



Brannsikkerhet på campingplasser

Karolina Storesund, Christian Sesseng, Greg Baker

SP Fire Research AS

Brannsikkerhet på campingplasser

VERSJON

1

DATO

2016-11-01

NØKKELOORD:brann
sikkerhet
campingplass

FORFATTER

Karolina Storesund, Christian Sesseng, Greg Baker

OPPDRAGSGIVEREDirektoratet for byggkvalitet
Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap**OPPDRAGSGIVERS REF.**Trond Andersen
Lars Haugrud

PROSJEKTNR.

20262

ANTALLSIDER OG VEDLEGG:

19

SAMMENDRAG

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DIBK) og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og beskriver en brannfaglig vurdering av konsekvensene av en eventuell endring av avstandskravet på 3 meter mellom campingenheter på campingplasser i Norge.

Målsettingen med prosjektet har vært å utføre en brannfaglig analyse av konsekvensene av å tillate avstander mellom 4 eller 8 meter mellom campingenheter.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i byggt teknisk forskrift § 11-6 med veiledning og har vurdert endring til henholdsvis 4, 6 og 8 meters avstand.

UTARBEIDET AV

Karolina Storesund

SIGNATUR

KONTROLLERT AV

Anne Steen-Hansen

SIGNATUR

GODKJENT AV

Paul Halle Zahl Pedersen

SIGNATUR

RAPPORTNR.

A16 20262:1

GRADERING

Fortrolig

GRADERING DENNE SIDE

Fortrolig

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1	01.11.2016	Første versjon

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	4
Summary in English	5
Nomenklatur	6
1 Introduksjon	7
1.1 Bakgrunn	7
1.2 Målsetting	7
1.3 Arbeidsbeskrivelse	7
1.4 Begrensninger	7
1.4.1 Dimensjoner for kjøretøy og campingvogn	8
2 Beregninger	9
2.1 Innledende analyse	10
2.2 Sensitivitetsanalyse	14
2.3 Diskusjon	16
3 Vurderinger og konklusjoner	17
Referanser	19

Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag fra Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) og Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og beskriver en brannfaglig vurdering av konsekvensene av en eventuell endring av avstandskravet på 3 meter mellom campingenheter på campingplasser i Norge.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i byggeteknisk forskrift § 11-6 med veiledning og har vurdert endring til henholdsvis 4, 6 og 8 meters avstand.

Hovedaktivitetene i prosjektet har bestått i en dokumentstudie og beregninger for vurdering av muligheter for brannspredning ved varmestråling og antennelse av tilstøtende enheter.

Tid til antennelse, som følge av varmestråling, samt minimumsavstander for å unngå brannspredning, er beregnet for ulike parametere. Disse er sammenfattet i avsnitt 3.

Summary in English

This report is prepared at the request of the Norwegian Building Authorities (DiBK) and the Norwegian Directorate for Civil Protection (DSB) and describes the consequences with regards to fire safety from a change of required distances between camping units on camping grounds in Norway.

The project was based on § 11-6 of the regulations on technical requirements for building works with guidance. Changes to the distances of 4, 6 and 8 metres respectively have been evaluated.

The methods of work in this project was document reviews and calculations of the possibilities for fire spread by radiation and the ignition of neighbouring camping units.

Time to ignition, caused by radiation, as well as minimum distances required in order to avoid ignition are calculated for a variety of parameters. These are summarised in section 3.

Nomenklatur

Uttrykk	Enhet	Beskrivelse
FTP	$s(kW/m^2)^n$	Flux Time Product
ΔH_{eff}	MJ/kg	Effektiv forbrenningsvarme
ΔH_{rad}	MJ/kg	Andelen forbrenningsvarme som avgis i form av stråling
ΔH_T	MJ/kg	Maks teoretisk forebrenningsvarme
\dot{Q}	kW	Varmeavgivelseshastighet (Heat Release Rate)
\dot{Q}_{peak}	kW	Maksimum varmeavgivelseshastighet
\dot{q}_{cr}''	kW/m^2	Kritisk nivå for varmestrålingsfluks
\dot{q}_{inc}''	kW/m^2	Innkommende varmestrålingsfluks
R	m	Avstand fra brannens senter til målobjekt
t_i	s	Tid
t_{ig}	s	Tid til antennelse
t_{dec}	s	Tid til \dot{Q} begynner å avta (decay)
t_{peak}	s	Tid til \dot{Q}_{peak}
TER	MJ	Total frigitt energi
χ_{rad}	-	Strålingsandel

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn

Bakgrunnen for dette prosjektet er at Kommunal- og moderniseringsdepartementet har bestilt en brannfaglig analyse fra DiBK av konsekvensene av en eventuell endring av avstandskravet på 3 meter mellom campingenheter på campingplasser. Ut fra næringspolitiske hensyn er det allerede innstilt at 4 meter kan anbefales, denne rapporten beskriver en brannfaglig vurdering av dette.

Byggeteknisk forskrift stiller krav om tiltak mot antennelse, utvikling og spredning av brann og røyk.

§ 11-6. Tiltak mot brannspredning mellom byggverk [1]:

- (1) Brannspredning mellom byggverk skal forebygges slik at sikkerheten for personer og husdyr ivaretas, og slik at brann ikke kan føre til urimelige store økonomiske tap eller samfunnsmessige konsekvenser.
- (2) Mellom lave byggverk skal det være minimum 8,0 m innbyrdes avstand, med mindre det er truffet tiltak for å hindre spredning av brann mellom byggverkene i løpet av den tid som kreves for rømming og redning i det andre byggverket. Bestemmelsen kommer ikke til anvendelse for lave byggverk som samlet utgjør én bruksenhet.

