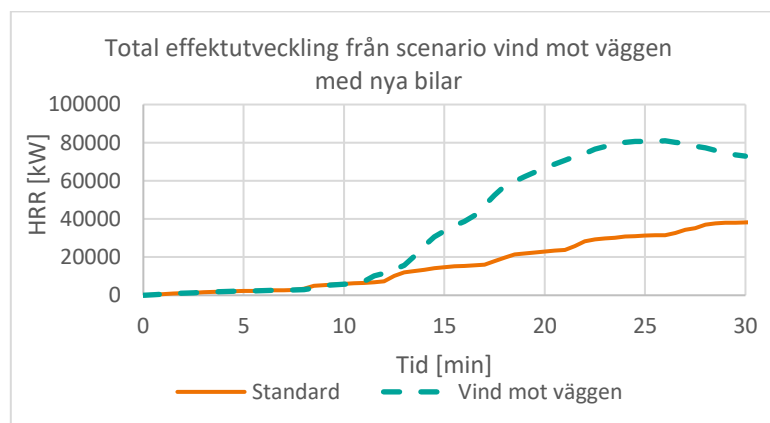


Figur 8. Total effektutveckling från simulering med nya fordon [40].

Man kan också se att efter ca 35 minuter, då den initiala brandens effektutveckling nästan är halvvägs genom sin avsvalningsfas, så är det ca 8-10 fordon som brinner samtidigt och ger upphov till brandpåverkan på takkonstruktionen. Vid 45 minuter har den mer sammanhängande branden delat upp sig och agerar mer som två lokala bränder som på var sida om den initiala branden och rör sig mot respektive kortsida.

Denna skillnad i brandspridning och brandpåverkan på konstruktioner är tydligt märkbar mellan de båda fallen med gamla respektive nya fordon. Värt att poängtera är att antaganden om att öppet garage kan motverka brandspridning som verkar ha varit fallet för äldre fordon, inte kan konstateras för nya fordon. Vidare så har brandspridning till parkeringsrad på andra sidan centralt körfält ej skett. Öppenheten i kombination med avståndet bedöms vara en bidragande orsak. I relation till denna observation ska de nämnas att detta är ett enskilt fall och variationer i simuleringsuppställningen kan påverka utfallet. Tendensen sammantaget alla förändringar som identifierats mellan gamla och nya fordon är att ett öppet garage inte självfallet eliminerar risken för brandspridning till ett fåtal fordon.

En känslighetsanalys som bör lyftas fram i relation till öppet garage är att vid ogynnsamma vindförutsättningar kan brandspridningen förändras mycket kraftigt för nya fordon, se Figur 9.



Figur 9. Effektutveckling för nya fordon med vind mot långsidan av halvplanet [40]

I känslighetsanalysen ses att vinden i simulerat fall motverkar att brandgaserna ventileras genom långsidan och skapar också ett förstärkt luftflöde längs med parkeringsraden. Detta medför att värme sprids snabbare vilket i sin tur ökar hastigheten på brandspridningen mellan fordonen.

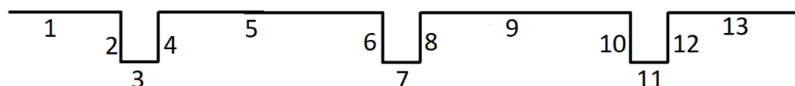
Liknande tendenser ses även där lutande halvplan har studerats i examensarbetet [40]. Lutningen medför att flammorna från fordonets fönster lutar uppför lutning och således hamnar närmre ovanliggande fordon, men längre ifrån fordonet nedanför i lutningens riktning. Ökad brandspridning ses varpå effekten på brandspridningen av de närmre flammorna uppför lutningen är större än nerför lutningen.

Variation i öppningsgraden har även studerats, men ingen större skillnad i brandspridning sågs i detta fall. Detta relateras till att öppningsgraden ansågs vara hög (ca 66 %) med ett typiskt utförande med träribbor och variationen med sänkt öppningsgrad (ca 50 %) även kan ses som hög i relation till ECCS:s rekommendation i [36] (bl.a. lägst 30%). Effekter som påverkar luftgenomströmningen/brandgasventilationen i öppna garage ska därav ej föringras.

6.2. Värmeinträngningsberäkningar

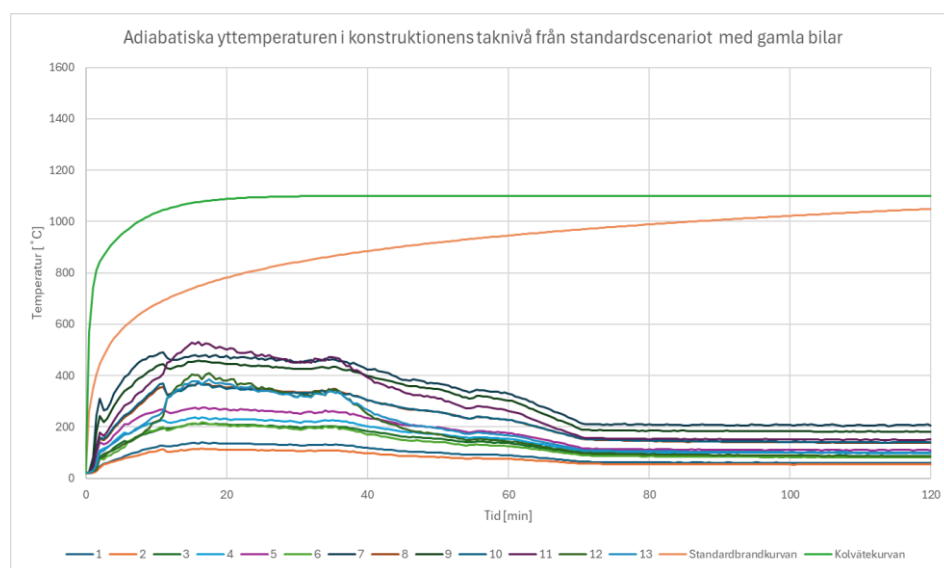
6.2.1. Brandpåverkan ifrån brandspridningssimuleringar

I brandspridningssimuleringarna med gamla och nya fordon ses olika typer av brandpåverkan på takkonstruktionen. Brandpåverkan på takkonstruktionen är lokal och stationär över startbranden i simulering med gamla fordon. Lokal brandpåverkan ses också initialt med nya fordon, men är ej stationär utan rör sig utmed parkeringsraden via brandspridning mellan fordonen mot respektive kortsida. För att erhålla jämförbara resultat studeras brandpåverkan i en taksektion över de 3 första fordonen i mittlinjen på parkeringsraden i parkeringshuset i respektive scenario. Punkter för beräkning av adiabatisk ytemperatur (AST) placerade centralt på de 13 ytorna nedan och användes som indata i värmeinträngningsberäkningarna, se Figur 10.

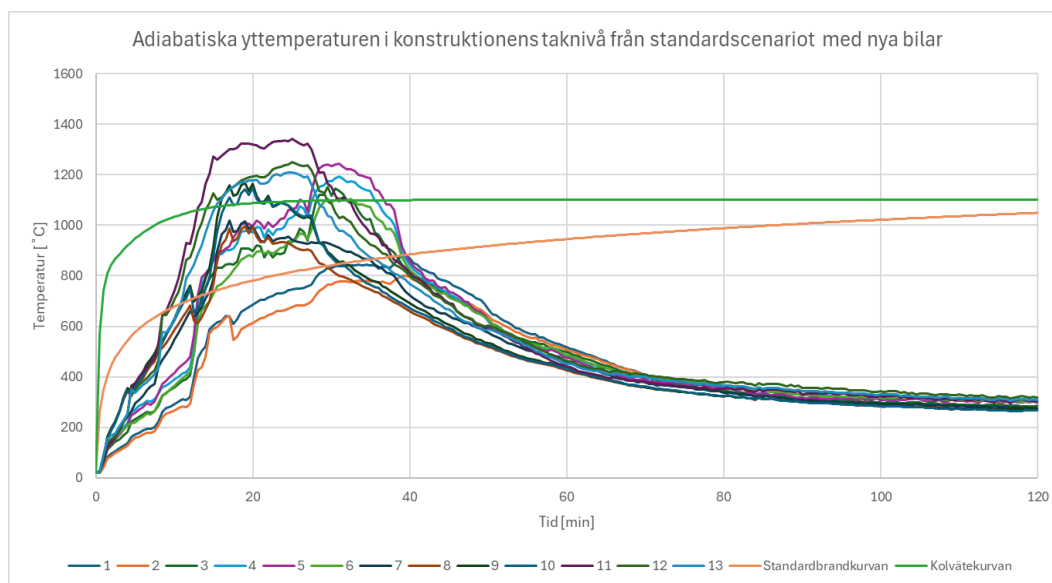


Figur 10 Taksektion ovan startbranden och de två närliggande fordonen till höger och vänster. Siffror representerar de ytor med central mätpunkt för AST [40].

Startfordonet är något förskjutet åt höger mot fack benämnt "9". Temperatur-tidkurvorna för respektive yta har sedan applicerats på ovanliggande bjälklag för att beräkna värmeinträngningen in i takkonstruktionen ovanför. Temperaturkurva för nya respektive gamla fordon ses i Figur 11 och Figur 12.



Figur 11. Temperatur-tidkurvor för brandpåverkan från gamla fordon.



Figur 12. Temperatur-tidkurvor för brandpåverkan från nya fordon.

6.2.2. Explosiv spjälkning

För brandpåverkan för fallet med nya fordon ses att temperaturer i vissa punkter en period initialt är både högre än standardbrandkurvan och kolvätekurvan. I relation till explosiv spjälkning, vilket skulle leda till förlust av skyddande betonglager, kan en högre temperatur påverka risken för spjälkning, men det är även av vikt vilken temperaturgradient som ses initialt. Ser man till tillväxtfasen är temperaturgradienten initialt lägre för brandpåverkan på nya fordon relativt gamla fordon. Detta innebär att simulerad bränder har både en positiv och en negativ effekt. En kraftigare gradient initialt innebär att risken för explosiv spjälkning skulle var högre tidigare i brandförloppet. Detta är inte fallet för brandpåverkan på nya fordon. En explosiv spjälkning initialt skulle innebära exponerad armering mycket tidigare och således en tidigare kollaps. Baserat på detta är troligtvis den senare högre temperaturtoppen av sekundär art relativt en kraftig initial gradient.

Studerar man detta vidare i Betongföreningens rekommendationer [42] så är det fler egenskaper som påverkar risken för explosiv spjälkning. Dessa är mer kopplade till geometrin på betongelementet och dess inneboende egenskaper, exempelvis fukthalt eller vatten-cement-tal (vct) [42]. Detta är egenskaper som ej är kopplade till brandförloppet och således kan risken för explosiv spjälkning vara hög oavsett brandförlopp. Det anges även att en spjälkningsbenägen betong kommer att spjälka oavsett brandförlopp och att det bara blir en fråga om när.

Om förutsättningar för kraftig gradient i tillväxtfasen eller ogynnsam geometri i kombination med inneboende egenskaper hos betongelementet föreligger kan en vanlig lösning vara inblandning av polypropylen fiber [42], [43], i betongen för att motverka spjälkning.

6.2.3. Beräkningsfall

Betongbjälklag studeras huvudsakligen i detta projekt då detta är materialet som nyttjats för omslutande geometri (undantaget balkarna) i brandspridningssimuleringarna [40]. Träbjälklag och balkar har även studerats översiktligt då vissa parkeringshus nu byggs med detta material. I beräkningarna med trä har materialegenskaper för massiva träkonstruktioner använts.

Temperaturer på djupet för armering i underkant på balkar och i facken har studerat för jämförelse mellan nya och gamla fordon, då detta är den avgörande faktorn för bärförmågan av betong vid brand. Sex beräkningsfall studeras där värmeinträngning i tvärsnitt utfört i betong respektive trä utvärderas baserat på påverkan av de två naturliga brandförloppen med nya och gamla fordon. Standardbrandkurvan [44] används även som referensnivå för dimensionerande brandpåverkan som vanligen används. Modellgeometri för värmeinträngningsberäkningar ses i Figur 13.



Figur 13 Modellgeometri för värmeinträngningsberäkningar

Dimensionerna på bjälklagssektionen är 4200x200 mm och underliggande balkar är 200x400 mm.

6.2.4. Beräkningsförutsättningar

Beräkningskoden SAFIR [45] och preprocessorn gmSafir [46] har legat till grund för beräkningarna som utförts, där den grundläggande lösningsmetodiken för värmekvationen är finita elementmetoden (FEM). FEM är en numerisk metod för approximativ lösning av partiella differentialekvationer och integralekvationer. Analysen genomförs som en 2D analys med hjälp av modeller av tvärsektion för att simulera värmeledningen genom konstruktionsdel.

Nedan listas de dimensionerande förutsättningar och antaganden som legat till grund för aktuella FEM-beräkningar:

- Värmeledningsberäkningarna utförs med en tvådimensionell modell då bjälklag är symmetriskt i tvärs- och längsgående riktning i relation till ribborna.
- Mesh på beräkningsdomänen väljs till att utgöras av kvadratiska element med sida om 3,125 mm. Olika storlekar har även studerats för att säkerställa att resultaten att oberoende av meshstorleken till adekvat nivå.

- Brandpåverkan appliceras som randvillkor genom adiabatiska yttemperaturer från mätpunkter i CFD-simuleringar.
- Materialegenskaper för betong och trä (värmekonduktivitet, densitet och specifik värmekapacitet) är i beräkningen temperaturberoende. Temperaturberoendet hämtas ifrån Eurocode 2 [43] respektive Eurocode 5 [47].
- Armering appliceras ej i simuleringarna utan armering och betong antas likvärdiga temperaturer på studerade djup.

