

Testing av blindgjengere fra 12,7 mm og 20 mm MP-ammunisjon mot åpen ild – risiko ved utilsiktet oppvarming

Stian Sksiudalen, Haakon Fykse og Ove Dullum

Forsvarets forskningsinstitutt/Norwegian Defence Research Establishment (FFI)

27. august 2009

FFI-rapport 2009/01429

362301

P: ISBN 978-82-464-1632-8

E: ISBN 978-82-464-1633-5

Emneord

Blindgjenger

Multi purpose-ammunisjon

Hjerkin

Risiko

Godkjent av

Eirik Svinsås

Prosjektlederr

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef

Sammendrag

Denne rapporten oppsummerer det arbeidet og de vurderingene som er gjort i forbindelse med bruk av varmekilder (her engangsgrill) i et blindgjengerfelt bestående av 12,7 mm og 20 mm multi purpose (MP)-ammunisjon.

Rapporten skisserer et typisk scenario der varmekilden kan komme i kontakt med blindgjengerne. Sannsynligheten for dette er forsøkt kvantifisert og sammenlignet med hva man registrerer som akseptable risikonivå i samfunnet ellers.

For å forstå de mulige konsekvensene, gir rapporten en generisk beskrivelse av oppbyggingen til MP-prosjektil, med utgangspunkt i 12,7 mm. Rapporten dokumenterer videre hvordan en engangsgrill er i stand til å sette av blindgjengere av typen 12,7 mm og 20 mm MP.

Forsøk er utført der forskjellige jordsmonn og plasseringer av blindgjengerne er benyttet. Vitneplater og filmopptak dokumenterer effektene, som igjen danner grunnlaget for vurderingen av konsekvensen ved en eventuell ulykke.

Hovedkonklusjonene er som følger:

- En engangsgrill er i stand til å omsette en blindgjenger, også de som ligger nedgravd i jord eller sand.
- Antatt konsekvens av en ulykke vil med størst sannsynlighet være av typen ”ubetydelig skade” til ”alvorlig skade”. ”Dødelig” utfall kan ikke utelukkes under helt spesielle omstendigheter. Sannsynligheten for ”dødelig” utfall antas derimot lav, da antall registrerte fragmenter i vitneplatene var få i det valgte testoppsettet.
- Sannsynligheten for å sette en engangsgrill over en blindgjenger er beregnet til 10^{-4} , hvor man har antatt en uniform fordeling av blindgjengere på Hjerkin. I enkelte konsentrerte områder vil sannsynligheten være inntil 10 ganger større, i andre områder vil sannsynligheten være null.

English summary

During the disposal of explosive ordnance at Hjerkin shooting range, some concern was given to a scenario where a heat source was lit up and set in close contact to a dud. The heat source was chosen to be a disposable grill, and the duds considered were 12.7 mm multi purpose (MP) and 20 mm MP ammunition. This report summarises the theoretical and experimental work of the risk assessment.

To understand the risk associated with a heat source in close contact to MP-ammunition, the structure of such ammunition is described using a 12.7 mm MP as an example. The effect of using a heat source in close contact is documented using witness plates and cameras. Several configurations, including various types of soil found at Hjerkin, are used in the experiments. The consequences are qualitatively assessed. The probability of having an accident is quantified and compared to other risk acceptance levels.

The main conclusions are:

- A disposable grill is capable to dispose a dud of both 12.7 mm and 20 mm MP ammunition, including those buried in soil or sand.
- The consequences of such an accident is qualitatively estimated to be either “insignificant injury” or “serious injury” (no: “ubetydelig skade” and “alvorlig skade”). Nevertheless, a lethal accident cannot, under certain circumstances, be excluded as a possible outcome. The probability of this latter outcome is, however, considered to be very low. This is due to the few registrations of fragments made by the witness plates in the chosen configuration.
- The probability of having a disposable grill in adequate contact to a dud is calculated to be 10^{-4} , assuming the density of duds at Hjerkin to be uniformly distributed. This is, however, not entirely correct. The density in some areas is up to ten times higher and in other areas close to, or equal to, zero. Thus, by informing mountain hikers about the populated dud areas, the probability of an accident can be significantly decreased.

Innhold

	Forord	7
1	Innledning	9
2	Multi purpose-ammunisjon	9
3	Scenario	10
4	Utstyr under forsøkene	11
4.1	Varmekilde	11
4.2	Temperaturlogging	12
4.3	Kamera og fotografering	12
4.4	Vitneplater	12
4.5	Diverse	12
5	Test av jordprøver	13
5.1	Formål og beskrivelse	13
5.2	Resultater	14
6	Test av reelle blindgjengere	18
6.1	Formål og beskrivelse	18
6.2	Resultater forsøk 1	20
6.2.1	12,7 mm MP i vegetasjon	20
6.2.2	12,7 mm MP delvis nedsunken i jord	24
6.3	Resultater forsøk 2	28
6.3.1	12,7 mm MP nedsenket i grus og jord	28
6.3.2	20 mm MP delvis nedsunken i jord	31
6.3.3	20 mm MP nedsenket i grus og jord	33
6.4	Oppsummering og generelle betraktninger	34
7	Sannsynlighetsvurdering	35
7.1	Generelt	35
7.2	Akseptabel risiko	35
7.3	Beregnet sannsynlighet	36
8	Oppsummering og konklusjon	37
	Referanser	38
	Appendix A Bildegalleri av blindgjengere under omsetning	39

A.1	12,7 mm MP-ammunisjon liggende i vegetasjon av lyng og mose	39
A.2	12,7 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus	40
A.3	12,7 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus; lavere ordens omsetning	41
A.4	20 mm MP-ammunisjon delvis nedsunken i jord	42
A.5	20 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus	43
Appendix B Omsetning filmet med høyhastighetskamera		44

Forord

Gjennom de siste tiårene har MP-ammunisjon i kaliber 12,7 mm og 20 mm blitt mer og mer utbredt i Forsvaret. Denne ammunisjonsstypen inneholder en liten, men ikke ufarlig, mengde sprengstoff.

I forbindelse med rydding og frigivelse av Hjerkinnskytefelt har Forsvarsbygg Utvikling øst/Hjerkinnskytefelt ønsket en vurdering av om menneskelig ferdsel med bruk av åpen ild i områder med nevnte blindgjengere er forbundet med risiko. Et oppdrag ble gitt av Forsvarsbygg til FFI. Resultatene fra oppdraget gjengis i denne rapporten.

Forfatterne av rapporten vil takke senioringeniør Atle Skaugen ved miljølabben FFI for all hjelp med instrumentering, samt major Arnfinn Roseth (Forsvarsbygg Utvikling øst/Hjerkinnskytefelt) for all hjelp til praktisk gjennomføring av testkampanjen.

1 Innledning

MP-ammunisjon har vært brukt i øvelsessammenheng på Hjerkinnskytefelt gjennom lengre tid. Totalt estimert ammunisjonsforbruk av 12,7 mm MP og 20 mm MP er henholdsvis 172 740 og 79 843 patroner i perioden frem til 1999. Av disse antar man at henholdsvis 6 000 (3,5 %) og 16 000 (20 %) er blindgjengere [1]. Det har også vært brukt tilsvarende ammunisjon i øvelsessammenheng senere enn 1999. Det vil si at det totale blindgjengerantallet vil være noe høyere enn tallene ovenfor.

I forbindelse med rydding og frigivelse av Hjerkinnskytefelt har det blitt stilt spørsmål om blindgjengere fra 12,7 mm og 20 mm MP-ammunisjon utgjør en risiko for menneskelig ferdsel i området. For å vurdere risikoen må det etableres et eller flere scenarier. Et scenario vil være en beskrivelse av en hendelse og hva som kan gå galt. Scenariet som ligger til grunn for denne rapporten er beskrevet i kapittel 3, etter at oppbyggingen av MP-ammunisjon er beskrevet i kapittel 2.