I veiledningen til annet ledd angis følgende preaksepterte ytelser for campingenheter [1]:

4. Campingenheter bestående av campingvogn, bobil eller telt og lignende med tilhørende fortelt, terrasser, leegger mv., må skilles med avstand minimum 3,0 m. Brennbare konstruksjoner som har høyde mer enn 0,5 m over terreng medregnes som del av campingenheten. Bil som ikke er beregnet for overnatting kan plasseres i mellomrommet mellom campingenhetene.

Prosjektet har tatt utgangspunkt i byggeteknisk forskrift § 11-6 med veiledning [1] samt Rapport fra Konsensusgruppen for etablering av revidert regelverk vedrørende brannvern på campingplasser [2].

1.2 Målsetting

Målsettingen med prosjektet har vært å utføre en brannfaglig vurdering av konsekvensene av å tillate avstander mellom 4 eller 8 meter mellom campingenhetene. Andre mulige avstander mellom 4 og 8 meter skulle også vurderes.

1.3 Arbeidsbeskrivelse

Hovedaktivitetene i prosjektet har bestått i en dokumentstudie og beregninger for vurdering av muligheter for brannspredning ved varmestråling og antennelse av tilstøtende enheter.

1.4 Begrensninger

Prosjektet omhandler bare campingenheten slik de er beskrevet i veiledning til byggeteknisk forskrift [1]:

"bestående av campingvogn, bobil eller telt og lignende med tilhørende fortelt, terrasser, leegger mv.", "Brennbare konstruksjoner som har høyde mer enn 0,5 m over terreng medregnes som del av campingenheten."

Beregningene i denne studien er gjort med grunnlag i litteratur. Det har vist seg at det er få publiserte studier som omhandler brann i campingvogner og -biler, slik at vi har måttet

se til kilder som omhandler brann i andre kjøretøy. Dette har ført til at en del verdier er blitt estimert, noe som introduserer en usikkerhet. I tillegg er en del av referansene gamle, noe som kan påvirke studienes gyldighet. Vi har imidlertid forsøkt å kompensere for dette i analysene. Dersom man ønsker beregninger med større nøyaktighet, er det behov for å gjennomføre branntester og gjøre relevante målinger som kan benyttes i de matematiske modellene.

1.4.1 Dimensjoner for kjøretøy og campingvogn

Definisjoner iht. rådsdirektiv 96/53/EF [3]:

- "motorvogn": ethvert selvstendig motordrevet kjøretøy bestemt for kjøring på vei,
- "tilhenger": ethvert kjøretøy som er bestemt for å tilkoples en motorvogn, med unntak av semitrailere, og som er konstruert og utstyrt for transport av gods
- "største tillatte dimensjoner": de største dimensjoner for bruk av et kjøretøy, som fastsatt i vedlegg i til dette direktiv

I henhold til § 5-4 av forskrift om bruk av kjøretøy [4] er største tillatt lengde for henholdsvis motorvogn og tilhenger på offentlig vei 12,00 m. Største tillatte bredde på offentlig vei er 2,55 meter. For bobil er største tillatte bredde 2,60 m på veier som ellers er tillatt for 2,55 m. Mindre bredde kan gjelde. Total lengde kan være maksimalt 19,50 m.

Forskrift om bruk av kjøretøy:

Tabell 4

Kjøretøy/vogntogtype	Tillatt lengde i meter		
	19,50 m-veger	15 m-veger	12,40 m-veger
Motorvogn unntatt buss	12,00	12,00	12,00
Tilhenger, unntatt semitrailer og slepvogn til bruk i 24,00 meter tømmervogntog	12,00	12,00	12,00
Motorvogn med semitrailer	17,50	15,00	12,40
Motorvogn med slepvogn eller påhengsvogn	19,50	15,00	12,40
Buss med 2 aksler ³	13,50 ²	13,50 ²	12,40
Buss med 3 aksler eller flere ³	15,00	15,00	12,40
Leddbuss ³	18,75	15,00	12,40
Buss med slepvogn eller påhengsvogn	18,75	15,00	12,40

Det er ikke restriksjoner på høyden, men i rapporten fra konsensusgruppen er største høyde for boenhetene definert som 3,50 meter i én etasje, med begrunnelse i høyden på bobiler [2].

2 Beregninger

For å få et beslutningsgrunnlag for hvilken minimumsavstand som bør anbefales mellom hver campingenhet, er det gjennomført beregninger som viser hvilken teoretisk avstand som er nødvendig for å unngå antennelse av en tilstøtende enhet på grunn av strålevarme. I tillegg er det beregnet tid til antennelse i de tilfeller hvor antennelse ikke kan unngås. For forklaring av samtlige parametere henvises det til nomenklaturen på side 6.

For å estimere strålevarme fra brannen, er det anvendt en punktkildemodell (Point Source Model, PSM) [5]:

$$\dot{q}_{inc}'' = \frac{\chi_{rad}\dot{Q}}{4\pi R^2} \quad \text{Ligning 1}$$

Der

- \dot{q}_{inc}'' = innkommende strålingsfluks [kW/m²]
- χ_{rad} = andelen varme fra brannen avgitt som stråling [-]
- \dot{Q} = varmeavgivelseshastighet [kW]
- R = avstand fra sentrum av brannen til beregningspunktet [m]

Denne metoden innebærer at man forenkler virkeligheten ved å betrakte brannen som en punktkilde for varmestråling. Dette er en generelt anerkjent tilnærming, og metoden er valgt på grunn av de begrensede rammene for prosjektet, og fordi vi anser at metoden vil gi resultater som er relevante og pålitelige nok for å kunne utføre de vurderingene som er nødvendige for problemstillingen som er behandlet i denne rapporten.