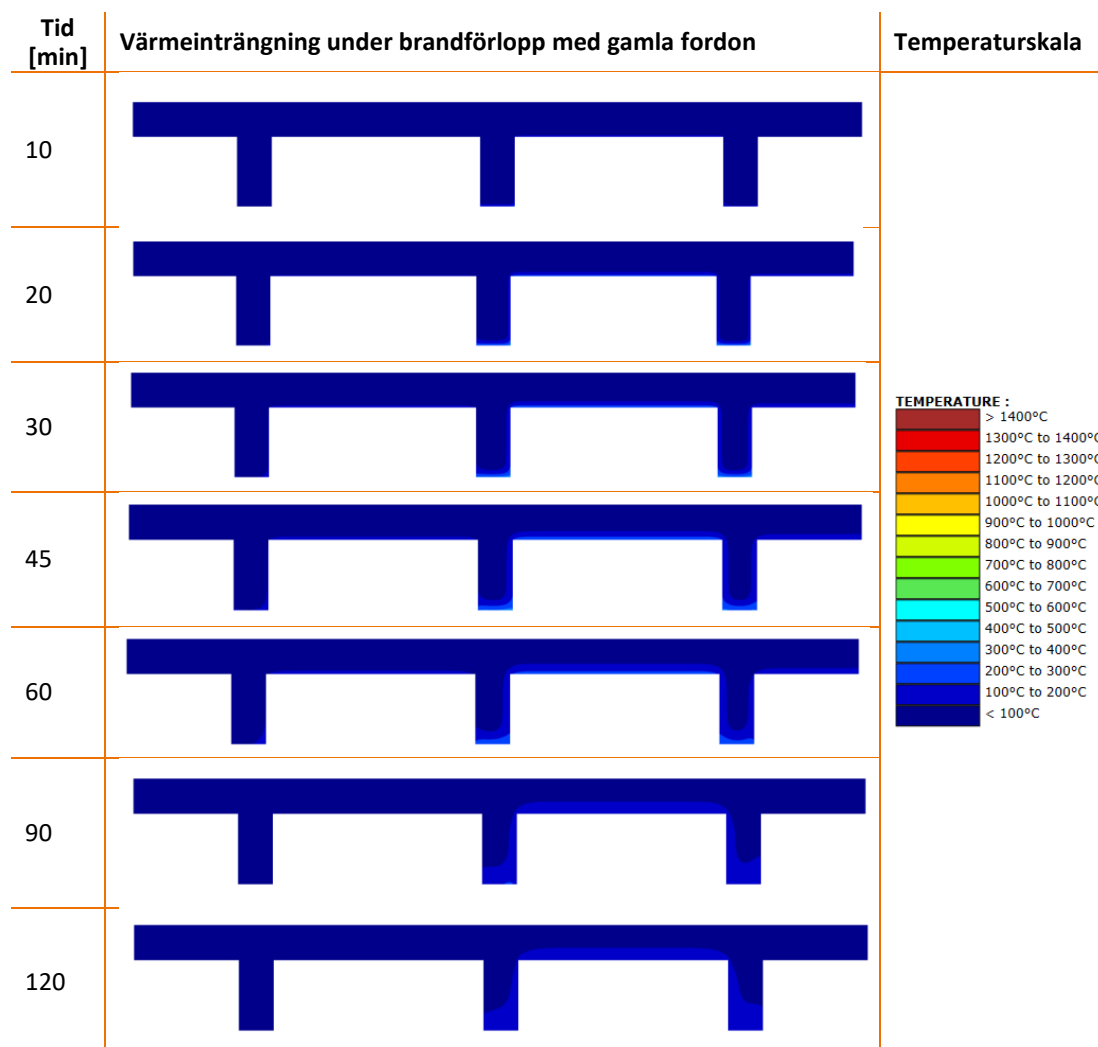
6.2.5. Resultat

I detta avsnitt redogörs för resultatet ifrån värmeinträngningsberäkningar.

Betongbjälklag

I Tabell 4 ses översiktlig värmeinträngning i betongtvärsnitt med brandpåverkan från gamla fordon.

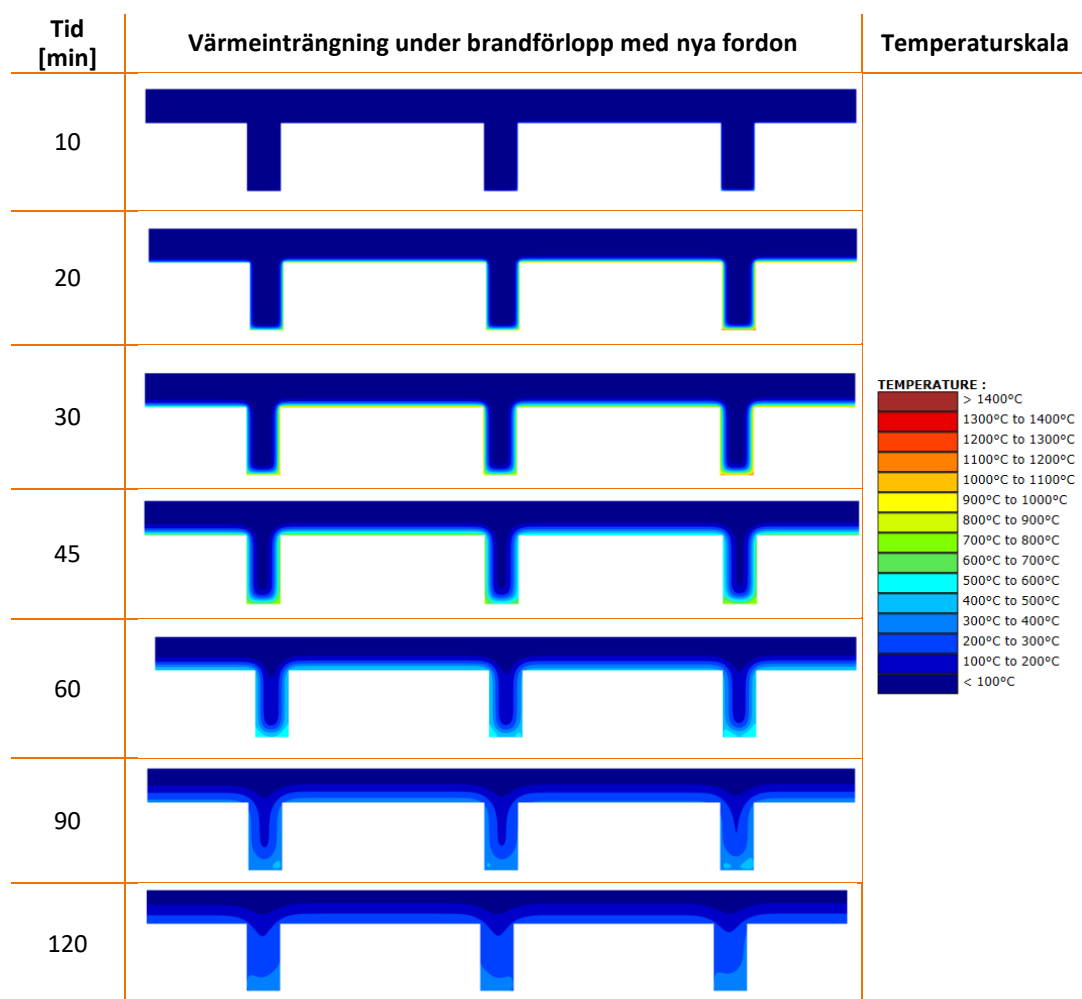
Tabell 4. Översiktlig värmeinträngning i betongtvärsnitt med brandpåverkan ifrån gamla fordon



Värmeinträngningen för det naturliga brandförloppet med brandpåverkan från gamla fordon påvisar marginell effekt i yttersta delarna av betongbjälklaget då temperaturer om ca 200-300 °C. Den marginella brandpåverkan är stationärt placerad i det högra facket över startfordonet.

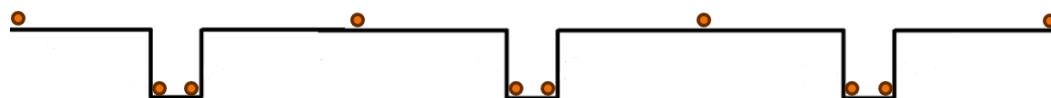
I Tabell 5 ses översiktlig värmeinträngning i betongtvärsnitt med brandpåverkan från nya fordon.

Tabell 5. Översiktlig värmeinträngning i betongtvärsnitt med brandpåverkan ifrån nya fordon



En intensivare brandpåverkan från nya fordon med den vandrande branden kan ses initialt under de första 30 minuterna, för att sedan förflytta sig åt varsitt håll vid 45 minuter. Vidare ser man att brandpåverkan avtar då branden förflyttat sig. Intressant nog ser man även att mot slutet av beräkningarna har värmen ändå fortsatt vidare in i materialet som följd av att en temperaturgradient kvarstått i materialet även om branden avtagit kraftigt under konstruktionen.

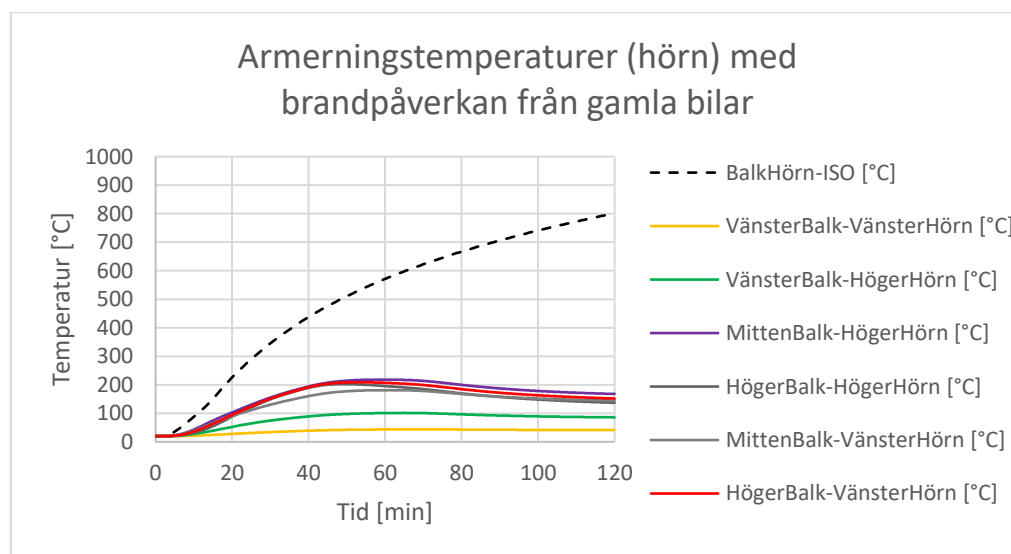
Armeringstemperaturer beräknas centralt i facken och i respektive nederhörn på balkarna, se principskiss i Figur 14.



Figur 14. Principskiss över beräkningspunkter för armeringstemperatur i orange.

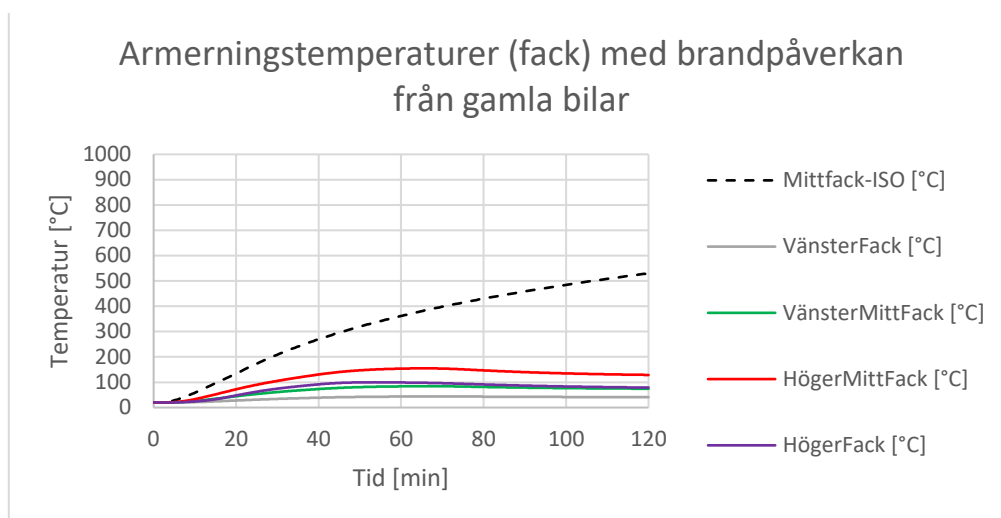
Armeringsdjup varierar med hänsyn till bland annat brandteknisk klass och typ av betongelement. Studerar man förenklade dimensioneringsmetoder i Eurocode 2 kan armeringsdjupet variera i storleksordningen 25-45 mm (c-c mått) med hänsyn till brandteknisk klass R60-R90 [43]. Armeringsdjup om 35 mm väljs som referenspunkt för mätning av armeringstemperaturer, för att beakta fall där exponeringsklassen, dvs klass som relateras till korrosionsrisk [48], kan utgöra dimensionerande djup framför brandklassen.

Nedan studeras armeringstemperaturer i respektive nedre hörn, Figur 15, av balkarna samt för facken, Figur 16, för brandpåverkan ifrån gamla fordon.



Figur 15. Armeringstemperaturer efter brandpåverkan från gamla fordon för armering underkant av balkar.

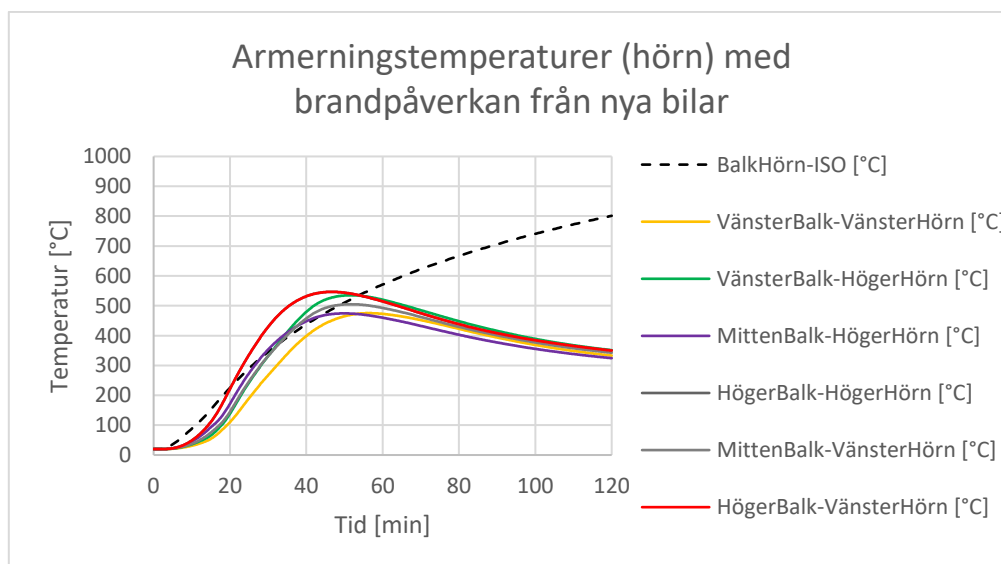
I Figur 15 ses att den maximala temperaturen blir ca 200 °C vilket i relation till brandpåverkan från standardbrandkurvan, benämnd ISO i Figur 15, som ger en temperatur om 550 °C vid samma tidpunkt, men en maximal temperatur om ca 800 °C.



Figur 16. Armeringstemperaturer efter brandpåverkan från gamla fordon för armering i bjälklagsfack.