Risiko vurderes individuelt for hvert scenario [2], og er et begrep som består av to dimensjoner – sannsynlighet og konsekvens. Sannsynligheten for hendelsen kvantifiseres med statistiske beregninger. Hvis dette er vanskelig kan en benytte skjønnsmessige inndeling av sannsynlighet (for eksempel "lite sannsynlig", "sannsynlig" og "svært sannsynlig"). Denne rapporten forsøker å kvantifisere sannsynligheten ved hjelp av beregninger. Dette er gjort i kapittel 7. Dette blir for helhetens skyld sammenlignet med hva som er ansett for akseptable risikonivåer i andre sammenhenger i samfunnet.

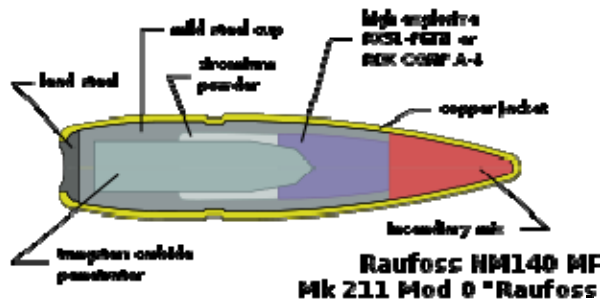
For å klassifisere konsekvensen, har vi gjennom arbeidet med denne rapporten utført forsøk, beskrevet i kapitlene 4-6. Forsøkene gir oss kvantitative data i form av temperaturmålinger og registrerte fragmenter, samt kvalitative data i form av billedsekvenser. Det er vanskelig ut fra disse dataene å tallfeste fysiske skader på en person eller sannsynlighet for dødsfall. En blir derfor tvunget til å klassifisere skadeomfanget i klasser. I denne rapporten brukes "ubetydelig skade", "alvorlig skade" og "dødelig". Med "ubetydelig skade" menes her skader som med tiden vil leges fullstendig og heller ikke innebærer store lidelser. Dette er av typen skrubbsår, midlertidig hørselsskade etc. Med "alvorlig skade" menes skader som permanent hørselsskade, blindhet, permanente skader i øvre ekstremiteter (armer) etc. "Dødelig" er selvforklarende.

Kapittel 8 oppsummerer de viktigste elementene i rapporten.

2 Multi purpose-ammunisjon

Figur 2.1 viser en skjematisk oppbygning av et 12,7 mm MP-prosjektil, med betegnelsen NM140. 20 mm MP har en tilsvarende konstruksjon, men enkelte typer inneholder ikke hardkjerne (wolframkarbid-kjerne). Det har vært brukt forskjellige typer eksplosiver [3]. Disse har en

laboratiemålt cook-off temperatur fra 225 til 335 °C, se Tabell 2.1. Dette er temperaturen der eksplosivet starter dekomponering.



Figur 2.1: Skjematisk tegning av 12,7 mm MP ammunisjon [4].

Erfaringsmessig viser det seg at når MP-prosjektiler blir utsatt for oppvarming, vil ikke alltid temperaturene være sammenlignbare med de temperatur enn målt i laboratoriet¹. Dette skyldes blant annet oppvarmingshastighet, hvor temperaturen måles etc.

De andre pyrotekniske elementene i prosjektilet har en høyere cook-off temperatur. Dette betyr at eksplosivet mest sannsynlig vil starte dekomponeringen først.

Tabell 2.1: Eksplosivtyper, og cook off temperaturen for de forskjellige typene, testet for bruk i MP-ammunisjon [3].

Eksplosivtype	Hovedinnhold	Cook-off-temperatur (°C)
PETN		225
Comp A-4	97 % RDX	260
Comp CH -6	97,5 % RDX	260
H-762	97 % HMX	335
H-764	98 % HMX	335
Octastit VIII G	96 % HMX	335
PBXN-5	95 % HMX	335

3 Scenario

Dovrefjell er et flott turområde som mange, inkludert forfatterne av denne rapporten, benytter både om sommeren og vinteren. Hjerkinnskytefelt ligger sentralt plassert i dette turområdet, og vil etter frigivelse være enda mer tilgjengelig for fjellturister. I en rapport fra 2003, om blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt [5], ble det anslått at det vil bli gått ca 100 000 person-km pr år på, og i nærheten av, veiakser i skytefeltet. 20 000 person-km antas vil bli gått tilfeldig og

¹ Personlig kommunikasjon med Asbjørn Oddan, Forsvarets forskningsinstitutt.

jevnt fordelt i hele feltet. Antall person-km vinterstid er her utelatt, da blindgjengerfaren vinterstid blir ansett som fraværende.

Under fjellvandring, må man anta at varmekilder vil bli brukt. Med dagens utvalg vil de aller fleste varmekildene være av typen multifuel eller stormkjøkken. Disse kildene har varmeelementet plassert i en viss høyde opp fra bakken, og reduserer faren for at blindgjengere kommer i direkte kontakt ved varmen. Opptenning av bål i områder som Hjerkinnskytefelt er lite sannsynlig pga dårlig tilgang på brensel.

Derimot er engangsgriller en type varmekilde som kan bli brukt i et begrenset antall tilfeller, og muligens i et begrenset område som i nærheten av veier eller stier. Med engangsgrill følger det, i pakningen, med et enkelt stativ av ståltråd. Dette er ment å forhindre at grillen står direkte på underlaget. Stativet er imidlertid så ustabil at det ikke kan påregnes å fungere pålitelig ved bruk. I mange tilfeller vil engangsgrillen derfor plasseres direkte på underlaget. Utelukker man faren for lynnbrann (som i alle tilfeller vil være en utilsiktet hendelse som ikke omfattes av denne rapporten), anses derfor bruk av engangsgrill uten stativ som verst tenkelige situasjon der blindgjengere utsettes for varme.

Blindgjengere som ligger igjen i skytefeltet kan være dekket av vegetasjon eller ligge delvis eller helt nedsunket i jordsmonn. Miljøpåvirkninger gjør med tiden blindgjengere påfallende lik småstein, og dermed vanskelige å oppdage.

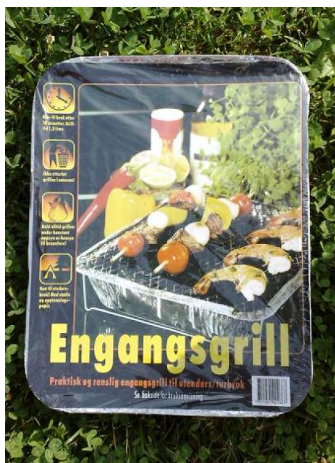
Scenariet, som av oppdragsgiver er ønsket vurdert og utgangspunkt for denne rapporten, er derfor menneskelig ferdsel i Hjerkinnskytefelt der bruk av varmekilde av typen engangsgrill fører til en utilsiktet oppvarming av blindgjengere. Vil en blindgjenger kunne bli omsatt av varmen fra en engangsgrill, og hva er i så fall konsekvensen? Hva er sannsynligheten for at en blindgjenger blir utilsiktet varmet opp av en engangsgrill?

4 Utstyr under forsøkene

Følgende utstyr ble brukt under testene og til dokumentasjon av resultatene:

4.1 Varmekilde

Figur 4.1 viser engangsgrillen som ble benyttet under forsøkene.



Figur 4.1: Varmekilde av typen engangsgrill benyttet i forsøkene.

4.2 Temperaturlogging

For å måle temperatur ble det benyttet termoelementer type K24-2-304.

Temperaturen ble logget med 3 stk 4-kanals termoelement loggemoduler fra National Instruments (NI), type NI 9211:

- S/N 1259A29
- S/N 140C67E
- S/N 140C5D9

For styring og lagring ble følgende hardware brukt:

- Controller: NI cRIO-9012 med S/N E66DC0 og FFI S/N 12590B6
- Rekonfigurerbart modulchassis: NI cRIO-9102 med S/N12590B6
- SD-kort lagringsmodul: NI 9802 med S/N 139A62B

4.3 Kamera og fotografering

For dokumentasjon ble det benyttet:

- Digitalt stillbildekamera: Canon Ixus 990 IS (S/N 111023)
- Digitalt filmkamera: Sony HDR-SR12E
- Høyhastighetskamera: Photron Fastcam-APX RS

4.4 Vitneplater

Til vitneplater ble det benyttet:

- 1000 mm x 1000 mm x 2 mm aluminiumsplater
- Forsvarets standard halvfigur i papp

4.5 Diverse

Av annet utstyr som ble brukt nevnes:

- Tjærelunte / tjærelunte til opptenning av engangsgrill

- Svartkrutt og små mengder diesel for å sikre opptenning
- 500 mm x 500mm x 5 mm stålplater for beskyttelse av personell og utstyr, samt for å hindre vekselvirkninger mellom oppsettene
- Påler i tre til oppstøtting av vitneplater
- Ethernet kabel type Cat-5
- Skjøteledning
- Standard 12 V bilbatteri (reserve strømforsyning til loggemodul)

5 Test av jordprøver

5.1 Formål og beskrivelse

Formålet med denne testen var å se hvilken varme en engangsgrill er i stand til å avgi, og hvilken temperatur et prosjektil som er i direkte kontakt med grillens underside kan oppnå. Testen er også ment å vise hvilken temperaturøkning som kan oppnås ved forskjellige dybder i jordsmonnet.