For å vurdere mulighetene for antennelse av materialer i nærheten av brannen, er det anvendt en metode der produktet av strålingsfluks og tid vurderes opp mot kritisk nivå for antennelse av det aktuelle materialet. Den såkalte Flux-Time Product (FTP)-metoden kan beskrives ved følgende ligninger [6], [7]:

$$FTP = t_{ig}(\dot{q}_{inc}'' - \dot{q}_{cr}'')^N \quad \text{Ligning 2}$$

$$FTP = \sum_{i=1}^m (\dot{q}_{inc}'' - \dot{q}_{cr}'')^n \cdot \Delta t_i \quad \text{Ligning 3}$$

for $\dot{q}_{inc}'' > \dot{q}_{cr}''$

Der

- FTP = produktet av tid og varmestrålingsfluks [s(kW/m²)ⁿ]
- t_{ig} = tid til antennelse [s]
- \dot{q}_{cr}'' = kritisk strålingsfluks for antennelse [kW/m²]
- N = indeks for fluks-tid-produktet, $N \geq 1$ for et åpent system
- n = 1/N, en empirisk konstant
- Δt_i = tidsinterval [s]
- m = antall tidsintervaller FTP beregnes over

Effekten av vind og direkte flammepåvirkning er ikke inkludert i disse modellene.

For å bruke punktkildemodellen PSM trenger man et estimat av varmeavgivelseshastigheten (\dot{Q}) og andelen stråling (χ_{rad}) for en brennende

campingenhet. Dette er verdier som kan finnes ved å gjennomføre forsøk hvor man måler disse størrelsene. I denne analysen er det ikke gjennomført forsøk, så vi må hente disse verdiene i tilgjengelig litteratur. Vi har ikke lyktes å finne verdier for varmeavgivelseshastigheten for campingenhet, campingbil eller campingvogn. Derfor er det valgt å benytte verdier for andre typer kjøretøy som et grunnlag for et estimat av varmeavgivelseshastighet og total varmeavgivelse for campingenheter.

Alle branner avgir varme i form av konveksjon og stråling. Forholdet mellom disse to er avhengig av hva som brenner, og av forholdene i brannsituasjonen (eksempelvis geometri og ventilasjon). Strålingsandelen χ_{rad} kan angis som [8]:

$$\chi_{rad} = \frac{\Delta H_{rad}}{\Delta H_T} \quad \text{Ligning 4}$$

Der

ΔH_{rad} = forbrenningsvarme som avgis i form av varmestråling [kJ/g]
 ΔH_T = maksimum teoretisk forbrenningsvarme [kJ/g]

FTP-metoden er her benyttet for å vurdere mulighetene for antennelse. Dersom den innkommende fluksen \dot{q}_{inc}'' overstiger kritisk fluks for antennelse \dot{q}_{cr}'' for det aktuelle materialet, kan FTP-metoden benyttes for å bestemme om den akkumulerte innkommende fluksen er tilstrekkelig for å gi antennelse. For å kunne bruke FTP-metoden trenger man informasjon om hvor raskt materialene i en tilstøtende campingenhet antenner under ulike strålingsflukser.

En campingenhet vil inneholde mange forskjellige materialer, men her har vi antatt et forenklet utvalg av materialer med trevirke (som for eksempel i levegger og noen typer spikertelt) og tekstil (som i fortelt til campingvogner og bobiler). Det antas også at enheten vil inneholde en ikke ubetydelig mengde polyuretanskum som stopping i diverse seter, madrasser og møbler. I tillegg antar vi at en trevegg er mer lettantennelig enn den utvendige overflaten til selve campingvognen eller bobilen.

2.1 Innledende analyse

Scenario:

- Det har oppstått brann i en campingbil, og brannen vokser raskt.
- Den brennende campingbilen er plassert helt inntil grensen på sin oppstillingsplass. Vi antar at campingbilen, med en bredde på 205¹ cm, raskt blir overtent.
- Ved siden av den brennende enheten, står det en annen campingenhet. Mellom disse er det en avstand d .
- Et 1,2 meter høyt gjerde av tre er bygd på grensen til den andre oppstillingsplassen. Gjerdet vil være målobjektet for antennelse.
- Maksimum varmeavgivelseshastighet (\dot{Q}_{peak}) for campingbilen er antatt å være et sted mellom varmeavgivelseshastighet estimert i forsøk med brennende busser

¹ Det er relativt stor variasjon på bredden på campingvogner og bobiler. Campingvogner er ofte litt bredere enn bobiler. Bobiler kan være opp til 260 cm brede, men er ofte rundt 230 cm. Her er det valgt en smalere variant, den smaleste vi har funnet, på 205 cm. Dette for å få et konservativt tall på tid til antennelse.

i tunnel (25 – 34 MW) [9] og den målt i forsøk med personbiler ($\dot{Q}_{peak} = 9,8$ MW) [10]. Vi har derfor valgt å benytte $\dot{Q}_{peak} = 20$ MW i denne studien.

Analyse

Første steg i analysen er å estimere et forløp for varmeavgivelseshastigheten som representerer en brennende campingbil. Som nevnt antas varmeavgivelseshastighet for campingbiler å ligge et sted mellom den for personbiler og for busser som brenner i tunneler. Det er samtidig antatt at brannforløpet for en campingbil er nokså likt det for busser. Det innebærer at vi antar at det vil gå cirka like lang tid før campingbilen oppnår maksimal varmeavgivelseshastighet, og at brannen vil avta omtrent samtidig som for busser. Med bakgrunn i data fra Ingason *et al.*, anvender vi da en verdi for t_{peak} på 8 minutter, og en verdi for t_{dec} på 13 minutter i beregningene [9, p. 98].