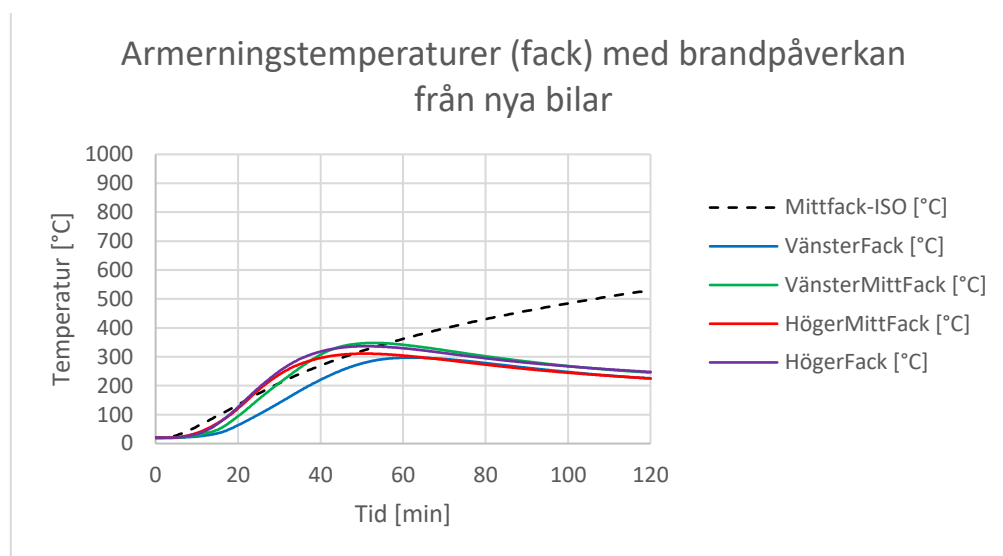
I Figur 16 ses att den maximala temperaturen blir ca 150 °C vilket i relation till brandpåverkan från standardbrandkurvan, benämnd ISO i Figur 16, som ger en temperatur om 350 °C vid samma tidpunkt, men en maximal temperatur om ca 525 °C.

Nedan studeras armeringstemperaturer i respektive nedre hörn, Figur 17, av balkarna samt för facken, Figur 18, för brandpåverkan från nya fordon.



Figur 17. Armeringstemperaturer efter brandpåverkan från nya fordon för armering i underkant av balkar.

I Figur 17 ses att den maximala temperaturen blir 550 °C, vilket i relation till brandpåverkan från standardbrandkurvan, benämnd ISO i Figur 17, som ger en temperatur om 450 °C vid samma tidpunkt, men en maximal temperatur om ca 800 °C.



Figur 18. Armeringstemperaturer efter brandpåverkan från nya fordon för armering i bjälklagsfack.

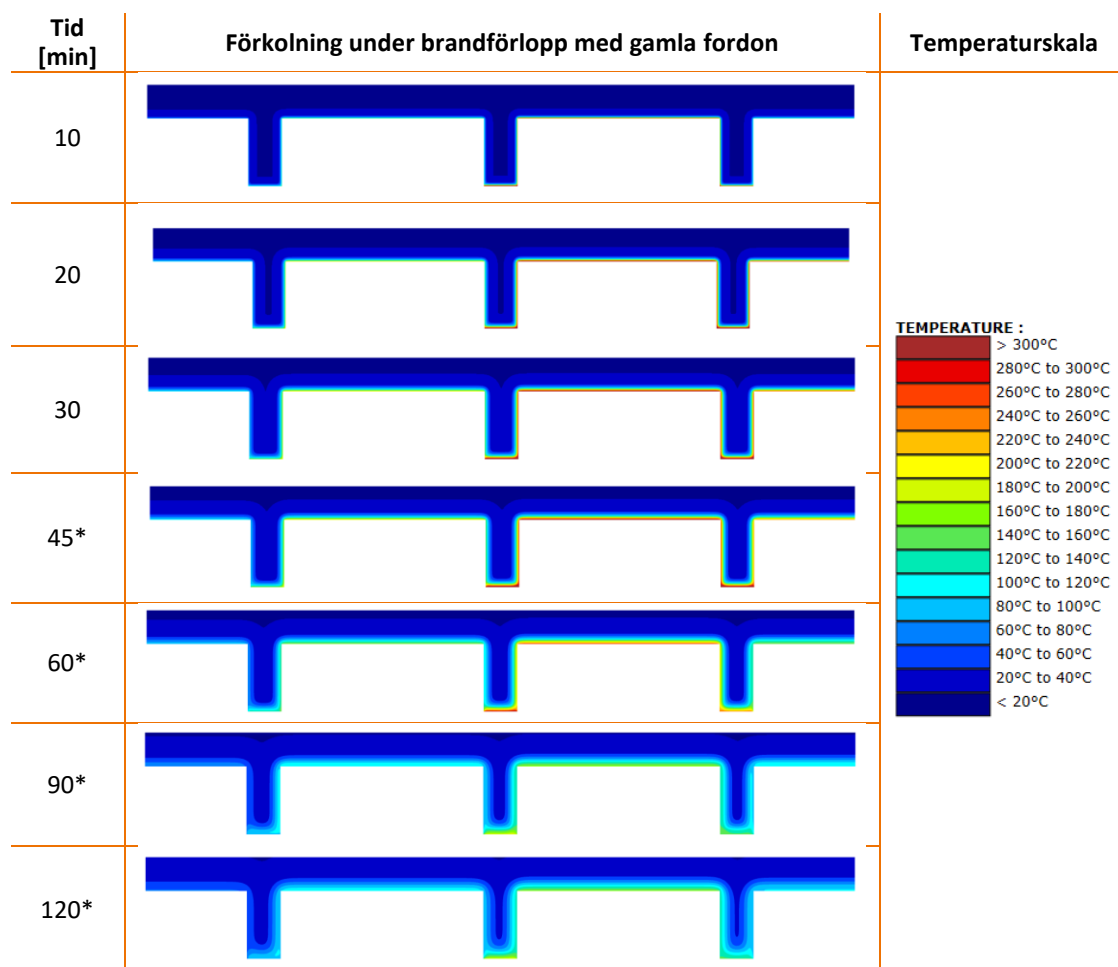
I Figur 18 ses att den maximala temperaturen blir 350 °C vilket i relation till brandpåverkan från standardbrandkurvan som ger en temperatur om 325 °C vid samma tidpunkt, men en maximal temperatur om ca 525 °C.

I Figur 15, Figur 16, Figur 17 och Figur 18 ses en variationer av armeringstemperaturer vilket kan relateras till hur brandpåverkan är lokal och inte har större påverkan längre bort från startbranden för gamla fordon samt att brandpåverkan förflyttar sig för nya fordon. För gamla fordon är skillnaden sekundär då temperaturerna är så pass låga att armeringens bärförmåga är nästintill opåverkad i relation till reduktionsvärden för mekaniska egenskaper tabell 5.3 i Eurocode [43]. Ser man till brandpåverkan från de nya fordonen är skillnaden mer koncentrerad runt temperaturerna som uppnås vid brandpåverkan från standardbrand med både högre och lägre värden. Utifrån detta ses att brandpåverkan på armeringen som vanligtvis används för dimensionering, standardiserad brandpåverkan, erhålles ovan startbilen även för nya fordon under de första 60 minuterna. Detta kan inte ses som generellt för alla nya fordon, men det är en indikation på att den *inbyggda säkerhetsmarginal* som brandpåverkan från standardbrand innebär, relativt äldre fordon, kan ha reducerats över tid.

Träbjälklag

Trä börjar pyrolysera vid 100-200 °C och förkolna vid 300 °C [49]. Baserat på temperaturgränsvärden för förkolning nyttjas detta för kvalitativ jämförelse av förkolningsskiktet så länge som brandpåverkan medför en högre temperatur än 300 °C. Detta är endast en proxy för förkolningen i beräkningarna, varpå det i en situation med en lägre temperatur, till exempel avsvlningsfasen på brandförloppen, inte går att spåra förkolningsskiktet. Detta eftersom värmeflödet ej enbart kommer gå inåt i tvärsnittet, och således innebär att temperaturgränssnittet kan flytta sig utåt och således indikera att träet "oförkolnas". Detta gör att gränsskiktet blir svårt att förutsäga med metoden som utgår ifrån 300 °C. Resultat i avsvlningsfasen ses därav som perifera. I Tabell 6 nedan ses en övergripande illustration av förkolningen i tvärsnittet över hela bjälklaget med brandpåverkan från gamla fordon.

Tabell 6. Övergripande illustration av förkolning i trätvärsnitt med brandpåverkan ifrån gamla fordon

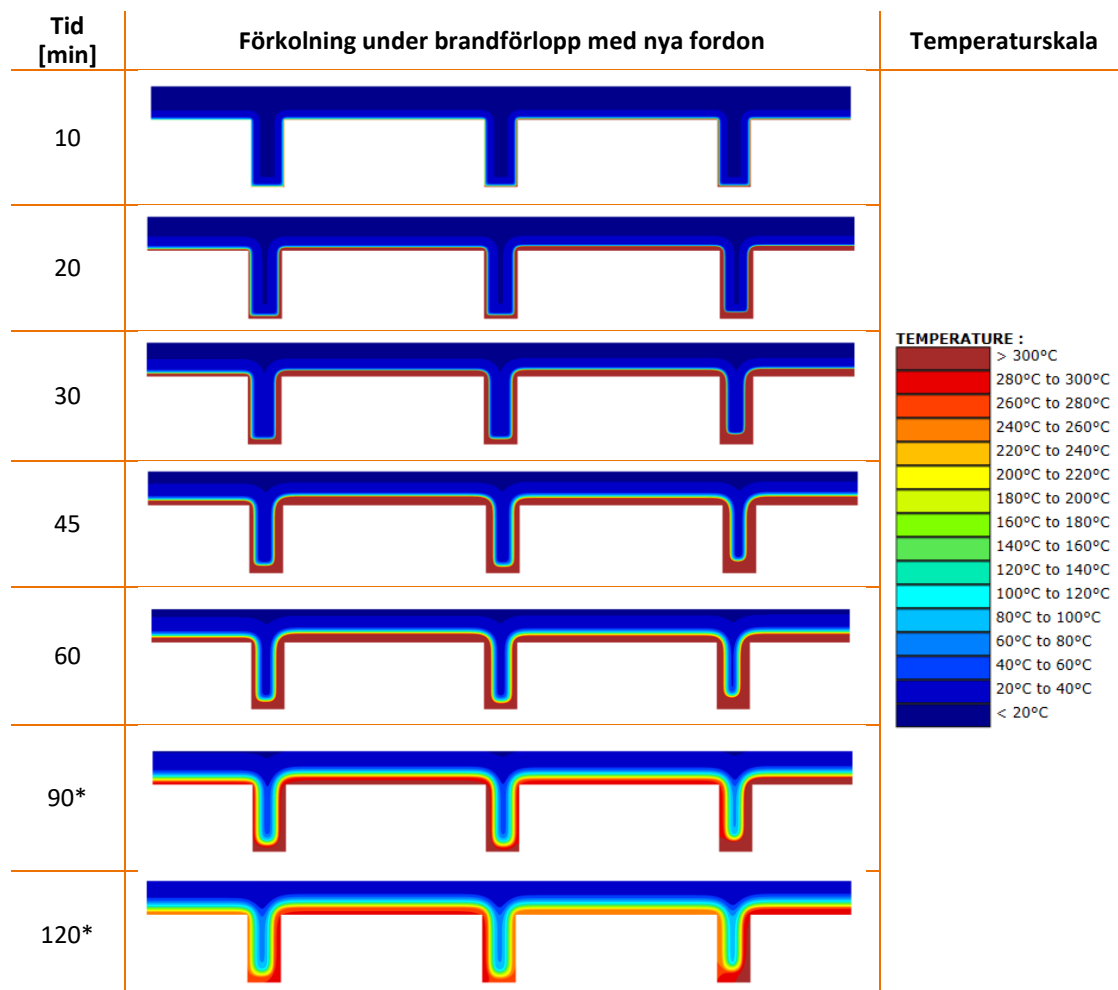


*Avsvlningsfas

I figurerna i Tabell 6 ses att det sker en marginell lokal förkolning vid högra facket, men att resterande delar ej är påverkade i högre grad vilket indikerar på en mild förkolning.

I Tabell 7 nedan ses en övergripande illustration av förkolningen i tvärsnittet över hela bjälklaget med brandpåverkan från nya fordon.

Tabell 7. Övergripande illustration av förkolning i trätvärsnitt med brandpåverkan ifrån nya fordon

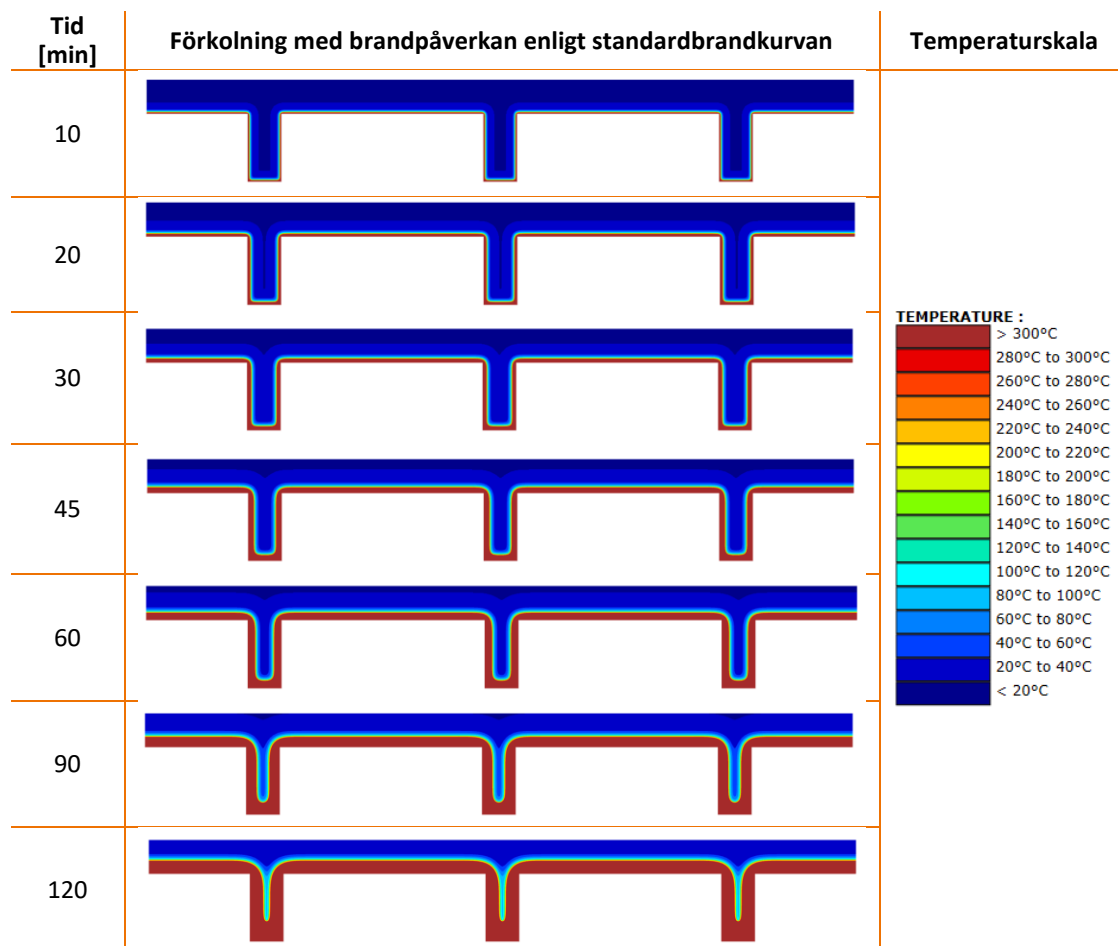


*Avsvlningsfas

I figurerna som syns i Tabell 7 ses att en kraftigare inbränning erhålles. Förkolningen är kraftfullare till höger vilket även ses vid 60 minuter när det högra resttvärsnittet har minst bredd av de tre balkarna.