Det ble utført innledende forsøk der bøsning (prosjektil) fra 12,7 mm MP ammunisjon ble lagt i forskjellige jordprøver og vegetasjonstyper hentet fra Hjerkinnskytefelt. En engangsgrill ble deretter plassert direkte på overflaten og tent opp.

I alt ble to forskjellige vegetasjonstyper og to forskjellige jordtyper testet. Figur 5.1 viser plassering av projektiler ved overflaten i de fire oppsettene:

1. Ett prosjektil ble plassert ned i vegetasjon av lyng og gress, men ikke dypere enn at grillen fortsatt var i direkte kontakt med prosjektilet.
2. Tre projektiler var plassert i forskjellig dybde i fuktig jord/grus blanding. Øverste prosjektil ble plassert i overflaten slik at det var direkte kontakt mellom undersiden av grillen og prosjektilet. Ett prosjektil ble plassert i ca 3 cm dybde, målt fra prosjektilets øverste punkt. Ett prosjektil ble plassert i ca 6 cm dybde. Total tykkelse på jordsmonnet var ca 9 cm.
3. Ett prosjektil ble plassert ned i vegetasjon av tørr mose, men ikke dypere enn at grillen fortsatt var i direkte kontakt med prosjektilet.
4. Tre projektiler var plassert i forskjellig dybde i tørr jord/grus blanding. Øverste prosjektil ble plassert i overflaten slik at det var direkte kontakt mellom undersiden av grillen og prosjektilet. To projektiler ble plassert i henholdsvis ca 3 og 6 cm dybde, målt fra prosjektilets øverste punkt. Total tykkelse på jordsmonnet var ca 11 cm.

Til opptenning ble det brukt en tjærelunte pr grill. Tjærelunten initierte svartkrutt og stormstikke. Små mengder diesel påført med en spruteflaske sikret opptenning av hele grillens overflate. Figur 5.1 viser opptenningen.

Prosjektilenes temperatur ble målt som funksjon av tid ved bruk av termoelementer og loggeutstyr. Termoelementene ble festet til yttersiden av bøssingen og holdt fast med tynn ståltråd.



Figur 5.1: Testing av jordsmonn og vegetasjonstyper. De fire oppsettene er (fra venstre): Prosjektil i vegetasjon av lyng og gress; tre prosjektiler i forskjellige dybder i fuktig jord; prosjektil i vegetasjon av mose; og tre prosjektiler i forskjellige dybder av tørr grus og jordblanding. Bildet viser også hvordan engangsgrillene tennes opp ved bruk av tjærelunte. Innfelte bilder viser prosjektilenes plassering, med unntak av de nedgravd i jordsmonnet.

5.2 Resultater

Figur 5.2 viser lufttemperaturen under forsøket som lå mellom 12-22 °C. Differansen i lufttemperaturen er 10 °C, som tilsvarer 2-5 % av maksimalt oppnådde temperaturer for prosjektilene under forsøkene (Figur 5.3 - Figur 5.6).

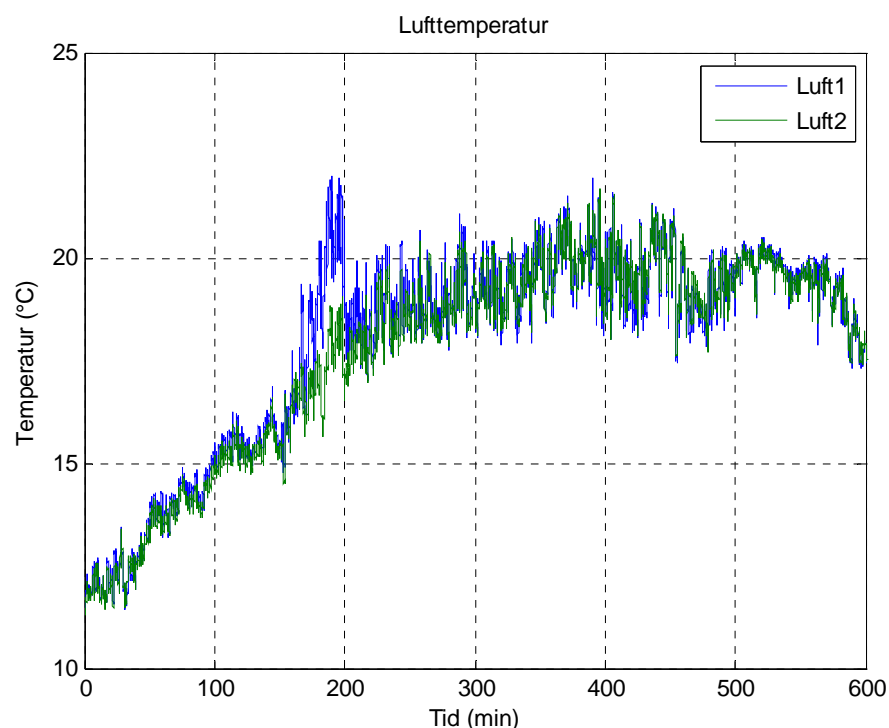
Figur 5.3 og Figur 5.4 viser at når prosjektilet ligger delvis dekket i vegetasjon oppnår man temperaturer på 400-500 °C. Denne høye temperaturen skyldes for det første at vegetasjonene virker isolerende. Den andre grunnen er at vegetasjonen settes i brann. Dette er spesielt tydelig i målingene med tørr mose hvor temperaturen fluktuerer mer enn de andre målingene.

Figur 5.5 og Figur 5.6 viser at prosjektiler som er i kontakt med jordsmonn oppnår lavere temperatur. Dette skyldes at varme avgis fra prosjektilet til omgivelsene i større grad. Vi ser også at fuktig jord resulterer i lavere temperatur enn tørr grus. Dette skyldes varmekapasiteten og varmeledningsevnen til vann. Mye av energien går med til å fordampe vannet i jordsmonnet. Et annet moment å merke seg er at prosjektiler som ligger rundt 3 cm ned i tørr grus oppnår litt over 150 °C. Dette kan være tilstrekkelig for å få en reaksjon i reelle blindgjengere.