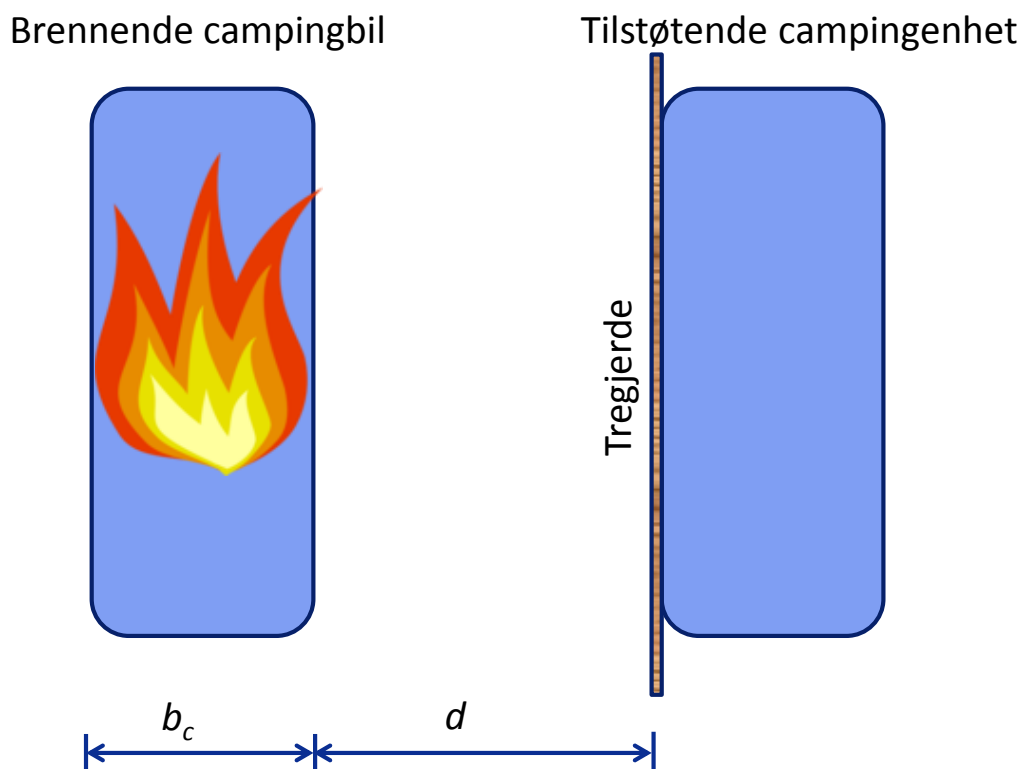
Total varmeavgivelse (Q) fra campingbilen er antatt å være nokså lik som for en buss, kun korrigert for kjøretøyets lengde. Ingason *et al.* oppgir 41 – 44 GJ i avgitt varme for 12 m lange busser. Om man tar utgangspunktet i gjennomsnittet av nevnte verdier og antar at campingenheten er 7 m lang, får man $Q = 24,8$ GJ.

Neste steg er å estimere andelen strålingsvarme (χ_{rad}) avgitt fra brannen. I tabell 18 i referanse [10] kan vi finne totalt massetap for en Renault Espace (omtalt som MPV4 i tabellen), som gir en effektiv forbrenningsvarme på $\Delta H_{eff} = 25,0$ MJ/kg. En rekke plastprodukter brukes i kjøretøy, og polypropylen (32 %), polyuretan (17 %) og polyvinylklorid (16 %) er de som forekommer hyppigst [11]. Teoretisk maksimum forbrenningsverdi ΔH_T for disse plastene er henholdsvis PP: 43,4 MJ/kg, PU: 25,9 MJ/kg og PVC: 16,4 MJ/kg, med tilhørende ΔH_{rad} PP: 16,0 MJ/kg, PU: 9,3 MJ/kg og PVC: 2,6 MJ/kg [12]. Ved å beregne et vektet gjennomsnitt av effektiv forbrenningsvarme for disse plastene gir $\overline{\Delta H_{eff}} = 24,8$ MJ/kg, som i praksis er det samme som referanse [10] oppgir. Det virker derfor fornuftig å bruke Ligning 4 med vektete gjennomsnitt for de oppgitte verdiene for ΔH_T og ΔH_{rad} for å beregne strålingsandelen, noe som gir $\chi_{rad} = 0,34$.

Tredje steg er å bestemme avstanden fra senter av brannen i campingenheten til målobjektet. Da enheten er antatt å stå helt inntil grensen av oppstillingsplassen, vil avstanden være

$$R = d + \frac{1}{2} b_c \quad \text{Ligning 5}$$

som vist i Figur 2-1.



Figur 2-1 Det antatte scenarioet. En brennende campingbil ligger inntil grensen av oppstillingsplassen, med en tilstøtende campingenhhet bak et tregjerde.