I Tabell 8 Tabell 6 ses en övergripande illustration av förkolningen i tvärsnittet över hela bjälklaget med brandpåverkan från standardiserad brandkurva.

Tabell 8. Övergripande illustration av förkolning i tvärsnitt med brandpåverkan från standardbrand.



I figurerna som sammanställts i Tabell 8 ses förkolning vid brandpåverkan från standardbrandkurvan, vilken generellt har ett liknande förkolningsdjup som brandpåverkan från nya fordon som ses i Tabell 7 fram till avsvalningsfasen. Man kan dock se en spridning i var inbränningen sker som följd av den heterogena brandpåverkan som det naturliga brandförloppet innebär, men i övrigt är de förhållandevis lika.

Även om förkolningsdjupet är svårt att studera i avsvalningsfasen kan det ändå konstateras att den kvarliggande temperaturgradienten bidrar till att värmeinträngningen fortsätter in i träet. En större värmeinträngning ses i samtliga fall, dock mer prominent för brandpåverkan ifrån naturligt brandförlopp i fallet med nya bilar och för standardbrandkurvan än för äldre bilar. I huvudsak dimensioneras element i trä utifrån resttvärsnitt och eventuell påverkan på de mekaniska egenskaperna beaktas ej innanför förkolning- och pyrolyszon. Det ska dock nämnas att de mekaniska egenskaperna kommer att påverkas vid relativt låga



temperaturökningar (under 100 °C) [49], varpå den fortgående värmeinträngningen kan vara av signifikans. Dessa effekter har även experimentellt visats kunna leda till brott i avsvlningsfasen [50].

En mycket stor osäkerhet i träberäkningarna är att pyrolysgaserna från trämaterialen, som genererar ett värmetillskott vid förbränning, ej beaktas i simuleringar av bränder eller värmeinträngning. Förkolningen och brandförloppet kan därav se annorlunda ut i ett verkligt fall. Därav ska dessa beräkningar i träbjälklag främst ses som illustrationer av lika tendenser som föreligger vid naturliga brandförlopp relativ dimensionering med standardbrandkurvan som brandpåverkan.

7. Diskussion och analys

Utifrån relevant referenslitteratur, analys av byggregler samt genomförda simuleringar och beräkningar diskuteras nedan resultatet. Vi har valt att använda samma struktur och uppdelning som projektet i övrigt trots att vissa diskussioner bygger på varandra.

7.1. Byggreglerna över tid

Utifrån hur brandrisker i parkeringshus och garage beskrivs kopplat till byggregler och handböcker har risken för brandspridning mellan fordon inte ansetts utgöra en påtaglig risk historiskt. Öppna parkeringshus har till och med ansetts utgöra lågrisk-konstruktioner. Viss litteratur tydliggör också att räddningstjänstens förväntas ha en god möjlighet att släcka en brand i ett parkeringshus [36].

Studerar de svenska byggreglerna, som utgör samhällets miniminivå, är dessa i hög utsträckning oförändrade för garage och parkeringshus avseende brandskydd mellan SBN 67 och SHB, en period på över 50 år. Vissa detaljer har förändrats men i det stora så känner vi igen brandskyddet. Garage utgör egen brandcell, inget krav på sprinkler, inte alltid krav på brand- och utrymningslarm och begränsade krav på brandgasventilation.

Vad gäller bärförmåga vid brand och brandbelastning så används idag brännbara stommar i högre utsträckning utan att byggreglerna har tagit höjd för det (förrän med SHB i viss utsträckning). För befintliga garage och parkeringshus med brännbar stomme (avser nyproduktion till år 2026) har inga kompensatoriska åtgärder krävts från byggreglerna. I dessa garage och parkeringshus har vi således en ökad brandbelastning och därmed har riskbilden påverkats negativt.

En ytterligare förändring av risknivån ur brandskyddshänseende som har skett över åren i byggreglerna är att fasader, under vissa förutsättningar, kan vara brännbara. En av dessa förutsättningar som bör tillämpas i vissa fall med brännbar fasad i Br1-byggnader⁶ är att sprinkler installeras, vilket istället har en skyddshöjande effekt generellt. Detta skapar en riskförändring för parkeringshusen. För garage anses detta inte påverka nämnvärt då de oftast är placerade under mark.

7.2. Räddningstjänstens insatser och tillsyner

Räddningstjänsten är samhällets sista utpost om man inte lyckas släcka en brand själv.

Brandskyddet i våra byggnader ska vara skäligt enligt LSO och det är fastighetsägarens och verksamhetsutövarens ansvar att säkerställa [51].

⁶ Br1-byggnad är i princip alla byggnader som är tre våningar eller mer enligt BBR avsnitt 5. [60]

7.2.1. Räddningsinsatser

Eftersom garage och parkeringshus har sett likadana ut under lång tid så innebär det att räddningstjänstens insats inte har förändrats nämnvärt över åren. Arbetsmiljölagen har dock utvecklats med åren och har succesivt ställt högre krav på att hänsyn ska tas till räddningspersonalens säkerhet. Detta har föranlett förändringar taktiskt med förändrad angreppsmetod vilket innebär en ökad säkerhet för räddningstjänsten men också en begränsning av räddningstjänstens förmåga att snabbt ingripa mot bränder i parkeringshus. Det tar idag längre tid att bygga upp säkerhetsorganisationen och räddningstjänsten är mindre benägna att göra rökdykarinsatser där livräddande insatser inte är nödvändiga. Sammantaget så minskar detta räddningstjänstens möjlighet att begränsa och släcka en brand i ett parkeringshus eller ett garage.

På utrustningssidan så har räddningstjänsten idag fler redskap, men för att släcka en brand är det fortsatt vatten som gäller.

I och med att bränderna i garage och parkeringshus har blivit mer omfattande påverkar det direkt räddningstjänstens möjlighet att göra en insats. Vid de stora bränderna [52] [53] [54] [55] som har inträffat kan man konstatera att räddningstjänsten dels haft vissa svårigheter att komma tillräckligt nära bränderna för att vattenbegjuta dem, dels att vattnet i brandpostnätet inte alltid har varit tillräckligt.

7.2.2. Förebyggande

Garage och parkeringshus ingår inte som objekt som räddningstjänsten måste tillsyna enligt MSB:s föreskrifter om hur kommunen ska planera och utföra sin tillsyn [18]. Däremot så kan räddningstjänsten tillsyna fler objekt än de som finns i MSB:s föreskrift och som anges i kapitel 3 så finns det räddningstjänster som dels historiskt har genomfört tillsyn (tidigare brandsyn) på garage och parkeringshus, dels som planerar att göra det framöver. Motiven till varför man vill genomföra tillsyn på vissa garage och parkeringshus varierar.

Långt ifrån alla garage och parkeringshus har över tid blivit tillsynade och långt ifrån alla kommer att bli tillsynade framöver. Det innebär att fastighetsägaren och verksamhetsutövare oftast inte kommer få hjälp att säkerställa att brandskyddet är skäligt. Om det systematiska brandskyddsarbetet genomförs kommer inte heller alltid att kontrolleras av samhället. Det är dock lika viktigt att brandskyddet är skäligt i garage och parkeringshus som för alla andra verksamheter, oberoende av om kontroller görs av räddningstjänst eller ej.

7.3. Fordonets utveckling och bidrag till branden

Referenslitteratur tydliggör att ökningen av fordonens bredd, höjd, mängd brännbart material samt förändringen av var brännbart material är placerat innebär att vi kan förvänta oss en större brand av respektive fordon. Detta innebär i sin tur att risken för brandspridning mellan fordon har ökat. Detta verifieras också via de simuleringar som genomförts.

En ökad brandintensitet och snabbare brandspridning leder i sin tur till att det blir betydligt svårare för räddningstjänsten att göra en släckande insats med risk för mer intensiva bränder och längre brandförlopp då dessa inte kan förväntas brytas lika snabbt och effektivt som för bränder med äldre fordon.

En mycket aktuell fråga är och har varit om nya drivmedel såsom el och väte ytterligare späder på denna negativa utveckling av riskbilden. Här visar referenslitteratur att nya drivmedel inte nödvändigtvis innebär att vi får en ökad toppeffekt vid en brand. En stor orsak till detta är att brandens toppeffekt uppkommer när branden fått fäste i kupén på fordonet och där skiljer sig inte fordon åt mellan olika drivmedel.

Nya drivmedel innebär dock att brandspridningen mellan fordon kan ske på ett annorlunda sätt och viss risk för explosion föreligger för elfordon vid termisk rusning utan antändning eller för vätgasfordon vid läckage av vätgas. Våra garage är i dagsläget inte dimensionerade för explosioner. För elfordon anses denna risk endast vara applicerbar om garagen är så små att oförbrända gaser inte späds ut under explosionsgränsen medan det för vätgasfordon kan föreligga en större risk.

Nya drivmedel innebär också att risken för brands uppkomst förändras. Det finns i dagsläget inget som indikerar att det brinner oftare i fordon med nya drivmedel men de bakomliggande mekanismerna förändras. Detta innebär att det inte nödvändigtvis är de riskkällor vi är vana vid för förbränningsmotorer som behöver beaktas utan annat, som elsäkerhet med mera, kan istället bli viktigt.

En viktig slutsats av studerade bränder, oberoende av drivmedel, är att en brand i ett fordons kupé (vilket leder till maximal effektutveckling) är vad vi skulle kalla en traditionell brand där traditionella släckningsmekanismer fungerar bra. Lyckas vi bara få släckmedel in i kupén kan vi relativt enkelt och bra begränsa toppeffekten i branden varpå risken för brandspridning mellan fordon minskar avsevärt.

Simuleringarna visar också att de barriärer som körbanor och tomma parkeringsrutor utgör kan förhindra eller avsevärt försvåra spridning av bränder mellan fordon. Detta är givetvis beroende på respektive objekts specifika förutsättningar och kan påverkas av faktorer såsom vind, lutning på plan men i de simulerade bränderna skedde ingen spridning över körbanan till den andra parkeringsraden. Detta anses också vara en viktig faktor att ta med sig i framtida utformningar av garage och parkeringshus.

Viktigt att poängtera i detta stycke är att det inte bara är fordon som kan brinna i garage. Finns däckförvaring, annan verksamhet eller om tomma ytor eller parkeringsplatser används för förvaring av brännbart material innebär denna brandbelastning en ökad risk för en omfattande brand. Dels kan en brand i ett fordon relativt enkelt sprida sig till detta material och viss verksamhet kan också öka risken för brands uppkomst. Detta har inte inkluderats i projektet men bör finnas i åtanke vid förvaltning av befintliga garage och projektering av nya. Denna slutsats kan också dras utifrån de rekommendationer som finns i olika räddningstjänsters PM.

7.4. Brandpåverkan på ovanliggande bjälklag

Värmeinträngningsberäkningar med äldre fordon indikerar på en stationär lokal brand som bedöms ge en mindre påverkan på stommen än standardbrandkurvan. Att brandspridning inte heller sker till flera fordon gör också att räddningstjänstens möjligheter att släcka en brand i ett parkeringshus eller garage ökar, varpå det är rimligt att vi inte får ett brandförlopp som överskrider 30-60 minuter. Endera släcker räddningstjänsten branden eller så brinner fordonet ut utan spridning till angränsande fordon. Påverkan på bjälklag bedöms då bli begränsad.

För nyare fordon och vid brandspridning mellan fordon får vi ett betydligt värre förlopp med mycket högre temperaturer ovanför branden relativt gamla fordon. Detta förstärks i och med att brandspridning sker lättare mellan fordonen så att flera fordon bidrar till brandpåverkan samtidigt.

Temperaturen bör dock ställas i relation till dimensionering med brandpåverkan utifrån standardbrandkurvan vilket normalt ligger till grund till vald design. Vid jämförelse med standardbrandkurvan är temperaturgradienten, dvs tillväxten, på beräkningspunkterna från simuleringen med nya fordon mycket lägre, men temperaturen högre i vissa lägen. Detta medför att eventuell explosiv spjälkning bedöms vara mer aktuellt tidigt i ett brandförlopp med standardbrandkurvan om betongens geometri och inneboende egenskaper medger en högre risk för spjälkning. I huvudsak bedöms explosiv spjälkning jämförelsevis mellan det naturliga brandförloppet och standardbrandkurvan inte utgöra någon större skillnad gällande brandförloppen.

Vidare påvisar armeringstemperaturer samma tendenser. Gamla fordon kommer ha temperaturer som ej ger märkbar effekt på de mekaniska egenskaperna hos armeringen. Nya fordon ligger relativt nära de armeringstemperaturer som ses med brandpåverkan ifrån standardbrandkurvan. Detta ska såklart ej ses som att det inte skett någon förändring och att man alltid är på säkra sidan med dimensionering med brandpåverkan enligt standardbrandkurvan då värre brandförlopp än de som studerats här är möjliga. Däremot är det tydligt att i och med förskjutningen närmre de armeringstemperaturer som erhålles vid brandpåverkan från standardbrandkurvan så har den *inbyggda säkerhetsmarginalen* för bärförmågan i betongkonstruktioner minskat.