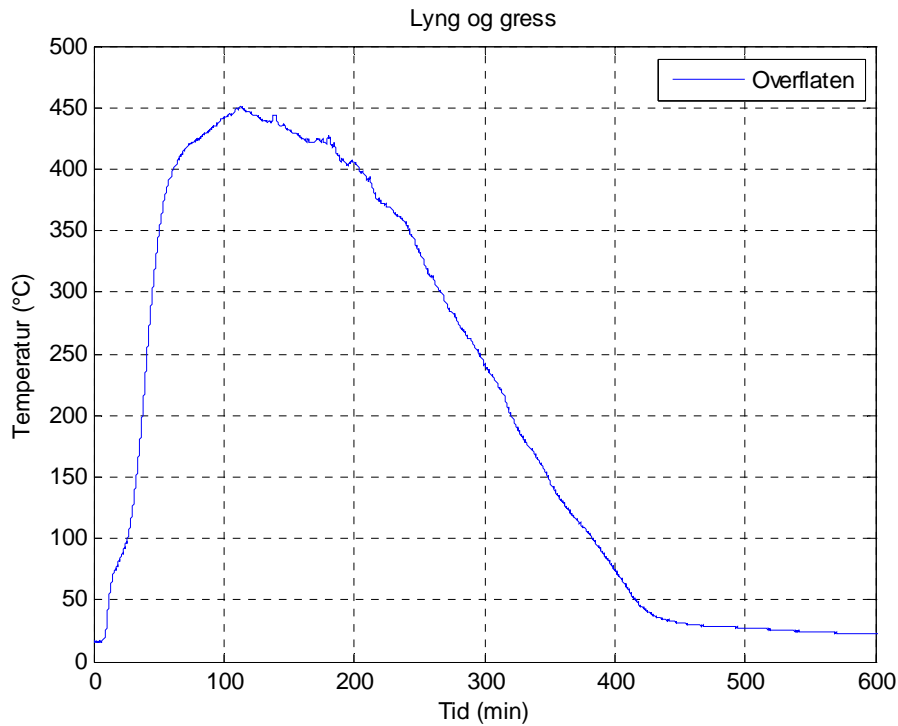
Det er verdt å bemerke at blindgjengere vil ha større masse enn testobjektene brukt i dette forsøket (kun bøsning), hvilket innebærer at noe mer varmeoverføring er nødvendig for å oppnå tilsvarende temperaturer.

Ut fra disse preliminnære forsøkene ble følgende oppsett vurdert testet mot reelle blindgjengere:

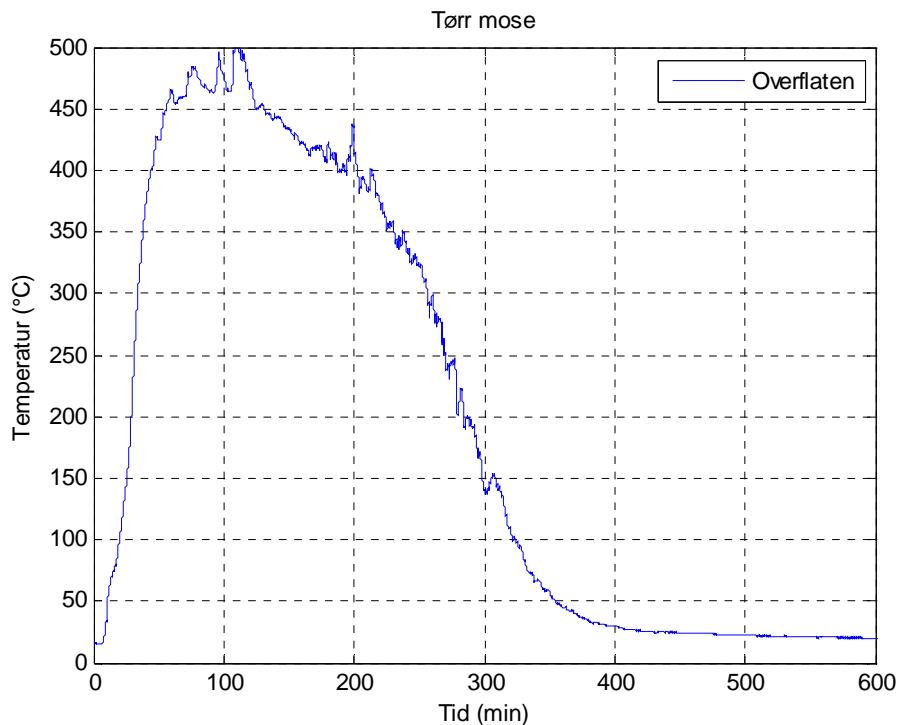
- Blindgjengere delvis dekket av vegetasjon som lyng, mose og gress.
- Blindgjengere i overflaten som fører til god kontakt mot varmekilden.
- Blindgjengere med 1 - 2 cm overdekning av stedvis masse.



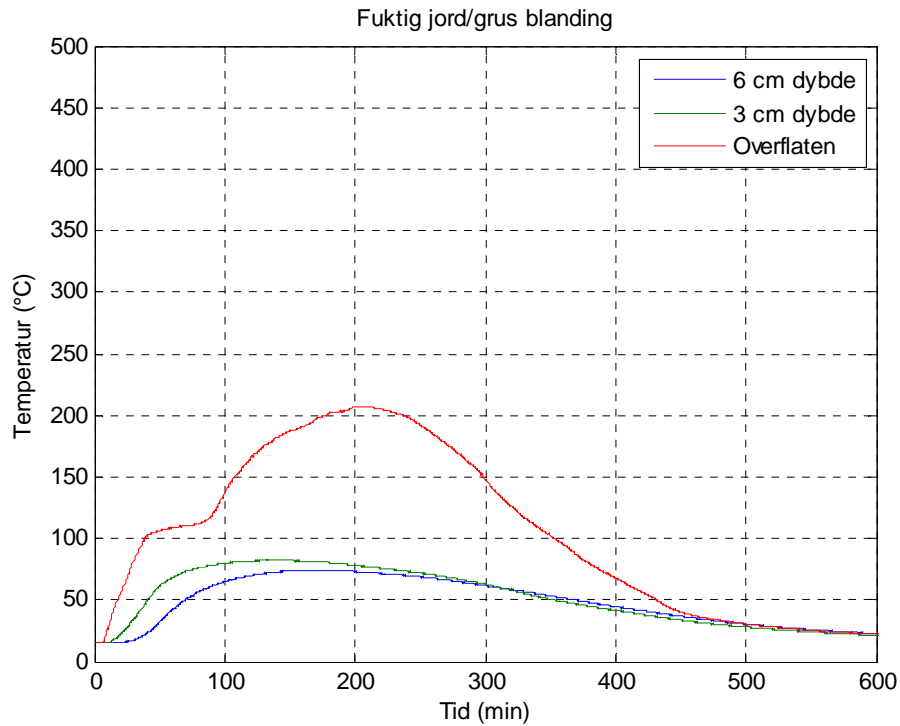
Figur 5.2: Lufttemperaturen som funksjon av tid under testingen av forskjellig jordsmonn og vegetasjonstyper.



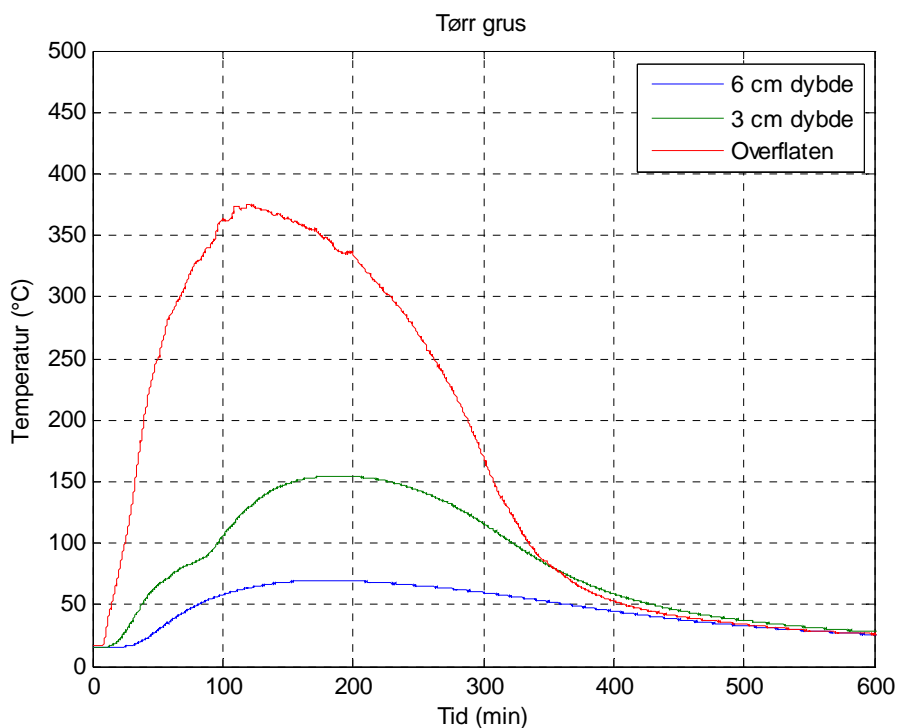
Figur 5.3: Temperaturforløpet for et prosjektil som ligger delvis gjemt i vegetasjon av lyng og gress. Navnet på kurven, "overflaten", gjenspeiler at prosjektilet ligger opp i overflaten av vegetasjonen og i god kontakt med grillen.