I den innledende analysen har vi benyttet følgende parametere:

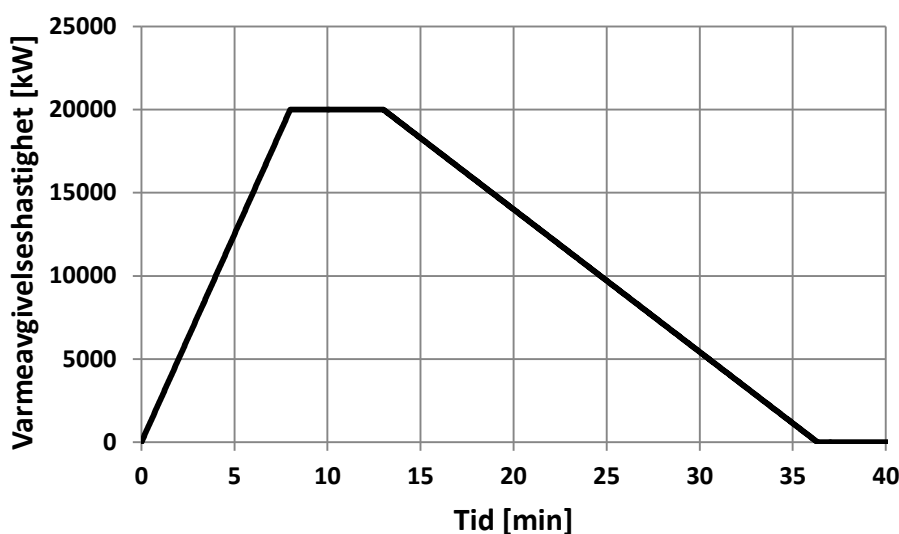
$$\dot{Q}_{peak} = 20\,000 \text{ kW}$$

$$t_{peak} = 8 \text{ minutter}$$

$$t_{dec} = 13 \text{ minutter}$$

$$Q = 24,8 \text{ GJ}$$

Basert på disse verdiene, kan man gjøre en approksimasjon for varmeavgivelseshastigheten, som vist i Figur 2-2.



Figur 2-2 Varmeavgivelseshastighet fra brennende campingenhet, innledende analyse.

Ved å benytte FTP-metoden, må den innkommende varmestrålingsfluksen overstige materialets kritiske varmestrålingsfluks \dot{q}_{cr}'' for antennelse. Litteraturen gir estimerte verdier for en rekke materialer.

I en studie fra 1968 prøvde man å bestemme hva som er det maksimale nivået for varmestrålingsfluks som forskjellige typer ytterkledning trygt kan utsettes for uten at en får pilotantennelse av materialet [13]. Resultatene er vist i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Den maksimale varmestrålingsfluksen som et utvalg forskjellige typer ytterkledning kan utsettes for uten at en oppnår antennelse med eksponering for en tennkilde [13].

Type veggkledning	Maksimal varmestrålingsfluks [kW/m ²]
Trevirke, kryssfinér, trefiberplate	14,7
Hard trefiberplate	11,3
Takpapp, asfaltpapp	12,6
Blank, galvanisert stålplate på tre	63
Malt eller skitten metallkledning på tre	23

Verdiene i tabellen ovenfor gjelder for tilfeller hvor materialet blir utsatt for en tennkilde (pilotflamme) i tillegg til varmestrålingen. En slik tennkilde kan være gnister, åpne flammer eller flyvende glør som transporteres av vinden.

Hvis materialene blir eksponert for disse varmestrålingsfluksene, vil de sannsynligvis ikke antenne, men flere av dem kan likevel få større eller mindre sviskader.

Resultater fra en studie fra Fire Research Station i 1951 ga følgende resultater for trevirke av furu [14, p. 292]:

- 27 kW/m²: Spontanantennelse
- 15 kW/m²: Pilotantennelse, flammeksponering ikke nærmere angitt

- 5 kW/m^2 : Pilotantennelse flammeeksponering direkte mot overflaten

Når en diskuterer muligheten for at eksponerte bygningsmaterialer (vanligvis trevirke eller takpapp) skal bli antent, regnes ofte den maksimale varmestrålingsfluksen som et materiale kan bli eksponert for uten å antenne, til å være $12,5 \text{ kW/m}^2$. Lavere varmestrålingsnivåer vil sannsynligvis ikke kunne medføre pilotantennelse, unntatt i helt spesielle i tilfeller, for eksempel i forbindelse med pyrofort trevirke. En verdi for $\dot{q}_{cr}'' = 12,6 \text{ kW/m}^2$ blir brukt i forskrifter, og vi har valgt å benytte denne verdien i våre beregninger [15].

Ut fra dette finner vi at avstanden d må være større enn 4,1 m for å unngå antennelse.

Ved dette scenariet vil tilstøtende enhet antenne etter 476 sekunder dersom avstanden d mellom enhetene er 3 meter og etter 1047 sekunder om avstanden er 4 meter.

2.2 Sensitivitetsanalyse

Det er en rekke parametere i beregningene ovenfor som påvirker resultatet. Variasjoner i disse kan påvirke resultatet og dermed konklusjonen. I dette avsnittet brukes fagkunnskap og erfaring til å vurdere hvor følsomme resultatene er overfor slike variasjoner, og om det kan påvirke resultatet.

Strålingsandel

Verdien for strålingsandelen som er benyttet i disse beregningene er basert på forbrenning av plastprodukter. En annen viktig brenselkilde i en campingbil kan være drivstoff. Det er generelt akseptert at strålingsandelen fra en væskedamsbrann med hydrokarboner ligger i området $0,3 < \chi_r < 0,4$.