För träkonstruktioner kan man generellt se samma tendenser i beräkningarna avseende förkolningsskikt där den *inbyggda säkerhetsmarginalen* i bärförmågan troligtvis reducerats. Man kan dock inte dra denna slutsats med samma säkerhet, då FEM-beräkningar med trämaterial kommer med en rad osäkerheter. Den största tesen till osäkerhet är att vid en omfattande brand är det också rimligt att anta att bärverk i trä i sig själv kommer bidra till brandintensiteten. Då trämaterialiet innebär ytterligare bränsle till branden innebär detta ännu snabbare brandspridning, som varken i FDS-simuleringarna eller värmeinträngningsberäkningarna är beaktade. Detta innebär som sagt att beräkningarna är förenade med osäkerheter och eventuellt kan förkolningen vara underskattad i relation till avsaknaden av värmebidraget från förbränningen av trämaterialiet.

De svårigheter som föreligger att släcka en mer omfattande brand som spridit sig mellan fordon innebär också att vi kan förvänta oss ett långt brandförlopp, varpå stompåverkan är trolig under en längre tid. Utöver den direkta värmepåverkan från branden är det också troligt att vi kommer få en fortsatt värmeinträngning i en konstruktion långt efter att branden släckts varpå risk för kollaps kan föreligga även efter att branden är släckt. Detta gäller primärt i trästommar där det krävs relativt låga temperaturer i träet för att dess bärförmåga ska påverkas och brott kan ske i brandens avsvalningsfas eller potentiellt under släckarbetet.

Utöver den direkta risken för brandspridning eller kollaps är det sedan viktigt att bedöma hur lätt det är att återställa ett bärverk i antingen betong eller trä efter en brand. Exempelvis behöver det ju inte betyda att byggnaden kollapsar om betongens armering påverkas, men det å andra sidan inte heller säkert att den ursprungliga bärförmågan i bjälklaget går att garantera. Vid brandspridning mellan bilar kan påverkan sträcka sig till ett större område varpå området där bärförmåga kan vara svår att säkerställa kan bli större.

7.5. Begränsningar i jämförande analys

En brand i ett parkeringshus eller garage kan te sig på många olika sätt och det finns oändligt med möjliga scenarier. Vid projektering används ofta värsta troliga scenario för det specifika objektet som projekteras medan vi i detta projekt har försökt redogöra för den förändrade riskbilden för samtliga parkeringshus och garage i Sverige. Detta är givetvis omöjligt att genomföra på en nivå som är direkt applicerbar för respektive objekt och förenklingar och aggregering av resultat har därför tillämpats. Nedan redogörs för några av dessa som anses ha störst påverkan på resultaten.

I projektet har endast öppna parkeringshus simulerats då det är svårt att med tillförlitlighet kvantifiera förändringen i skyddsnivå i stängda parkeringshus eller garage. Detta eftersom simuleringar då blir mycket mer objektsberoende och styrs ännu tydligare av geometri. Vid simuleringar i mindre och stängda volymer finns också risk att bränderna blir bränslekontrollerade varpå simuleringarna inte längre är lika tillförlitliga. Bränder i slutna garage anses dock initialt bete sig på ett likvärdigt sätt som för öppna parkeringshus med avseende på tillväxt och brandspridning. I mindre garage skulle sedan en bränslekontrollerad

brand uppstå, samtidigt som räddningstjänstens insats kan förväntas vara betydligt svårare. Förändringen i risknivå antas därför inte vara mindre i slutna garage än i öppna parkeringshus.

Simulerade bränder bygger på att branden börjar tillväxa direkt – det finns många observerade scenarier där en brand tar betydligt längre tid på sig att tillväxa och det är först när den kommer in i kupén och får tillgång till dess brandbelastning som vi får riktigt stora bränder. Med den ökade mängden plastdetaljer i nyare fordon kan vi dock förvänta oss en större brand innan branden fått fäste i kupén jämfört med äldre fordon. Utifrån ett jämförande perspektiv så anses detta heller inte påverka slutresultatet då tillväxt har ansatts direkt både för gamla och nya fordon.

I simuleringarna har det använts ett halvplan fullt med nya fordon respektive äldre fordon. Samtliga parkeringsplatser har också varit fyllda. I verkligheten ser det rimligtvis inte ut på det här sättet då parkeringshus och garage kommer ha en blandning av nya och gamla fordon och det är också troligt att åtminstone vissa parkeringsplatser är tomma (förutom vid t.ex. större evenemang). Över tid kommer dock utvecklingen gå mot fler nya fordon då äldre fordon succesivt byts ut, varpå erhållna resultat anses bli mer och mer realistiska över tid.

En annan aspekt som istället kan anses vara konservativ utifrån bedömningen av ökad risk är att endast en enkelrad med fordon har simulerats medan det också är vanligt med parkeringshus som har dubbelrader. Vid dubbelrader anse det istället föreligga risk för brandspridning både i sidled samt till den framförvarande raden.

Utöver detta finns massor av andra faktorer som också påverkar riskbilden men projektets ambition har aldrig varit att ge ett absolut värde på risken för brandspridning och stompåverkan för samtliga garage och parkeringshus i Sverige. Projektet handlar istället om att på ett representativt sätt försöka kvantifiera skillnaden i risknivå mellan då och nu. Samma förutsättningar har således använts för äldre fordon som för nyare fordon men resultatet ska alltså inte tas som ett dimensionerande värde vid projektering utan vid dimensionering måste objektspecifika förutsättningar användas.

8. Rekommendationer brandskydd i garage och p-hus

Med oförändrade byggregler, påverkan på både nytt och befintligt bestånd av parkeringshus och garage, ökad risk för spridning samt svårigheter i att släcka en omfattande brand är det troligt att sannolikheten för omfattande egendomsskador har ökat och kommer att fortsätta öka framöver.

Detta spåds ytterligare på när parkeringshus och garage inkluderas i andra byggnadstyper såsom flerbostadshus, samhällsviktig verksamhet, köpcentrum eller arenor. Vid omfattande bränder i dessa parkeringshus och garage är det här troligt att branden får påverkan på omgivande byggnad eller dess verksamhet även om den inte sprider sig utanför garagens brandcell.

En viktig faktor i bedömning av en brands konsekvenser är också hur komplicerat det är att återställa stommens bärförmåga efter en brand. Om det är mycket svårt att åtgärda ett brandskadat bjälklag eller en brandskadad pelare ökar också risken för omfattande ekonomiska konsekvenser från en brand.

Ytterligare en viktig faktor i denna bedömning är hur snabbt räddningstjänsten kan förväntas ingripa. Detta kan aldrig vara en avgörande faktor i dimensionering utifrån byggregler men bör påverka en analys av möjliga ekonomiska konsekvenser.

Utifrån detta rekommenderas därför att där risk föreligger för ekonomiska konsekvenser vid en brand i ett parkeringshus eller garage (utifrån bedömd stompåverkan och påverkan på verksamheten) som inte kan accepteras så bör dessa anläggningar utformas med ett utökat egendomsskydd. Rekommendationer om utökat skydd utöver byggregler ska såldes bedömas utifrån objektspecifika behov.

Då resultat och erfarenhet visar att byggnader (med undantag av rökskador) kan hantera brand i enstaka fordon utan omfattande stompåverkan samt att räddningstjänsten då får en bättre möjlighet att begränsa och släcka branden anses att åtgärder som reducerar risken att en brand sprider sig mellan fordon därför bör prioriteras.

Sprinkler

Den mest effektiva åtgärden för att begränsa spridning anses vara installationen av sprinkler då detta har en direkt kylande effekt och på så sätt begränsar brandspridning mellan fordon. Det finns också mycket försök som verifierar denna effekt [39].

Det som talar emot detta är en betydande kostnad för installationen och här kan det tänkas finnas ett behov av att se över möjligheten för en sprinklerstandard för specifikt garage. Kanske kan tidig aktivering begränsa behovet av stor verkningsyta, men med ökat flöde av

vatten. Viktigt är att göra sprinklerinstallationerna mer kostnadseffektiva men också tillförlitlig för den förändrade fordonsflottan. Samtidigt bör en sådan sprinklerstandard också beakta det förväntade brandförloppet från ett fordon, vindens påverkan vid öppna garage, takhöjder m.m.

I bedömningen av behovet av sprinkler bör man också värdera objektets komplexitet och räddningstjänstens insatstid. Om räddningstjänsten har en lång insatstid anses behovet av egen släckförmåga i parkeringshuset och garaget vara större.

Tidig detektion

Nästa grupp av rekommendationer riktar sig mer mot att förbättra räddningstjänstens möjlighet att bryta ett brandförlopp och släcka branden. Här anses brandlarm vidarekopplat till räddningstjänsten vara en av de viktigaste åtgärderna då det möjliggör en insats tidigare i brandförloppet. Med en tidig insats från räddningstjänsten så ökar möjligheten att begränsa branden till en eller ett fåtal fordon.

Brandgasventilation

Ytterligare åtgärder som kan genomföras för att förbättra räddningstjänstens möjligheter till insats är bra och genomtänkt brandgasventilation. Ventileras varma brandgaser ut så minskas energimängden inne i garaget samtidigt som sikt och temperaturförhållanden förbättras för räddningstjänstens insats. Brandgasventilationen bör utformas utifrån räddningstjänstens insatsstrategi, så de kan övertrycksätta angreppspunkten med en brandgasventilation som kan evakuera tillräcklig mängd brandgaser och som är väl spridd över utrymmet.

I utformningen av brandgasventilation är det dock viktigt att poängtera att effekten av brandgasventilationen kan bli bättre om räddningstjänsten får möjlighet att kontrollera denna så att inte nytt syre tillförs okontrollerat till en bränslekontrollerad brand alternativt att för stor öppenhet och eventuell vindpåverkan leder till att brandspridning snabbas på.

Öppet garage

I situationer med öppna parkeringshus bör antagandet om att öppet garage eliminerar risken för brandspridning mellan fordon ej tillämpas. Tendenserna är att detta ej stämmer med nyare fordon, varpå detta antagande ej ger en tillräcklig säkerhetsnivå. Antagande om att brand kan sprida sig till alla närparkerade fordon bör vara utgångspunkten även i öppna garage.

Stommaterial

Utifrån perspektivet att stärka räddningstjänstens möjligheter att släcka en brand är det också rimligt att val av stommaterial i garage bör beaktas. Om inte släcksystem finns i garaget eller att kollaps av byggnaden kan accepteras anses inte att brännbar stomme bör användas utan fördjupad utredning. Till exempel bör aspekter såsom avsvalningsbrott beaktas.

Vid dimensionering av stommen bör utformning också beakta att vi kan få ett brandförlopp som är värre än standardbrandkurvan varpå traditionella dimensioneringsmetoder kan behöva anpassas och ej antas ha en tillräcklig säkerhetsmarginal.

Avskärmning och avstånd

Uppdelning av garaget i sektioner rekommenderas om utformning gör att fordonen delas upp i grupper med minskad risk för spridning. Uppdelning kan ske med skärmar, brandgardiner eller naturliga avdelare i garaget. Finns till exempel möjligheten att bygga en stängd vägg i ett stabiliserande kryss utan att det påverkar den upplevda vardagliga tryggheten i garaget så är det positivt ur en brandspridningsaspekt. Här kan också små saker såsom genomföringar och öppningar beaktas. Även om bjälklag och väggar inte utgör brandcellsgränser i dess formella betydelse så anses täta konstruktioner har en positiv inverkan. Om brännbara rör bryter ett bjälklag kan dessa till exempel utformas med strypare för att minska att en brand snabbt sprider sig mellan plan, öppningar mellan stomelement kan tätas m.m.

T.ex. gångstråk brukar placeras ut för att underlätta förflyttning i garage. Lämplig placering av dessa kan också bidra till att försvåra för en brand att sprida sig mellan grupper av fordon.

Försvåra vindens påverkan

För öppna parkeringshus bör den mest sannolika av vindriktningar beaktas, även om vindriktningen kan variera så bör effekten beaktas framför att det förutsätts vara vindstilla. Parkeringshusen kan designas med stängda väggar mot den vanligast förekommande vindriktningen, väggar kan utföras i vinkel för att förhindra korsdrag, avskiljande konstruktioner mitt i garagen kan nyttjas.

Vindens påverkan bedöms vara en faktor som traditionellt inte beaktats i parkeringshus men där storskaliga bränder visar att denna kan vara en bidragande orsak till snabbare brandspridning och därmed ökade konsekvenser vid en brand.

Lutande plan

Ytterligare en förbättrande åtgärd kan vara att undvika lutande plan längs med bilraderna där brinnande bränsle kan rinna till nästa fordon vid en sönderbrunnen bränsletank. Lutande plan innebär också att brandgaser och lågor lutar mot närliggande fordon. Detta ökar risken för brandspridning uppåt i planet då det reducerande avståndet från flammor till närliggande fordon minskar i denna riktning.

Skydd av stomme

Även stommen i garage kan förstärkas utifrån skyddet mot brand. Om möjligt kan det skyddande betongskiktet ökas under armeringen.

Bjälklag skulle också kunna skyddas med brandisolering eller andra typer av skivor eller isolering. Detta reducerar risken för stompåverkan och skulle också innebära en konstruktion som är lätt att byta ut vid en eventuell brandskada. Denna åtgärd är också relativt enkel att genomföra i befintliga parkeringshus förutsatt att det inte finns en höjdbegränsning.



Ytterligare en aspekt på detta är att värdera vilken återställningsmöjlighet det finns för ett skadat bjälklag. Om stommen är mycket svår att återställa/repamera vid en brandpåverkan bör denna typ av konstruktion undvikas alternativt bör andra typer av skydd väljas för att minska risken för skador som inte går att repamera eller som är väldigt kostsamma att åtgärda.

Undvik annan förvaring

Slutligen anses det viktigt att säkerställa att garagen inte används till lagring av annat material eller används för annan verksamhet som kan innebära ökad risk för brands uppkomst eller snabb spridning. Vi vet om att garage är riskfyllda miljöer och kan vi då reducera den risk som direkt inte härrör till fordonen bör detta vara en enkel och effektiv åtgärd.



9. Slutsatser

Garage och parkeringshus är unika på så sätt att risken, i form av personfordon, utvecklas kontinuerligt samt kör in och ut ur objekten på en daglig basis. Det är tydligt att fordonsflottan idag innehåller en högre brandbelastning, främst i form av plast, och att plasten inte längre enbart finns inne i kupén. Att plasten förekommer på nya ställen gör att en brand lättare får fäste i nästa fordon. Detta ger upphov till att risk för vandrande bränder blir större och fler fordon kan komma att involveras i branden.

De vandrande bränderna och nya fordonens egenskaper innebär att den *inbyggda säkerhetsmarginal* som tidigare har funnits i och med ett naturligt brandförlopp där en stationär och lokal effekt varit dimensionerande bedöms ha reducerats i hög grad.

Det finns ett antal åtgärder som går att genomföra för att minska konsekvenserna i händelse av en brand. Dessa behöver inte nödvändigtvis öka kostnaden men omfattningen av åtgärder bör ställas i relation till de konsekvenser som kan förväntas och accepteras i händelse av en brand.