Figur 5.4: Temperaturforløpet for et prosjektil som ligger delvis gjemt i vegetasjon av tørr mose. Mosen ble satt i brann under forsøket som førte til fluktuasjoner i temperaturen. Navnet på kurven, "overflaten", gjenspeiler at prosjektilet ligger opp i overflaten av vegetasjonen og i god kontakt med grillen.



Figur 5.5: Temperaturforløpet for tre prosjektiler som ligger i forskjellige dybder i en fuktig jord og grusblanding.



Figur 5.6: Temperaturforløpet for tre prosjektiler som ligger i forskjellige dybder i tørr grus.

6 Test av reelle blindgjengere

6.1 Formål og beskrivelse

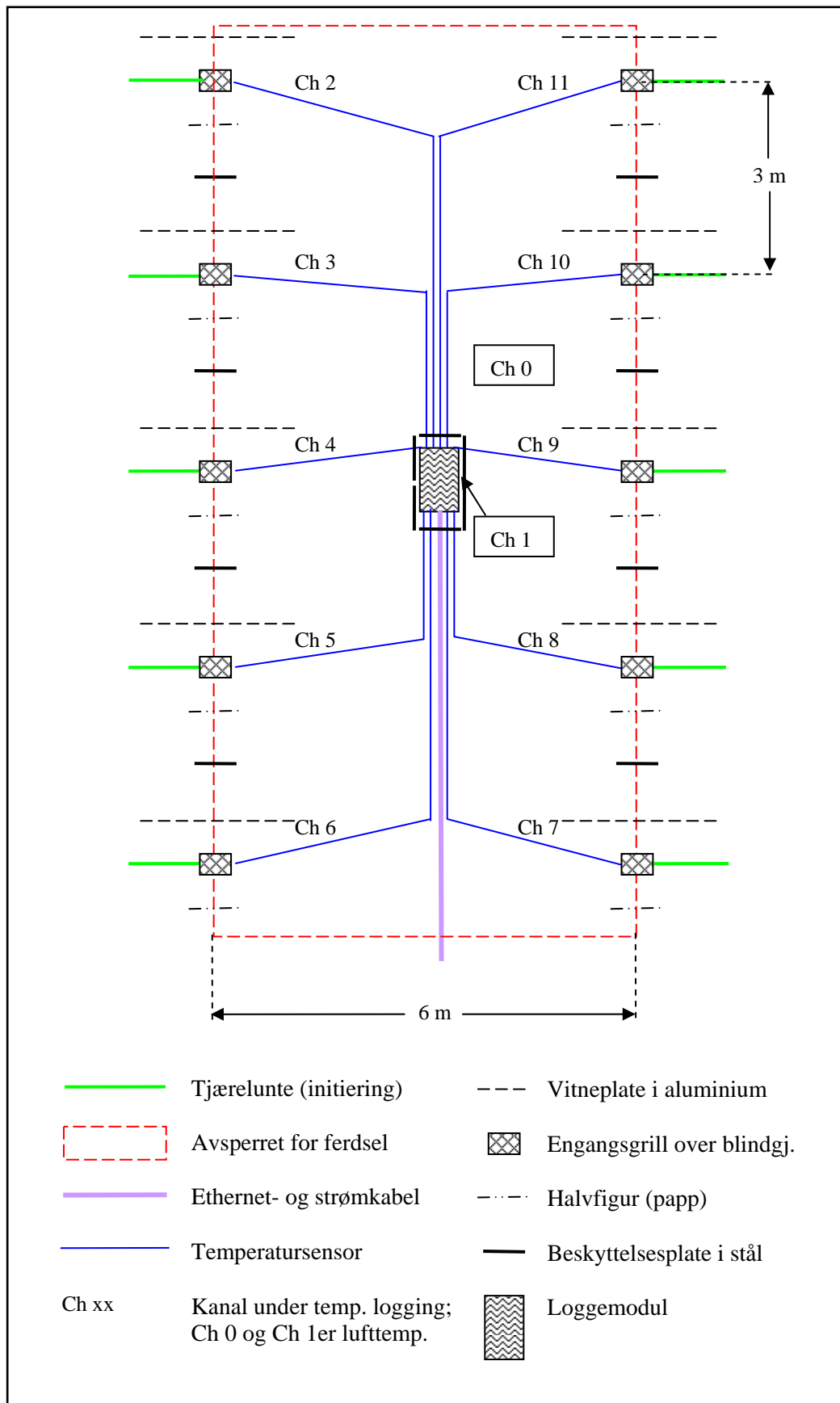
Formålet med disse testene er å verifisere om blindgjengere kan bli omsatt på grunn av varmeoverføring fra en engangsgrill. Testoppsettene som er gjennomført er basert på forsøkene beskrevet i avsnitt 5.

Det ble totalt testet 15 stk blindgjengere av 12,7 mm MP-ammunisjon, og 5 stk blindgjengere av 20 mm MP-ammunisjon. Testene ble gjennomført i to omganger. I første forsøk ble 5 stk av typen 12,7 mm lagt i vegetasjon av mose og lyng, og 5 stk 12,7 mm lagt delvis nedsunket i jord. I forsøk 2 ble 5 stk 12,7 mm gravd ned i tørr grus med 1-2 cm overdekning, 3 stk 20 mm ble delvis nedsunket i jord og 2 stk 20 mm ble gravd ned i tørr grus med 1-2 cm overdekning. Plassering av varmekilden er tilsvarende som beskrevet i kapittel 5.1.

Figur 6.1 og Figur 6.2 viser testområdet. Lufttemperatur (Ch 0 er temperaturen i sola, og Ch 1 er temperaturen målt i skyggen) og blindgjengernes temperatur ble målt som funksjon av tid på tilsvarende måte som beskrevet i kapittel 5.1. De ti oppsettene i hvert forsøk vil i de følgende avsnitt bli omtalt som Ch2-Ch11, navngitt etter kanalen til temperaturloggeren.



Figur 6.1: Testområdet før opptenning av første forsøk.



Figur 6.2: Skjematisk oversikt over testområdet under forsøket med blindjengere.

Vitneplater av papp (Forsvarets standard halvfigur) og 2 mm tykk aluminium ble benyttet for å registrere splintvirkningen ved eventuell omsetning, og ble oppstilt ca 50 cm fra grillen. Halvfigurene ble festet slik at avstand fra bakken og opp til nedre kant målte 30 cm. Aluminiumsplatene ble lagt an mot bakken. Prosjektilene ble sentrert under grillen, og orientert slik at symmetriaksen lå parallelt med flatene til vitneplatene.

Til opptenning ble det brukt to tjærelunter pr grill. Tjærelunten initierte svartkrutt og stormstikke. Små mengder diesel påført med en spruteflaske sikret opptenning av hele grillens overflate.

Digitalt videokamera ble benyttet for å dokumentere virkningen ved eventuell omsetning.