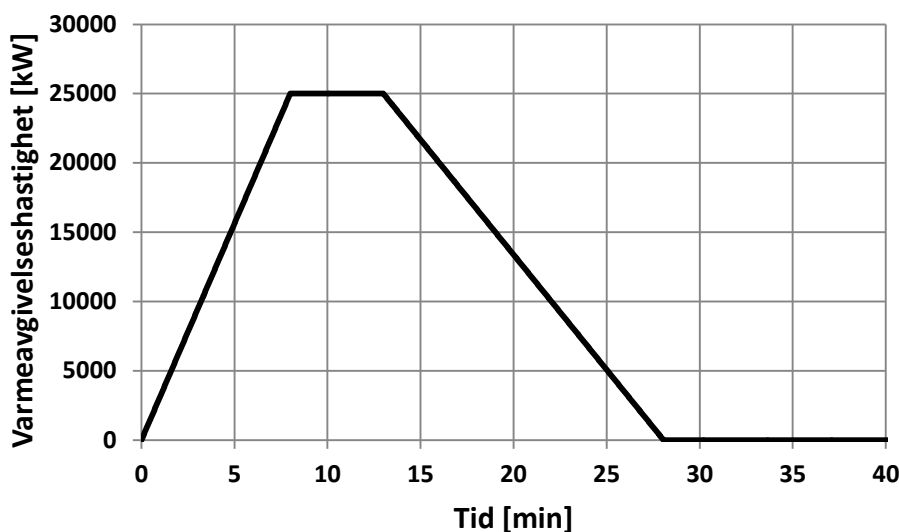
Hvis man tar utgangspunkt i denne maksimumsverdien, må avstanden mellom campingbilene økes til $d \geq 4,5 \text{ m}$ for å unngå antennelse.

Ved dette scenariet vil tilstøtende enhet antenne etter 418 sekunder dersom avstanden mellom enhetene er 3 meter, og etter 659 sekunder om avstanden er 4 meter.

Varmeavgivelseshastighet

Varmeavgivelseshastighetskurven som er benyttet for det tenkte scenariet er en approksimasjon basert på gjennomsnittlige verdier fra eksperimenter med nyttekjøretøy og busser. Andre sannsynlige scenarier kan være at brannen ikke vokser så raskt, at brannen når en høyere varmeavgivelseshastighet, og at brannen holder seg på maksimumsnivået en lengre periode. Førstnevnte vil ikke påvirke resultatet, da målobjektet blir usatt for samme maksimumsfluks, men da på et senere tidspunkt, og den totale varmeavgivelsen er den samme.

Hvis man i tillegg legger til effekten av at varmeavgivelseshastigheten blir 25 % høyere ($\dot{Q}_{peak} = 25\,000 \text{ kW}$), får man forløpet som vist i Figur 2-3. Dersom den totale varmeavgivelsen holdes konstant, vil varigheten av brannen være kortere.



Figur 2-3 Brannforløp med økt maksimumsverdi for varmeavgivelseshastigheten.

I dette tilfellet må avstanden økes ytterligere, til $d \geq 5,1$ m, for å unngå antennelse.

Ved dette scenariet vil tilstøtende enhet antenne etter 351 sekunder dersom avstanden mellom enhetene er 3 meter, og etter 499 sekunder om avstanden er 4 meter.

Målobjekt

Et annet scenario er at målobjektet er av et annet og mer lettantennelig materiale enn trevirke. Dette kan for eksempel være et fortelt som er påmontert naboenheten. I følge produktinformasjon tilgjengelig på internett, er mange av disse av behandlet polyestervev. Vi har ikke lyktes i å finne antennelsesdata for slike materialer, men data for andre materialer kan brukes i stedet. Baker *et al.* [16] har sammenstilt antennelsesdata for møbelkomponenter bestående av syntetiske tekstiler, syntetisk stopping og polyuretanskum. Gjennomsnittet av fire datasett gir en grenseverdi for $FTP = 380 \text{ s(kW/m}^2\text{)}^1$ og en kritisk varmestrålingsfluks på $\dot{q}_{cr}'' = 7,8 \text{ kW/m}^2$.

Våre beregninger viser at man må øke avstanden mellom oppstillingsplassene betraktelig om man skal være trygg på å unngå antennelse av syntetiske tekstiler, syntetisk stopping og polyuretanskum. I scenarioet vist i Figur 2-2 ($\dot{Q}_{peak} = 20\,000 \text{ kW}$, $\chi_r = 0,34$) må avstanden økes til $d \geq 6,9$ m, mens den i scenarioet vist i Figur 2-3 ($\dot{Q}_{peak} = 25\,000 \text{ kW}$, $\chi_r = 0,40$) må økes til $d \geq 8,5$ m for å unngå antennelse.

Ved scenarioet vist i Figur 2-2 vil tilstøtende enhet (syntetiske tekstiler etc.) antenne etter følgende tidsforløp i forhold til avstand mellom enhetene:

- 3 meter: 174 sekunder
- 4 meter: 258 sekunder
- 6 meter: 471 sekunder

Ved scenarioet vist i Figur 2-3 vil tilstøtende enhet (syntetiske tekstiler etc.) antenne etter følgende tidsforløp i forhold til avstand mellom enhetene:

- 3 meter: 124 sekunder
- 4 meter: 183 sekunder
- 6 meter: 333 sekunder
- 8 meter: 546 sekunder

Vind

Vind er en faktor som i høy grad kan påvirke konsekvensene av en brann. For det tenkte scenariet kan det bety at flammens midtpunkt kan forflytte seg nærmere den tilstøtende campingbilen. Et annet scenario man må vurdere, er tilfellet hvor vind fører til at flammene fra en brennende campingenhet blir bøyd inn mot en tilstøtende enhet. Drysdale [17] presenterer en tommelfingerregel som sier at en vindhastighet på 2 m/s vil bøye flammer fra væskedamsbranner 45° til siden. Dette vil i praksis bety at sikkerhetsavstanden vil være mindre dersom man skal ta hensyn til vind. Dette tilsier at man bør legge inn en sikkerhetsfaktor på avstanden mellom oppstillingsplassene.