Referenser

- [1] Trafikanalys, "Vägfordonsflottans utveckling till år 2030, PM 2020:7," Trafikanalys, Stockholm, 2020.
- [2] Naturvårdsverket, "Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter," [Online]. Available: <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-fran-inrikes-transporter/>. [Använd 13 09 2023].
- [3] Auto motor & sport, "Parkeringsgarage i dramatisk brand – 1.400 bilar totalförstördes," *Auto motor & sport*, 09 01 2018.
- [4] Brandskyddsföreningen, "Skulle kunna hända i Sverige," *Brandsäkert*, 2020 nr 4.
- [5] Vi Bilägare, "Brand i parkeringsgarage – uppemot 200 bilar drabbade," *Vi Bilägare*, 26 08 2021.
- [6] M. Stallwood och M. Spearpoint, "The changing landscape of fire safety in covered car parks with the arrival of electric vehicles," Preprint, 2023.
- [7] Svensk byggnorm 67 - Föreskrifter, råd och anvisningar till byggnadsstadgan (SBN 67), 1967.
- [8] Boverket, Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:10) om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder (eurokoder) med ändringar t.o.m. BFS 2022:4, EKS 12, Karlskrona: Boverket, 2022.
- [9] L. Andersson, F. Nystedt och M. Strömgren, "Bränder i parkeringshus - hinner byggreglerna med i bilflottans förändring?," *Bygg & teknik*, 2021.
- [10] Boverket, "Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2024:7) om säkerhet i händelse av brand i byggnader," 2024.
- [11] Uppsala brandförsvär, "Hållbart brandskydd," Uppsala brandförsvär, Uppsala, 2021.
- [12] C. Hoff, J. Magnusson, A. Johansson och K. Thuresson, "Metod och förmåga vid insats i underjordiska anläggningar - Förstudie om framtida förmåga inom RSG.," Räddningstjänsten Storgöteborg, Göteborg, 2020.
- [13] Fastighetsägarna Stockholm, "Fastighetsnära elbilsladdning i Stockholm - Så arbetar fastighetsägare för att öka laddplatserna," Fastighetsägarna, Stockholm, 2023.
- [14] Boverket, "Konsekvensutredning BFS 2024:7 – Boverkets föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i händelse av brand i byggnader," 2024.
- [15] Storstockholms brandförsvär, "Laddplatser för el- och hybridfordon. Vägledning för planering och projektering av laddplatser för el- och hybridfordon. VL2019-05.," Storstockholms brandförsvär, Stockholm, 2019.

-
- [16] Räddningstjänsten Storgöteborg, "Laddplatser för elbilar i garage," 27 05 2021. [Online]. Available: <https://www.rsbg.se/foretag--organisation/elfordon/laddplatser-for-elbilar-i-garage/>.
- [17] SIS, "TS 24836:2024 - Analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd – Krav och rekommendationer," SIS, 2024.
- [18] *Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter och allmänna råd (2021:8) om hur kommunen ska planera och utföra sin tillsyn enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor*, MSB, 2021.
- [19] Boverket, "För vilka byggnader gäller reglerna om laddinfrastruktur?," 06 december 2024. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/laddning-av-elfordon/nar-kravs-laddinfrastruktur/>. [Använd 16 december 2024].
- [20] C.-H. Henrikson, *Parkeringslexikon. En handbok för arkitekter, ingenjörer och planerare*, Ordalaget, 1990.
- [21] Tesla, "Mått," [Online]. Available: https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/sv_se/GUID-E47C4A6D-528E-419C-8C57-FD3864644C34.html. [Använd 16 december 2024].
- [22] Volvo cars, "XC40 – specifikationer," [Online]. Available: <https://www.volvocars.com/se/cars/xc40/specifications/>. [Använd 16 december 2024].
- [23] BMW, "The X6 motorer och teknisk data," [Online]. Available: <https://www.bmw.se/sv/alla-modeller/x-serie/x6/tekniska-data.html/bmw-x6-xdrive30d-m-sport.bmw>. [Använd 16 december 2024].
- [24] P. Guest, "Car Park Design," The Institution of Structural Engineers, 47–58 Bastwick Street, London, United Kingdom, IStructE Guide, 2023.
- [25] H. Boehmer, M. S. Klassen och S. Olenick, "Modern Vehicle Hazards in Parking Structures and Vehicle Carriers (FPRF-2020-07)," Fire Protection Research Foundation, 2020.
- [26] O. Svensson, "Simulering av effekten av taktiska val och byggnadens egenskaper vid insats i garage under mark," Brandteknik LTH, Lund, 2020.
- [27] Official Journal of the European Union, "Regulation No 34 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) — Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to the prevention of fire risks," UN/ECE, Brussels, 2009.
- [28] M. Spearpoint, M. Tohir, A. Abu och P. Xie, "Fire load energy densities for risk-based design of car parking buildings," *Case Studies in Fire Safety*, pp. 44-50, Maj 2015.
- [29] E. Abohamzeh, F. Salehi, M. Sheikholeslami, R. Abbassi och F. Khan, "Review of hydrogen safety during storage, transmission, and applications processes," *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 72, 2021.

-
- [30] W. Liu, F. Riba Clascá, F. Markert och L. Giuliani, "FIRE SPREAD SCENARIOS INVOLVING HYDROGEN VEHICLES," i *Event9th International Conference on Hydrogen Safety*, Edinburgh, 2021.
- [31] A. Kotchourko och T. Jordan, *Hydrogen Safety for Energy Applications*, Butterworth-Heinemann Inc, 2022.
- [32] TNO, "Methods for the calculation of physical effects : due to releases of hazardous materials (liquids and gases) ("Yellow Book")," TNO, Haag, 2005.
- [33] Q. Hu, X. Zhang och H. Hao, "A review of hydrogen-air cloud explosions: The fundamentals, overpressure prediction methods, and influencing factors," *International Journal of Hydrogen Energy*, vol. 48, nr 36, 2023.
- [34] C. Lam, D. MacNeil, R. Kroeker, G. Loughheed och Lalim, "Full-Scale Fire Testing of Electric and Internal Combustion Engine Vehicles," *Fourth International Conference on Fire in Vehicles*, Baltimore, USA, 2016.
- [35] J. Hynynen, M. Quant, R. Pramanik och A. Olofsson, "Electric Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces. Rapport 2023:42.," Rise, 2023.
- [36] ECCS - Technical Committee 3 Fire safety of Steel structures, "Fire Safety in Open Car Parks," *European Convention For Constructional Steelwork*, Brussel, 1993.
- [37] P.-A. Barré, P. Carlotti och A. Guibaud, "Numerical investigation of the influence of thermal runaway modelling on car park fire hazard and application to a lithium-ion manganese Oxide battery," *Fire Safety Journal* 150, 2024.
- [38] J. L. Hodges, U. Salavi och A. Kapahi, "Design fire scenarios for hazard assement of modern battery electric and internal combustion engine passanger veichles," *Fire Safety Journal* 146, 2024.
- [39] Government, Department for Communities and Local, "Fire spread in car parks. BD2552," Department for Communities and Local Government, London, 2021.
- [40] A. Ahlgren och K. Schultz, "Kvantifiering av termisk påverkan från bilbränder: En beräkningsteknisk fallstudie mellan äldre och moderna bilar," Luleå tekniska universitet, 2024.
- [41] NIST, "FDS-SMV," NIST, [Online]. Available: <https://pages.nist.gov/fds-smv/>. [Använd 10 12 2024].
- [42] Svenska Betongföreningens kommitté för betong och brand, "Betong och brand - Rekommendationer för att förhindra spjälkning i anläggningskonstruktioner," Svenska Betongföreningen, 2009.
- [43] SIS, "Eurokod 2: Dimensionering av betongkonstruktioner - Brandteknisk dimensionering (SS-EN 1992-1-2)," SIS, Stockholm, 2004.
- [44] SIS, "SS-EN 13501-2:2023," SIS, 2023.

- [45] "SAFIR - Software description," University of Liege, [Online]. Available: <https://engineering.jhu.edu/safir/>. [Använd 10 12 2024].
- [46] "SAFIR - Pre- and Post-Processor," [Online]. Available: <https://engineering.jhu.edu/safir/resources/pre-and-post-processor/>. [Använd 10 12 2024].
- [47] SIS, "Eurokod 5: Dimensionering av träkonstruktioner - Brandteknisk dimensionering (SS-EN 1995-1-2)," SIS, Stockholm, 2004.
- [48] SIS, "Eurokod 2 –Dimensionering av betongkonstruktioner – Del 1-1: Allmänna regler och regler för byggnader, broar och anläggningskonstruktioner," SIS, Stockholm, 2023.
- [49] O. Carling, "Brandteknisk Dimensionering av massiva träkonstruktioner - Rapport 9004018," Träteknisk centrum, Stockholm, 1990.
- [50] T. Gernay, J. Zehfuß, S. Brunkhorst, F. Robert, P. Bamonte, R. McNamee, S. Mohaine och J.-M. Franssen, "Experimental investigation of structural failure during the cooling phase of a fire: Timber columns," *Fire and Materials*, vol. 47, nr 4, pp. 445-460, 2022.
- [51] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "Ansvar och systematiskt brandskyddsarbete," 14 12 2020. [Online]. Available: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/brandskydd/ansvar-sba-och-skriftlig-redogorelse/>.
- [52] K. Storesund, C. Sesseng, R. F. Mikalsen, O. A. Holmvaag och A. Steen-Hansen, "Evaluation of fire in Stavanger airport car park 7 January 2020. Rise-report 2020:91," Rise, 2020.
- [53] Bedfordshire Fire 6 Rescue Service, "Significant Incident Report: London Luton Airport Terminal Car Park 2," Luton, 2023.
- [54] Meryside Fire & Rescue Service, "Kings dock car park fire - protection report," Liverpool, 2018.
- [55] Operational Assurance Team, "Significant incident report (final)," Meryside Fire & Rescue Service, 2017.
- [56] Boverket, "Begrepp och definitioner," 16 12 2024. [Online]. Available: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/brandskydd/brandskyddsreglerna/begrepp/>. [Använd 29 01 2025].
- [57] SIS, "Eurokod 1: laster på bärverk - Del 1-2: Allmänna laster - Termisk och mekanisk verkan av brand," SIS, Stockholm, 2002.
- [58] Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, "Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter och allmänna råd (2021:8) om hur kommunen ska planera och utföra sin tillsyn enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2021.
- [59] Mobilitetshus, "Mobilitetshus," [Online]. Available: <https://www.pmalmo.se/Om-parkering-Malmo/hallbarhet/hallbar-mobilitet/mobilitetshus/>. [Använd 27 01 2025].



- [60] Boverket, "Boverkets byggregler (2011:6 med ändringar t.o.m. 2024:5), BBR 30," Boverket, Karlskrona, 2024.
- [61] Boverket, "Boverkets föreskrifter och allmänna råd om (2024:7) säkerhet i händelse av brand i byggnader," Boverket, Karlskrona, 2024.
- [62] R. McNamee och J. Albrektsson, "Brandspjälkning hos tunnelbetong – Fenomen och testmetoder RISE Rapport 2021:118," RISE, Borås, 2021.

Bilaga 1 – Byggregelanalys

I denna bilaga återges byggregelanalysen regel för regel. Här återfinns också byggreglernas definition av garage och parkeringshus, öppna respektive slutna, samt vissa handbokslösningar som kopplar till tolkning av byggreglerna.

B1.1. Definitioner av garage och p-hus

Definition av garage eller parkeringshus har inte alltid funnits. Nedan är en sammanställning av de definitioner som har påträffats.

B1.1.1. Definition garage

SHB, ur konsekvensutredningen avsnitt 5.5.12: Med begreppet öppet garage avses ingen skillnad jämfört med BBR. Boverket har inom ramarna för föreliggande översyn valt att inte införa någon definition av begreppet. Definitionen i publikationen Plan- och byggtermer 1994, TNC 95, kan fortsatt vara vägledande vid bedömning. Det vill säga ett garage utan ytterväggar, eller med ytterväggar i begränsad utsträckning men som ändå medger godtagbar självdragsventilation, kan normalt betraktas som ett öppet garage. Exempelvis kan en carport normalt betraktas som öppet garage. Det framgår inte av TNC 95 vad som utgör godtagbar självdragsventilation men viss vägledning ges av äldre byggregler. Ur brandskyddshänseende är det dock inte luftkvaliteten som är det väsentliga utan i stället öppningarnas storlek och placering eftersom det är dessa som påverkar möjligheten för brandgaser att vädras ut. Med slutna garage avses sådana garage som inte är öppna garage.

Boverket har även förtydligat vad som avses med ett öppet garage på **PBL Kunskapsbanken, kopplat till SHB**. Med begreppet öppet garage avses ett garage utan ytterväggar, eller med ytterväggar i begränsad utsträckning men som ändå medger godtagbar självdragsventilation. Ur brandskyddshänseende är det dock inte luftkvaliteten som är det väsentliga utan i stället öppningarnas storlek och placering eftersom det är dessa som påverkar möjligheten för brandgaser att vädras ut. Exempelvis kan en carport normalt betraktas som öppet garage.
[56]

Terminologicentrum TNC: Plan- och byggtermer, 1994

Definition: *Byggnad eller del av byggnad avsedd för parkering*

Anmärkning: *Garage ovan mark med yttertak men utan ytterväggar eller med ytterväggar i begränsad utsträckning benämns öppet garage. Annat garage än öppet kan vid behov tydligare benämnas slutet garage.*

Med öppet garage jämföras från brandteknisk synpunkt garage med mer än 50 m² golvarea och med godtagbar självdragsventilation.

NR1 (kapitel 2:91)

Reglerna för garage gäller för varje rum som är avsett för fordon drivna med förbränningsmotorer. Följande rum betraktas dock inte som garage:

- a) utställnings- eller lagerlokaler för fordon på vilka ingrepp gjorts för att avsevärt försvåra start av fordonen,*
- b) rum för mopeder eller för högst tre motorcyklar,*
- c) lokaler för reparation eller annat underhåll än tvätt och smörjning av fordon och som bedrivs yrkesmässigt, t ex bilverkstäder och lokaler för bilprovning, vilka hänförs till industrilokaler.*

Öppna garage är garage som har väggar i sådan begränsad omfattning att särskilda anordningar för ventilation inte fordras.

Slutna garage är garage som har väggar i sådan utsträckning att särskilda anordningar för ventilation fordras. Radgarage är slutna garage för uppställning av en fordonsrad och med en port framför varje fordonplats.

Radgarage är slutna garage för uppställning av en fordonsrad och med en port framför varje fordonsplats.

SBN 75 (kapitel 66:0), SBN 80 (kapitel 66:0)

Med garage förstås därvid varje lokal som är avsedd för förvaring av fordon drivna med förbränningsmotor, dock ej följande utrymmen.