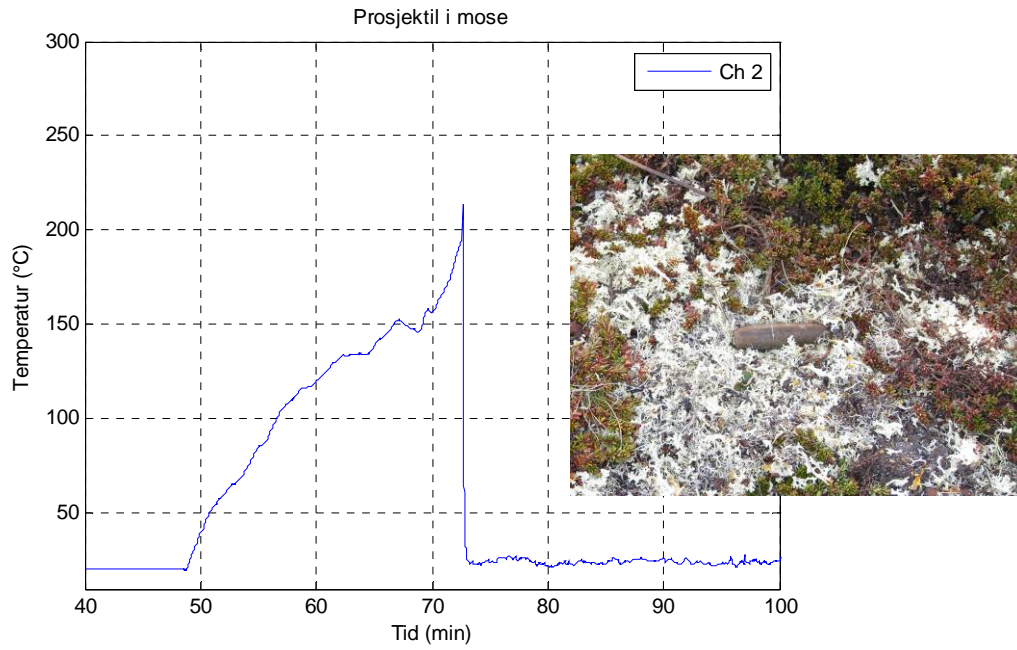
6.2 Resultater forsøk 1

6.2.1 12,7 mm MP i vegetasjon

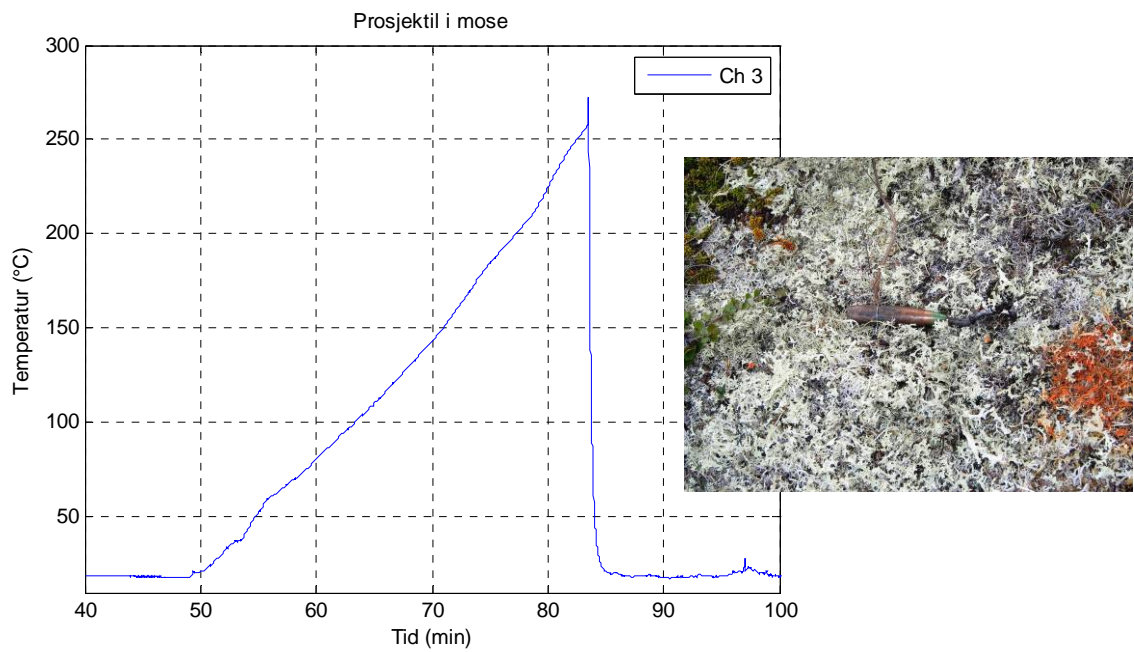
Figur 6.3 - Figur 6.7 viser temperatur som funksjon av tid samt prosjektillets posisjonering i vegetasjonen før oppfyring. Grafene viser tydelig tidspunktet for oppfyring og tidspunktene for omsetning. Alle fem blindgjengerne ble omsatt. Temperaturen ved omsetningen var 150 – 260 °C. Første omsetning var etter kun 10 minutter fra oppfyring, siste etter ca 35 min.

Lufttemperaturen under forsøket er vist i Figur 6.14. En bildesekvens av en utvalgt omsetning er vist på side 39.

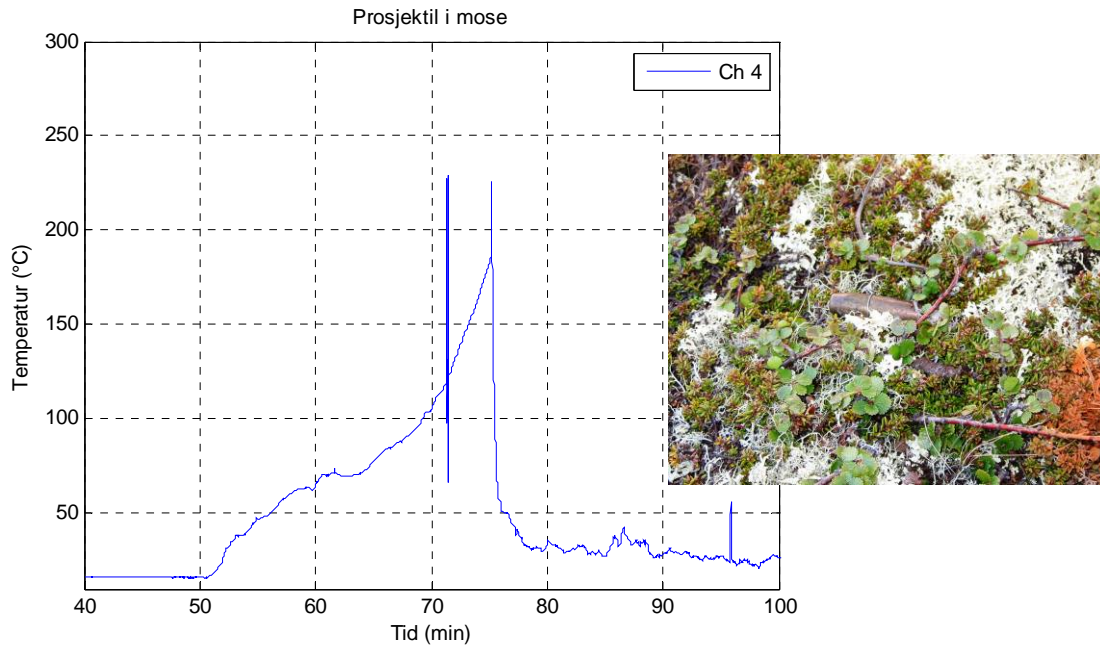
Vitneplatene i aluminium og papp viste at en person sittende i nærheten (ca 0,5 m) under omsetning vil bli truffet av fragmenter. Fragmentene har ikke tilstrekkelig kinetisk energi til å perforere aluminiumsplatene, og har i kun to tilfeller perforert pappskiven, begge ved oppsett navngitt Ch 3. Fragmentene registrert kan dermed ikke anses for å være dødelige, men vil kunne skade sårbare organer som øye ved direkte treff. Fragmentene vil både være gjenstander fra grillen (kull og aluminiumsbiter) og fra selve prosjektilet (bøssing med glødende brannstift). Perforeringene er vist i Figur 6.8.