I tillegg vil vind kunne spre glør og brennende partikler og biter (såkalte flygebranner) over et større område. Eksempler på dette så man under brannen i Lærdal i 2014, hvor flygebranner antente bygninger 400 m unna den opprinnelige brannen [18]. Glør kan også bidra til en lettere antennelse av materialer (pilotantennelse) enn det som ville vært tilfellet om det hadde vært vindstille. Dette har vi i noen grad tatt høyde for i våre beregninger ved å benytte en verdi for kritisk varmefluks som gjelder for pilotantennelse.

2.3 Diskusjon

I en studie [19] utført av BRE i Storbritannia i 1991, målte man varmestråling fra en brennende campingvogn for å skaffe grunnlag til anbefalinger til avstand mellom slike vogner på campingplasser. Konklusjonen ble at man måtte ha minst 5 m avstand mellom campingvogner, dersom de hadde en aluminiumsoverflate, for at strålingen ikke skulle føre til antennelse av naboenheter, dvs. $\dot{q}_{inc} < 12,6 \text{ kW/m}^2$. For campingvogner med overflate av kryssfinér eller tilsvarende materialer måtte man ha en avstand på 6 m.

Disse resultatene samsvarer i stor grad med våre beregninger. I tillegg er det viktig å vurdere hvorvidt campingvogner fra 1991 er representative for campingvogner i dag, da dagens vogner sannsynligvis er større og utstyrt med mer plastmaterialer, noe som vil gi større branner. Dette indikerer derfor at man bør legge på en sikkerhetsmargin på de estimerte avstandene.

3 Vurderinger og konklusjoner

Målsettingen med denne studien har vært å utføre en brannfaglig vurdering av konsekvensene av å øke avstanden mellom oppstillingsplasser på campingplasser fra 3 m til 4 m og høyere.

Den innledende analysen viser at man må ha en avstand $d \geq 4,1$ m for å unngå antennelse av en tilstøtende campingenhet (treverk). Derimot viser sensitivitetsanalysen at denne avstanden kan være marginal, og ved justeringer av grunnlagsparameterne har den vist seg å være for liten. Ved å ta høyde for en høyere strålingsandel fra flammene og økt varmeavgivelseshastighet, viser beregningene at avstanden mellom oppstillingsplassene bør være $d \geq 5,1$ for å unngå antennelse. I tillegg bør det vurderes om man skal legge inn en ekstra sikkerhetsfaktor for å ta høyde for ugunstig vindretning.

Når det gjelder tilfellet hvor syntetiske tekstiler utsettes for varmestråling fra en brann, viser våre beregninger at man må øke avstanden til $d \geq 8,5$ m for å unngå antennelse og dermed brannspredning.

Hensikten med den preaksepterte avstanden mellom enhetene er i følge veiledningen TEK10 å "bidra til å begrense og forsinke brannspredningen slik at personer nær rekker å rømme, og bidra å lette slukkeinnsatsen".

Tabell 3-1 nedenfor oppsummerer tid til antennelse av tilstøtende enhet ved variasjoner i ulike parameterer og avstander.

Tabell 3-1 Oppsummering beregnet antennestid i forhold til avstand mellom campingenheter.

Scenario	Avstand [m]	Tid til antennelse [sek]
1. Innledende $\dot{Q}_{peak} = 20\ 000\ kW$ Antennelse av tre Strålingsandel=0,34	3	476
	4	1047
	6	Ingen antennelse
2. Økt strålingsandel $\dot{Q}_{peak} = 20\ 000\ kW$ Antennelse av tre Strålingsandel=0,4	3	418
	4	659
	6	Ingen antennelse
3. Økt maksimumsverdi for varmeavgiveshastighet $\dot{Q}_{peak} = 25\ 000\ kW$ Antennelse av tre Strålingsandel= 0,4	3	351
	4	499
	6	Ingen antennelse
4. Annet målobjekt $\dot{Q}_{peak} = 20\ 000\ kW$ Antennelse av syntetiske tekstiler, syntetisk stopping og polyuretanskum Strålingsandel= 0,34	3	183
	4	272
	6	501
	8	Ingen antennelse
5. Annet målobjekt, økt maksimumsverdi for varmeavgiveshastighet $\dot{Q}_{peak} = 25\ 000\ kW$ Antennelse av syntetiske tekstiler, syntetisk stopping og polyuretanskum Strålingsandel= 0,4	3	124
	4	183
	6	333
	8	546

Variasjonene som oppstår når man forandrer ulike parametere gjør at det er vanskelig å anbefale en optimal avstand mellom ulike typer av campingenheter. Imidlertid vil forskjellen mellom en avstand på henholdsvis 3 og 4 meter mellom enheter ha en effekt og i situasjoner hvor hver sekund har betydning vil dette være viktig. En avstand på 4 meter i stedet for 3 meter vil kunne gi mer tid (anslagsvis 1-2 minutter) til å rømme fra brann i tilstøtende campingenhet.