- a) utställnings- eller lagerlokal för fordon på vilket gjorts sådant ingrepp t ex i det elektriska systemet, att start av fordonet avsevärt försvårats.*
- b) utrymme för förvaring av mopeder eller för förvaring av högst tre motorcyklar*
- c) Lokal vari yrkesmässigt bedrivs reparation eller annat underhåll av motorfordon än tvättning och smörjning. Med sådana lokaler avses bl a bilverkstäder, bilprovningsanläggningar och liknande, vilka hänförs till industrilokaler och avhandlas i kap 77.*

BABS 1967 (kapitel 67:02)

Öppet garage: Garage överbyggt med tak men omslutet med väggar endast i så begränsad utsträckning att särskilda ventilationsanordningar enligt 36 :7 inte erfordras.

Slutet garage: Garage omslutet med tak och väggar i större utsträckning än öppet garage (jfr ovan).

Radgarage: Slutet garage för uppställning av enkel fordonsrad och med port framför varje fordon

B1.1.2. Parkeringshus

Terminologicentrum TNC: Plan- och byggtermer, 1994

Definition: *Byggnad eller del därav avsedd för parkering av ett stort antal fordon*

Anmärkning: *Parkeringshus består vanligen av flera våningar.*

Parkeringshus kan, beroende på byggnadstyp, benämnas öppet parkeringshus eller slutet parkeringshus.

B1.2. Enskilda brandskyddsreglers utveckling

En genomlysning av de byggregler som främst berör utformningen av garage och parkeringshus rörande brandskydd från SBN 67 till SHB har genomförts. Syftet var att studera om det har skett en kravförändring (kravökning eller -sänkning) över tid eller om reglerna har varit mer eller mindre oförändrade.

B1.2.1. Verksamhetsklasser och byggnadsklasser

Kraven kopplat till byggnadsklass har varit i princip oförändrade även om skrivningarna och därmed tolkningarna kan ha varierat något. I NR finns en översättning mellan byggnadsklass, som vi känner igen från BBR, och brandhärdig respektive brandsäker byggnad, som används i SBN.

- Br1 = brandsäker byggnad
- Br2 = brandhärdig byggnad
- Br3 = Annan byggnad än brandsäker och brandhärdig

Verksamhetsklass infördes med BBR 19. Innan dess var det verksamhetsspecifika krav, d.v.s. krav specifikt för hotell, bostäder, sjukhus o.s.v. Avseende verksamheten är det svårare att jämföra bakåt. För garage och parkeringshus är det, kopplat till verksamhetsklass, främst om garaget är publikt eller ej samt hur mycket folk som kan tänkas vistas där samtidigt som är de huvudsakliga parametrarna för vilken verksamhetsklass som ett garage eller parkeringshus kategoriseras som. Verksamhetsklass kan därför vara Vk1, Vk2A eller Vk2B.

Det har skett en annan uppdelning mellan byggnadsklass och verksamhetsklass i SHB. Byggnadsklass utgår i princip enbart från antal våningar över och under mark. Övriga krav hamnar på verksamhetsklasserna. Verksamhetsklass 0 är ny och kräver alltid analytisk dimensionering och bygger bland annat på personantal vilket kan vara aktuellt för garage i anslutning till t.ex. arenor. Byggnadsklass 0, som också kräver analytisk dimensionering faller ut om det finns tre eller fler plan under mark, vilket t.ex. kan bli aktuellt för garage.

B1.2.2. Sektionering av stora byggnader

Kravets syfte har varierat över tid, att ge skydd mot brandspridning:

- mellan byggnader (NR 1 (generellt), BBR 1, BBR 18)
- inom byggnad (NR 1 (garage), BBR 29)

Kraven, oberoende av syfte, är ändå liknande och utgår från brandceller och brandväggar/brandmurar. Att storleken på brandsektionen kan ökas om tekniska system installeras är också återkommande.

NR och SBN har specifika krav på sektionering för just garage, utöver generella sektioneringskrav. Kravet i NR gäller för slutna garage och i SBN för garage. Dock specificeras det inte om det är under eller över mark. I SBN gäller också sektioneringskrav om garaget är t.ex. djupt beläget.

I SHB är kraven desamma som i BBR 29 för normal brandbelastning (250 MJ/m² och högst 800 MJ/m²) och hög brandbelastning (> 800 MJ/m²). Nytt är att det även finns krav vid låg brandbelastning.

B1.2.3. Brand- och utrymningslarm i samlingslokaler

Krav på brand- och utrymningslarm i samlingslokaler (> 150 personer) kom med BBR 1. Varken NR eller SBN har specifika krav på brand- och utrymningslarm i samlingslokal.

NR har inte heller specificerat brand- och utrymningslarm i garage, förutom vid brandsektionering av stora byggnader. Några detaljer kring ytors storlek finns inte, utan brand- och utrymningslarm är en av flera möjliga åtgärder. Däremot krävs att stora garage, som byggdes enligt SBN 67, förses med brand- och utrymningslarm för att acceptera större brandsektioner (< 4000 m²).

I SHB har kraven för utrymningslarm i samlingslokal förändrats då gränsen för talat meddelande har höjts från 300 till 600 personer i verksamhetsklass 2B i förhållande till BBR 29. Kravet på att brandlarmet ska vara automatisk aktiverat för verksamhetsklass 2B är också nytt i förhållande till BBR 29, då det tidigare enbart har varit krav på manuellt aktiverat brandlarm.

B1.2.4. Dimensionerande personantal

Byggreglerna ger viss vägledning gällande dimensionerade personantal, när man inte vet hur många som en lokal bör dimensioneras för. Dock är det inte i den detaljeringsgrad att garage eller parkeringshus som verksamhet nämns, varken i SBN, NR, BBR eller SHB.

I SBN och NR är det enbart lokal för sittande eller en kombination av sittande och stående som ges vägledning för. I och med BBR ökar graden av detaljer men avser i de tidiga BBR enbart sittande eller sittande och stående. Framme vid BBR 29 finns en större differentiering

mellan olika verksamheter inom verksamhetsklass 2 så som köpcentrum, pub, danslokal osv. I SHB ges enbart vägledning för affärslokal, pub respektive samlingslokal.

B1.2.5. Vägledande markering

SBN och NR har särskilda krav för garage. I övrigt har kravet ändrats något från att ha exemplifierats med samlingslokal i reglerna till att det är krav i verksamhetsklass 2A. En allmän formulering som finns än idag är att vägledande markeringar ska finnas där det är svårorienterat, motsvarande krav i tidigare regler (NR och SBN) är en skrivning med lydelse att vägledande markering ska finnas där personer utan lokalkännedom kan vistas. Om det ger en annan tillämpning än med dagens regler är tveksamt.

Efterlysande skylt var ok som alternativ till nödbelysningen förutsatt att efterlysande färg användes. Detta alternativ var ok i SBN och NR.

I SHB är kravet på vägledande markering i samlingslokal är detsamma som i BBR29.

B1.2.6. Nödbelysning

Genom alla versioner av BBR är kravet gällande nödbelysning detsamma. I NR och SBN är det krav på nödbelysning i trapphus från 16 våningar istället för 8 våningar som i BBR. I samlingslokal finns det krav från SBN till BBR med ungefär samma kravbild.

I SBN accepteras efterlysande färg som alternativ till nödbelysning.

Antalet lux varierar över åren, SBN ställer t.ex. krav på 20 lux inom samlingshall där BBR anger 1 lux (generellt).

I SHB är kravbilderna samma som i BBR 29 med den skillnaden att det inte längre är krav på nödbelysning i trapphus i byggnader som är 8 våningar eller högre utan har ersatts med krav på att finnas i alla Tr1- och Tr2-trapphus.

B1.2.7. Allmänbelysning

Generellt krav på allmänbelysning i utrymningsväg är återkommande liksom krav på att samlingshall och dess utrymningsvägar ska vara försedda med allmänbelysning.

I SHB är kravet på allmänbelysning i samlingslokal är detsamma som i BBR29.

B1.2.8. Ytskikt och beklädnader

Under åren har klasserna gått från svenska klasser till europeiska men i BBR anges inom parentes i en övergångsperiod vad de nya europeiska klasserna ungefär motsvarar i det gamla svenska systemet. Här är översättningen:

- Klass I = B-s1,d0
- Klass II = C-s1,d0
- Klass III = D-s2,d0
- Tändskyddande beklädnad = K₂10/B-s1,d0
- Obrännbart material = A2-s1,d0
- Klass G = D_{fl}-s1, C_{fl}-s1

Kraven tolkas vara i stort detsamma. Mellan BBR 1 och BBR 18 finns det inte specifika krav för garage som är större än 50 m², under dessa år gäller de generella reglerna för ytskikt och beklädnad. I vissa fall har tändskyddande beklädnad (K₂10/B-s1,d0) accepterats tidigare där det idag krävs C-s1,d0.

Ytterligare ett krav som gjorde *paus* i några versioner av BBR (BBR 1-BBR 9) är att golvbeläggningen i utrymningsvägar för fler än 150 personer i Br2- och Br3-byggnader ska utföras i klass G (idag D_{fl}-s1). Idag gäller kravet för utrymningsvägar till verksamhetsklass 2B och 2C vilket inte är riktigt samma som utrymningsväg för fler än 150 oberoende av verksamhet.

I SHB är ytskiktskraven i stort desamma som i BBR 29. Den största förändringen är att det dels specificeras en nivå för brandklass på golv i större garage (C_{fl}-s1) och dels att gränsen för större garage höjs från 50 m² till 100 m².

Tändskyddande beklädnad definieras i SHB kapitel 1 som beklädnad i lägst brandteknisk klass K₂10 och lägst brandteknisk klass B-s1,d0.

Till sist preciserar SHB att väggytor i utvändiga utrymningspassager kan ha samma ytskiktsklass som fasaden. Detta är inte tydligt i BBR, men enligt Boverket motsvarar förtydligandet praxis. Golv och tak i utvändiga utrymningspassager ska dock uppfylla ytskiktskraven preciserade ovan.

B1.2.9. Brandcellsindelning

Genomgående har det varit tydligt att i alla fall personbilsgarage ska vara egen brandcell. I vissa regelverk som föreskrift i andra som allmänt råd. Kravet har generellt varit EI 60 eller A 60 för Br1 respektive garage större än 50 m². För mindre garage eller för garage i Br2/Br3 har i stället B 15 respektive EI 30 gällt. BBR och NR har uppdelning i byggnadsklass medan SBN har det utifrån storlek, större eller mindre än 50 m².

Denna skrivning där man i BBR 29 exemplifierar med garage finns inte i äldre regler (innan BBR 19): *Utrymmen i byggnader med verksamhet som medför stor sannolikhet för uppkomst av brand och där en sådan kan få stora konsekvenser för utrymningssäkerheten bör delas in i egna brandceller. Sådana utrymmen kan vara lokaler där man utför heta arbeten, garage, avskilda pannrum, storkök, avfallsrum och liknande.* Skrivningen finns men inte exemplet med garage och utrymmen blir succesivt mer industri (BBR 1).

Slutna garage, enligt SHB, ingår fortsatt i utrymmen med stor sannolikhet för uppkomst av brand och ska av den anledningen vara egen brandcell. Men Boverket öppnar upp för att det inte måste vara egen brandcell om en brand endast kan förväntas få begränsade konsekvenser för utrymningssäkerheten.

Boverket anger i författningskommentarerna till SHB att: *Motivet till att öppna garage är undantagna från kravet är att brandgaser kan förväntas ventileras ut genom öppningarna i garagets ytterväggar och att risken för brand- och brandgasspridning mellan planen därför begränsas.*

I Konsekvensutredningen till SHB anges att öppet garage innebär: *Med begreppet öppet garage avses ingen skillnad jämfört med BBR. Boverket har inom ramarna för föreliggande översyn valt att inte införa någon definition av begreppet. Definitionen i publikationen Plan- och byggtermer 1994, TNC 95, kan fortsatt vara vägledande vid bedömning. Det vill säga ett garage utan ytterväggar, eller med ytterväggar i begränsad utsträckning men som ändå medger godtagbar självdragsventilation, kan normalt betraktats som ett öppet garage. Exempelvis kan en carport normalt betraktas som öppet garage. Det framgår inte av TNC 95 vad som utgör godtagbar självdragsventilation men viss vägledning ges av äldre byggregler. Ur brandskyddshänseende är det dock inte luftkvaliteten som är det väsentliga utan i stället öppningarnas storlek och placering eftersom det är dessa som påverkar möjligheten för brandgaser att vädras ut. Med slutna garage avses sådana garage som inte är öppna garage.*

B1.2.10. Lokaler i verksamhetsklass 6

Kravet på brandsluss vid gemensam utrymningsväg med utrymmen där man vistas mer än tillfälligt och garage finns genomgående men kravet har flyttats runt.

Verksamhetsklass 6 försvinner i SHB, i stället riktas krav mot utrymmen med förhöjd sannolikhet för uppkomst av brand. Det är dock samma verksamheter som exemplifieras i föreskrift i SHB som i allmänt råd i BBR och lösningarna är desamma, brandsluss eller sprinkler (för garage). Noterbart är att i BBR anges garage större än 50 m² någon sådan gräns finns inte i SHB.

B1.2.11. Yttervägg

För detta krav verkar det ha skett en större förändring från att främst vara obrännbart material som har gällt i SBN till att det i BBR finns ganska omfattande möjligheter till fasader med brännbart material i Br1-byggnader. NR verkar ha varit en övergång där brännbart har varit möjligt i något högre utsträckning än i SBN men inte med de möjligheter som finns i BBR. NR fokuserar mer på brännbara regler och dylikt i ytterväggen snarare än på fasadmaterialet i undantagen.

För Br2- och Br3-byggnader accepteras brännbara fasader, i alla fall från NR och framåt.

I de preciserade kraven i SHB är lösningarna/kraven samma som i BBR, vilket gäller vid förenklad dimensionering. Funktionskraven i SHB är dock förändrade vilket har betydelse vid analytisk dimensionering.

I SHB kan byggnader upp till 8 plan förses med brännbar fasad på plan 1 om byggnaden är försedd med sprinkler och om åtgärder vidtas för att skydda mot brand utifrån.

För Bk2 och Bk3 i SHB är kraven samma som för Br2 och Br3 i BBR, d.v.s. klass D-s2,d2.

Att ha brännbar fasad på byggnader i två plan utgår för Bk1 då gränserna för byggnadsklass har förändrats. Byggnadsklass utgår i SHB i princip enbart från våningsantal och inte från t.ex. personantal och verksamhet. Därför faller byggnad i två plan med mer än 200 m² byggnadsarea på Bk2 och där är det ok med brännbar fasad.