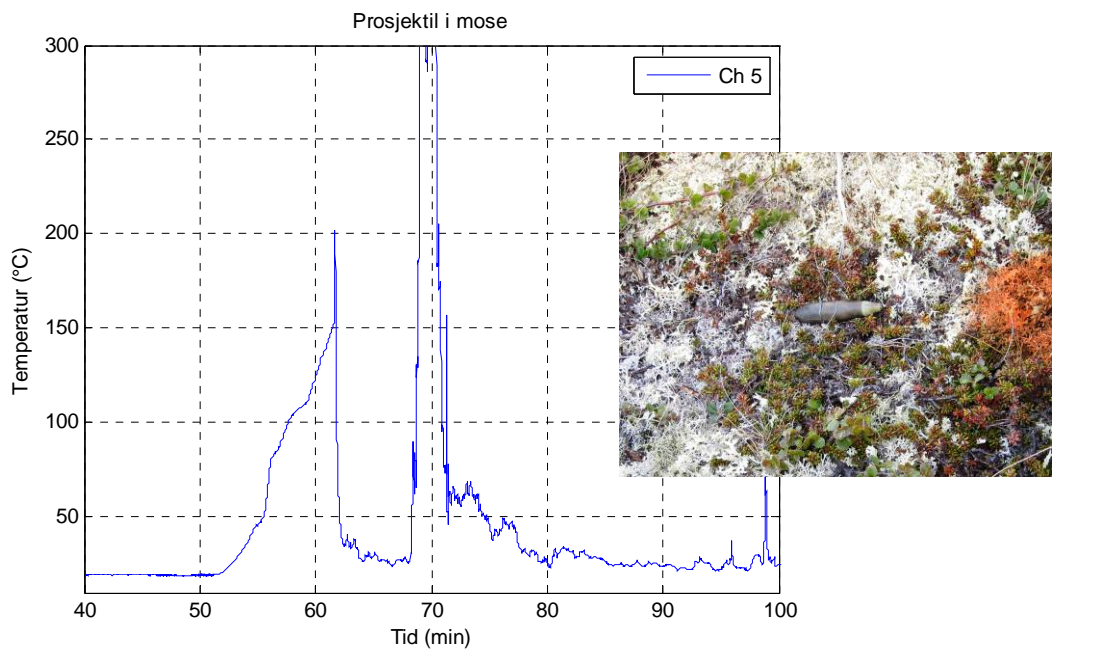
Figur 6.3: *Temperaturmåling (Ch 2); prosjektil i mose (innfelt).*



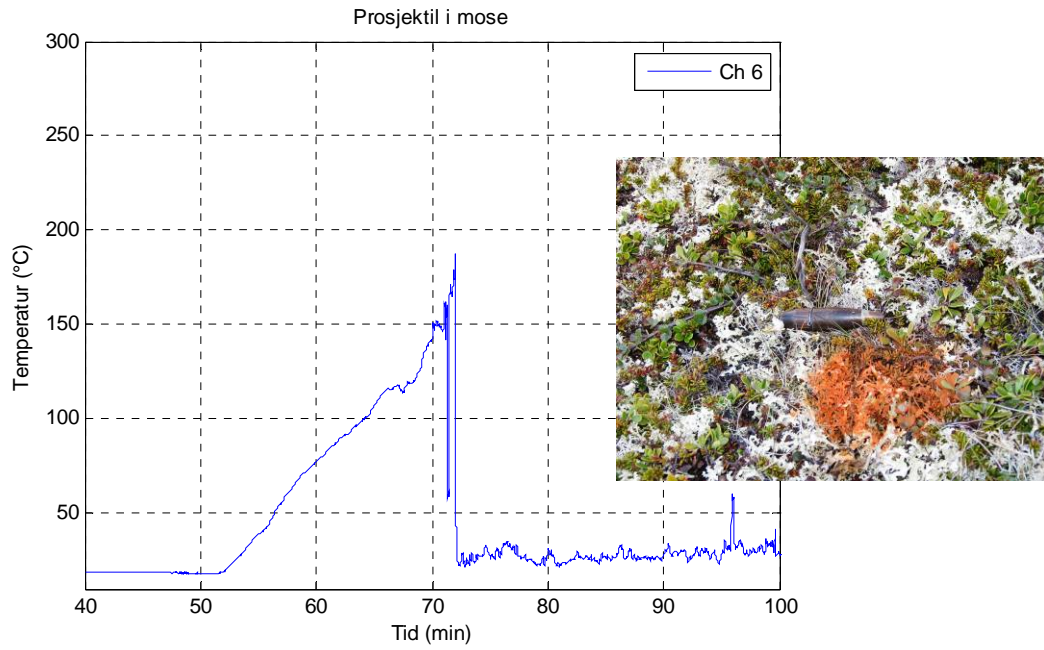
Figur 6.4: *Temperaturmåling (Ch 3); prosjektil i mose (innfelt).*



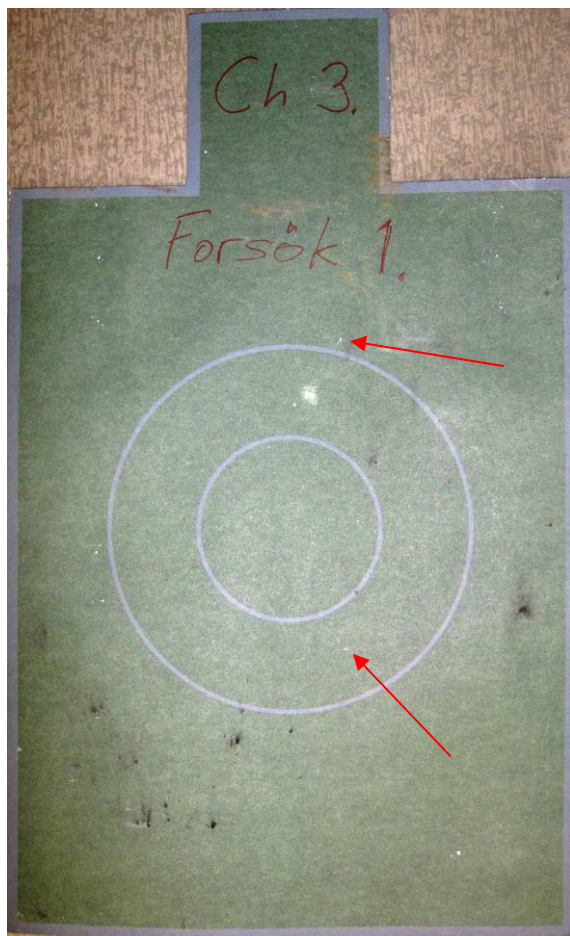
Figur 6.5: *Temperaturmåling (Ch 4); prosjektil i mose (innfelt).*



Figur 6.6: *Temperaturmåling (Ch 5); prosjektil i mose (innfelt).*



Figur 6.7: Temperaturmåling (Ch 6); prosjektil i mose (innfelt).

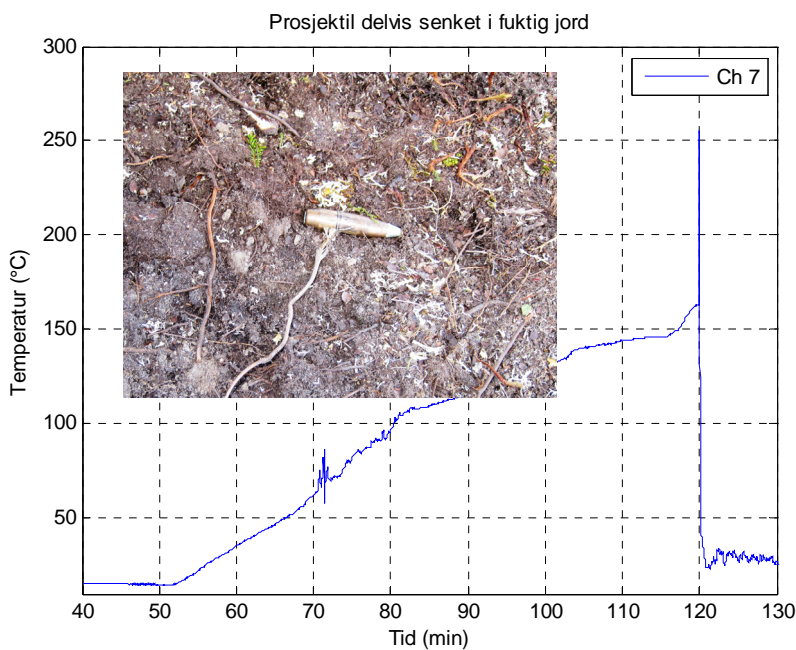


Figur 6.8: To fragmenter som har perforert vitneplate av papp (anvist med røde piler). Andre treff som ikke er perforeringer kan også ses (hvite og sorte felt).