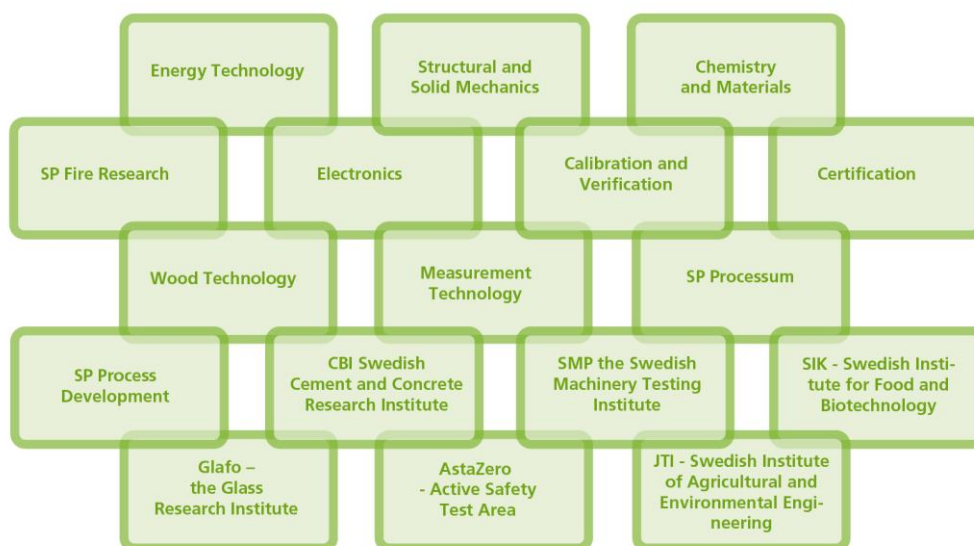
I henhold til veiledningen til TEK 10 kan bil som ikke er beregnet for overnatting plasseres i mellomrommet mellom campingenhetene. Dette har vi ikke har tatt hensyn til i våre beregninger og er noe som ytterligere kan bidra til brannutviklingen.

Referanser

- [1] Kommunal- og moderniseringsdepartementet, Forskrift 26. mars 2010 nr. 489 om tekniske krav til byggverk (Byggeteknisk forskrift, TEK10), § 11-6 med veiledning. Tiltak mot brannspredning mellom byggverk. 2015.
- [2] 'Rapport fra Konsensusgruppen for etablering av revidert regelverk vedrørende brannvern på campingplasser', Sak nr. 15/5476, Nov. 2015.
- [3] Samferdselsdepartementet, RÅDSDIREKTIV 96/53/EF av 25. juli 1996 om fastsettelse av største tillatte dimensjoner i innenlands og internasjonal trafikk og av største tillatte totalvekt i internasjonal trafikk for visse veigående kjøretøyer i Fellesskapet. 1996.
- [4] Samferdselsdepartementet, Forskrift 1. januar 1990 nr. 92 om bruk av kjøretøy. 2016.
- [5] A. T. Modak, 'Thermal Radiation from Pool Fires', *Combust. Flame*, vol. 29, pp. 177–192, 1977.
- [6] G. W. H. Silcock and T. J. Shields, 'A Protocol for Analysis of Time-to-Ignition Data From Bench Scale Tests', *Fire Saf. J.*, vol. 24, no. 1, pp. 75–95, 1995.
- [7] T. J. Shields, G. W. Silcock, and J. J. Murray, 'Evaluating Ignition Data Using the Flux Time Product', *Fire Mater.*, vol. 18, no. 4, pp. 243–254, 1994.
- [8] M. J. Hurley et al., *SFPE handbook of fire protection engineering*, 5th ed. Springer, 2016.
- [9] H. Ingason, Y. Z. Li, and A. Lönnemark, *Tunnel Fire Dynamics*, 1st ed. Springer New York.
- [10] M. Z. Mohd Tohir and M. Spearpoint, 'Distribution analysis of the severity characteristics of single passenger road vehicles using heat release rate data', *Fire Sci. Rev.*, vol. 2, no. 5, 2013.
- [11] K. Gerard, '13 High Performance Plastics Used in the Automotive Industry'. [Online]. Available: <http://info.craftechind.com/blog/bid/391683/13-High-Performance-Plastics-Used-in-the-Automotive-Industry>. [Accessed: 19-Oct-2016].
- [12] A. Tewarson, 'Generation of Heat and Chemical Compounds in Fires', in *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd ed., Quincy, MA, USA: National Fire Protection Association, pp. 3–82 – 3–161.
- [13] E. Moysey and W. Muir, 'Pilot ignition of building materials by radiation', *Fire Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–50, 1968.
- [14] V. Babrauskas, *Ignition handbook: principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science*. Issaquah, WA: Fire Science Publishers, 2003.
- [15] G. Burrell and J. Hare, 'Review of HSE Building Ignition Criteria.', Health & Safety Laboratory, Fire and Explosion Science Group, Derbyshire, UK, HSL/2006/33, 2006.
- [16] G. B. Baker, M. J. Spearpoint, C. M. Fleischmann, and C. A. Wade, 'Selecting an Ignition Criterion Methodology for use in a Radiative Fire Spread Submodel', *Fire Mater.*, vol. 35, no. 6, pp. 367–381, 2011.
- [17] D. Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*. Second Edition., 2nd ed. Wiley & Sons Ltd, 1999.
- [18] A. Steen-Hansen, A. G. Bøe, K. Hox, R. F. Mikalsen, J. P. Stensaas, and K. Storesund, 'Hva kan vi lære av Lærdal? Vurdering av brannspredningen', SP Fire Research AS, SPFR A14109, 2014.
- [19] M. P. Shipp, 'Fire spread between caravans', *BRE Information Paper*, no. 15–91, Sep-1991.

SP Technical Research Institute of Sweden

Our work is concentrated on innovation and the development of value-adding technology. Using Sweden's most extensive and advanced resources for technical evaluation, measurement technology, research and development, we make an important contribution to the competitiveness and sustainable development of industry. Research is carried out in close conjunction with universities and institutes of technology, to the benefit of a customer base of about 10000 organisations, ranging from start-up companies developing new technologies or new ideas to international groups.



SP Fire Research AS

Postboks 4767 Sluppen, 7465 Trondheim

Telefon: 464 18 000

E-post: post@spfr.no, Internett: www.spfr.no

www.spfr.no

SPFR-rapport A16 20262:1



For mer informasjon om publikasjoner utgitt av SP Fire Research og SP:
www.spfr.no/publikasjoner og www.sp.se/publ