B1.2.12. Tillträdesvägar för räddningstjänsten i källare

Formuleringarna har varierat något och kraven har vissa perioder varit uppdelade i olika föreskrifter men sammantaget har kravet varit detsamma sedan SBN 67.

I SHB får inte Tr2 vara enda tillträdesvägen till källare, precis som i BBR, det som är nytt är att det kravet nu även gäller för Tr1. Nytt är också att tillträdesvägar ska t.ex. skyltas upp för att vara lättare att lokalisera och identifiera.

B1.2.13. Brandgasventilation i källare

Kravet är i stort detsamma sedan SBN. 0,5% och 0,1% yta brandgasventilation kommer först till NR. Att lagerlokaler eller industri- och hantverkslokaler kräver särskild utredning för att bestämma öppningsarea försvinner till BBR 19.

I SHB är kraven i stor utsträckning desamma i förhållande till BBR 29 men följande skiljer för garage och parkeringshus:

- Precisering att utrymmen under mark som är 10 m² eller större ska förses med brandgasventilation, i BBR finns ingen nedre gräns.

- 0,5 % och 0,1 % av är inte längre kopplad till utrymmets brandbelastning, i BBR gäller dessa mått för normal brandbelastning.
- Slutna garage på 100 m² nämns särskilt vilket är nytt och kravet gäller både ovan och under mark.
- Brandgasventilation i trapphuset kan vara 1 m² för fler än 8 plan. I BBR gäller 1 m² för byggnader med högst 8 plan.
- Att om källare är i flera plan ska varje plan ha separat brandgasventilation är borttaget.
- Det finns en antydning till att med SHB så behöver tilluft tillskapas och inte enbart som sunt förnuft vilket innebär att det ofta missas som det är med BBR.
- Tillträdesvägar får inte användas för brandgasventilation, vilket ibland är praxis när det är separata trappor ner i källare.

B1.2.14. Bärförmåga vid brand

I och med införandet av EKS införs också brandsäkerhetsklasserna som innebär en annan uppställning mellan tabeller, men resultatet är mycket detsamma som tidigare. Det har införts fler lättnader med installation av sprinkler (från EKS 12), framförallt från R 30 till R 15, vilket enbart kan vara aktuellt för mindre parkeringshus.

Genom historien har klasserna fått nya beteckningar men kravnivån bedöms vara ungefär densamma.

Slutsatsen är att kravnivån, vad avser bärförmåga vid brand, är i stort samma över de senaste 50 åren.

I och med införandet av SHB får vi klassificeringsperioder. Brandsäkerhetsklasserna är borttagna, liksom tabellerna. Texten i föreskrifterna landar dock i princip i samma krav och lättnader. Boverket anger dock i författningskommentarerna att:

I EKS finns ett relativt stort antal exemplifieringar och skillnad görs även utifrån typ av bärverksdel och huruvida den är stomstabiliserande eller inte. När motsvarande nu anges i föreskrift formuleras föreskriften mer renodlat eftersom det inte är lämpligt med samma detaljeringsnivå som i allmänt råd. Boverket har dessutom fått indikationer om att motsvarande bestämmelser i EKS upplevs svårtolkade och otydliga eftersom vissa bärverksdelar kan träffas av flera rader i tabellen. Författningsförslaget innebär därför att reglerna blir tydligare. Beroende på hur reglerna i EKS har tolkats och tillämpats kan vissa, mindre ändringar i kravnivån följa.

En skärpning är att om automatiska vattensprinkleranläggning har tillgodoräknats för att reducera den permanenta brandbelastningen i byggnaden till schablonen 200 MJ/m² så får reduktion inte göras ytterligare en gång enligt 13§. I BBR finns det ingen begränsning vilka tekniska byten som får eller inte får göras samtidigt.

Som ett led i att byggnadsklass mer renodlat enbart kopplar till antal plan i en byggnad ställs det i kapitel om bärförmåga vid brand särskilda krav på vissa verksamheter också.

För garage, om brandbelastningen bedöms som hög, måste bärverksklass öka med två klassificeringsperioder.

Garage, ej i markplan, i verksamhetsklass 2B eller 2C, ska ha en brandteknisk klass på R 60.

B1.2.15. Brandbelastning

Tabellvärdena som finns för brandbelastning i garage kopplat till BBR finns från NR. Motsvarande tabulerade värden hittas inte i SBN, utan det verkar vara krav på att beräkna brandbelastningen i SBN.

I SHB ges några verksamheter schablonbrandbelastning för variabel brandbelastning, personbilsgarage har getts 600 MJ/m². För övriga verksamheter behöver dessa uppgifter tas fram av byggherren. De vägledande uppgifter som fanns i BBRBE för detta finns inte i SHB.

Nytt i SHB är att i byggnader (> 4 plan) med brännbar stomme (permanent brandbelastning) behöver hanteras. Dock kan stommen byggas i obrännbart material (K₂60) och sprinkler kan utgöra ett tekniskt byte (lägre permanent brandbelastning) i byggnader upp till 8 plan ovan mark. I dessa fall får den permanenta brandbelastningen ansättas till 200 MJ/m².

B1.2.16. Automatiskt släcksystem

Byggreglerna ställer inte krav på automatiskt släcksystem i garage och parkeringshus explicit. Från BBR 19 exploderade dock antalet tekniska byten inom ramen för förenklad dimensionering som kan göras vid installation av sprinkler och de blir fler i SHB. Många av dessa tekniska byten kan påverka utformningen i garage och parkeringshus.

I de äldre reglerna finns i viss utsträckning möjlighet till tekniska byten men i betydligt mer modest omfattning.

Följande tekniska byten, enligt förenklad dimensionering är accepterade i BBR 29. De tekniska byten som även har förekommit i BBR 1-18, och NR är markerade med *. De som finns med i SHB är markerade med §§.

- Gångavstånd förlängs med 1/3 (BBR 5:331).*, §§
- Utrymningsplats utgår (BBR 5:336)§§
- Lägre krav på kablars ytskiktssklass (BBR 5:527)§§
- Brandklassade dörrar kan ges en lägre brandklass (BBR 5:534)*, §§
- Inget byggnadsteknisk skydd vid lägre beläget tak (BBR 5:536)
- Fasaden kan vara brännbar (förutom bottenplan) i byggnader med upp till 8 våningsplan (BBR 5:551)§§
- Oändligt stor brandsektion (BBR 5:561)*, §§

- Ytan för brandgasventilation kan minskas från 0,5% till 0,1% av nettoytan i garage under mark (BBR 5:732)*, §§
- Garage som är större än 50 m² och delar på utrymningsväg med andra lokaler så ska garaget antingen förses med sprinkler eller så ska det finnas en brandsluss mellan garaget och utrymningsvägen.*, §§ (även SBN).

I BBR 1/18 är antalet tekniska byten betydligt färre.

- En brandcell får inte (undantag öppna garage) omfatta mer än två våningsplan om inte utrymmet är försett med automatisk vattensprinkleranläggning. Särskild utredning krävs trots att det är inskrivet som ett alternativ i BBR 18. (även NR)
- För Br1-byggnader kan EI 60 tillämpas för utrymmen med normal brandbelastning (då < 200 MJ/m²). Samma klass får användas vid brandbelastning som är > 200 MJ/m² förutsatt att utrymmet är försett med automatisk vattensprinkleranläggning. (även NR)
- Fasaden kan vara brännbar om särskilda åtgärder vidtas, däribland att förse byggnaden med automatisk vattensprinkleranläggning.
- Inomhusbandpost kan utgå i utrymmen som kan förväntas få snabb brandspridning m.m. förutsatt att utrymmet skyddas av automatisk vattensprinkleranläggning. (även NR)

Och ett kompletterande teknisk byte som återfinns i NR:

- Sektionering
 - Slutna garage med större nettoarea än 4 000 m² skall delas upp i delar om högst denna storlek, avskilda från varandra i lägst klass A 60, eller vara försedda med en automatisk vattensprinkleranläggning, som larmar kommunens räddningstjänst. (även SBN)
 - Slutna garage som även utnyttjas som förrådslokal skall delas upp i brandceller om högst 400 m² nettoarea eller vara försedda med automatisk vattensprinkleranläggning, som larmar kommunens räddningstjänst.

Nya tekniska byten med sprinkler som införs i SHB som bedöms beröra garage och parkeringshus är:

- Schablon för permanent brandbelastning får användas för brännbar stomme upp till åtta plan ovan mark. (2 kap. 2 §)
- Bärverk kan reduceras från R 30 till R 15 i byggnader i byggnadsklass Bk2. (3 kap. 9 §)
- Reducerad brandmotståndstid för bärverk i huvudsystemet i byggnader i byggnadsklass 1 samt byggnader i med flera källarplan. Dock lägst R 60 och kan inte kombineras med avsteg i 2 kap. 2 §. (3 kap. 13 §)
- Reducerad brandmotståndstid (R 15 istället för R 30) för bärverk i huvudsystemet för verksamhetsklass 2B eller 2C i bottenplanet. (3 kap. 16 §)

- Reducerad brandmotståndstid (R 30 istället för R 60) för bärverk i huvudsystemet för verksamhetsklass 2B eller 2C i annat plan än bottenplanet. (3 kap. 17 §)
- Reducerad brandmotståndstid (R 30 istället för R 60 resp. R 15 istället för R 30) för trapplan, trapplopp i Bk1. (3 kap. 18 §)
- Vid mer än 20% sammanlagd exponerad omslutningsarea av rörisolering kan ytskiktsskikten vara samma som om det vore mindre än 20% exponerad yta. (5 kap. 22 §)
- Byggnad i byggnadsklass Bk1 kan reducera kravet på brandcellsgräns med sprinkler, maximalt två klassificeringsperioder, dock lägst EI 60. (5 kap. 28 §)

B1.3. Handbokslösningar

Nedan anges några handbokslösningar kopplade till garage.

B1.3.1. Brandskyddshandboken, utgåva 6

I denna utgåva finns det en gränsvärden för vad som är att anse vara ett öppet garage. Gränsvärdet börjar i definitionen av öppet garage från TNC 95.

Garage ovan mark med yttertak men utan ytterväggar eller med ytterväggar i begränsad utsträckning benämns öppet garage. Annat garage än öppet kan vid behov tydligare benämnas slutet garage.

Med öppet garage jämföras från brandskyddsteknisk synpunkt garage med mer än 50 m² golvarea och med godtagbar självdragsventilation.

Det som är otydligt i definitionen i TNC 95 är begreppet "godtagbar självdragsventilation" vilket det fanns en definition av i SBN 80, d.v.s. att ventilationsarean är minst 0,06 m²/m² garagegolvarea.

Brandskyddshandboken anger att SBN 80-lösningen fortfarande kan anses uppfylla kraven för att anses vara ett öppet garage.

Handboken anger även att "ytterväggar i begränsad utsträckning" kan tolkas som minst 50 % öppningsgrad. Som förtydligande anges att då måste öppningarna vara fördelade på samtliga ytterväggar. Orsak som anges är att om en eller flera väggar är stängda så kan det ge oönskad vindpåverkan.

B1.3.2. Brandskydd i Boverkets byggregler (BBR 29)

I denna utgåva finns ett angreppssätt för att bedöma antalet personer som vistas samtidigt i publika parkeringshus eller garage och om parkeringshuset därmed ska klassas som verksamhetsklass 2A eller 2B. De aspekter som bedöms påverka mest är antalet parkeringsplatser eller garage samt vilka verksamheter som parkeringshuset eller garaget betjänar.

Vid evenemang, där flertalet kan antas lämna och hämta sina fordon samtidigt, behöver dimensioneras för fler personer än ett publikt parkeringshus eller garage som främst betjänar kontor eller butiker där personer kommer och går kontinuerligt och det därmed inte vistas lika många samtidigt.

Vid evenemangsparkeringar bör man dimensionera för att nästan alla med bil parkerad är i parkeringshuset eller garaget samtidigt. Om antalet överstiger 150 personer ska verksamhetsklass 2B användas, annars verksamhetsklass 2A.

För parkeringshus eller garage för kontor, butiker och dylikt blir det lite knepigare. Antalet parkeringsplatser kan påverka om det bör vara verksamhetsklass 2A eller 2B.

Parkeringshus eller garage kan också utgöra verksamhetsklass 1 om verksamheten inte är publik, t.ex. till bostadshus.

B1.3.3. Brandskydd: Byggvägledning 6

- En handbok i anslutning till Boverkets byggregler, utgåva 5 och 6.

I dessa utgåvor nämns specifikt att garage i anslutning till annan verksamhet ofta klassas som verksamhetsklass 1 med följande undantag:

- Garage i *väldigt stora* köpcentra eller i anslutning till arenor och dylikt där personflödet innebär att verksamhetsklass bör vara 2B.
- Garage till villor bör klassas som verksamhetsklass 3.

B1.3.4. Europeisk handbok för öppna parkeringshus, stål

Värt att notera för öppna parkeringshus är att det 1993 togs fram en gemensam europeisk handbok för hur öppna parkeringshus med stålkonstruktion kan projekteras [36]. Denna togs fram som ett svar på den skillnad som förelåg i de olika ländernas kravställning på parkeringshus och som verifiering av hur ett parkeringshus bör utformas så att brandskyddet på stålkonstruktionen kan minimeras.

Rekommendationerna i rapporten baseras på fullskaleförsök av dåtidens fordon samt simuleringar av värmepåverkan av stålet. Resultaten stipulerar ett antal utformningskrav men konstaterar att om parkeringshuset utformas utifrån dessa så förelåg liten risk för omfattande brandspridning i parkeringshuset.

Rapportens resultat bygger på följande antaganden

- Tiden till att ett angränsande fordon antänds är 15–20 minuter vilket ger räddningstjänsten gott om tid att genomföra en släckande insats. Rapporten konstaterar också att brandspridning till angränsande fordon är ovanligt.
- Utformningen kräver god tillgång till utrymningsvägar och så stora öppningar som möjligt för att ventiler ut brandgaser. Som minsta krav anges att 1/3 av den totala

väggytan ska vara öppen på två motstående väggar och motsvara minst 5 % av golvarean på ett plan.

I processen att bestämma dimensionerande brand konstateras att spridning sker genom strålning till den angränsande bilens klädsel inne i kupén eller genom läckande bränsle. Båda dessa fenomen bedöms ske efter ca 15 minuter och baseras bland annat på en infallande strålning på 20–30 kW/m² alternativt att bilens bränsletank i stål går sönder. I studerade test sammanföll dessa tider. Rapporten anser sedan att sannolikheten för antändning av en tredje bil är extremt liten och designbranden baseras alltså på två fordon som antänds med 15 minuters skillnad.

Utifrån dessa kriterier toppas effektutvecklingen på knappa 2,5 MJ. Den totala energimängden i fordonen uppskattas till 5 GJ och brandförloppet förväntas pågå ca 50 minuter.