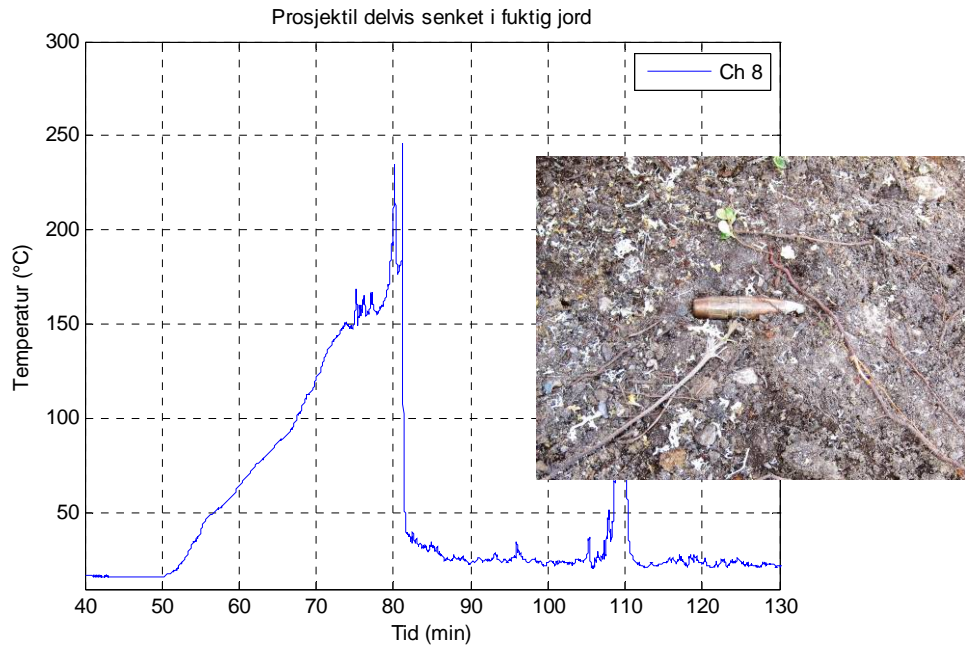
6.2.2 12,7 mm MP delvis nedsunken i jord

Figur 6.9 - Figur 6.13 viser temperatur som funksjon av tid samt prosjektillets posisjonering i jordsmonnet før oppfyring. Grafene viser tydelig tidspunktet for oppfyring og tidspunktene for omsetning. Alle fem blindgjengerne ble omsatt. Temperaturen ved omsetningen var 150 – 200 °C. Første omsetning var ca 25 minutter etter oppfyring, siste etter ca 65 min. Lufttemperaturen under forsøket er vist i Figur 6.14.

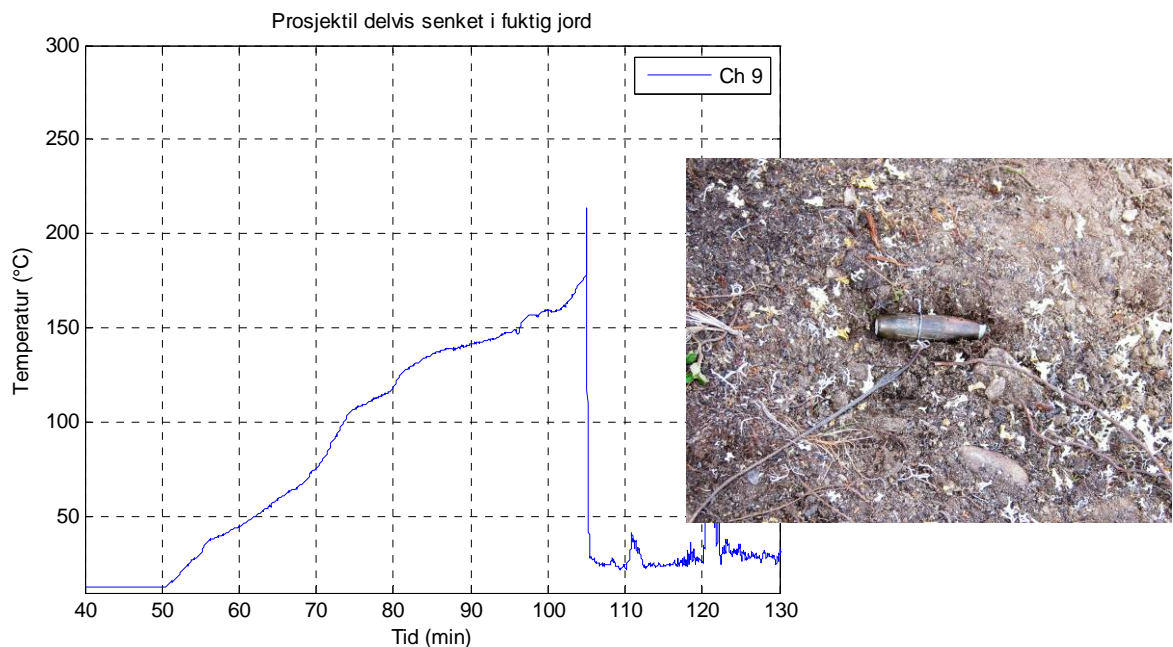
Kun ett av disse fem forsøkene ga en perforering i vitneplate av papp. Dette er vist i Figur 6.15. Det ble ikke registrert perforeringer i aluminiumsplatene. Disse resultatene gir derfor samme konklusjon som i avsnitt 6.2.1: Vitneplatene i aluminium og papp viste at en person sittende i nærheten (ca 0,5 m) under omsetning vil bli truffet av fragmenter. Fragmentene som er registrert har ikke tilstrekkelig kinetisk energi til å perforere aluminiumsplatene, men har i noen tilfeller perforert pappskiven. De kan dermed ikke anses for å være dødelige, men vil kunne skade sårbare organer som øye ved direkte treff. Fragmentene vil både være gjenstander fra grillen (kull og aluminiumsbiter) og fra selve prosjektilet (bøssing med glødende brannsalt).



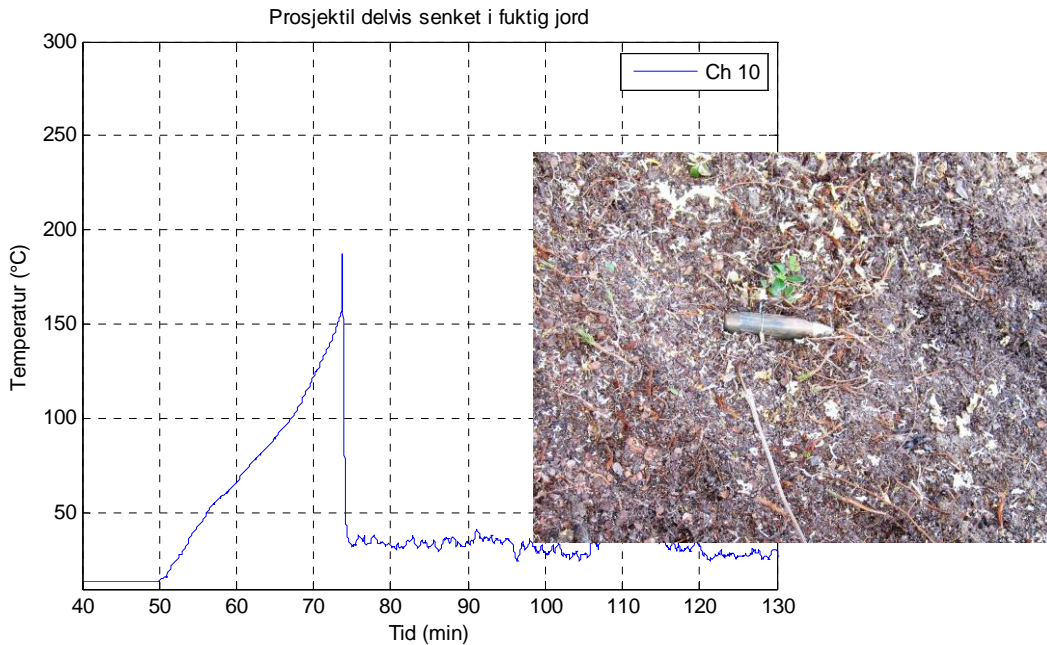
Figur 6.9: Temperaturmåling (Ch 7); prosjektil delvis nedsenket i jord (innfelt).



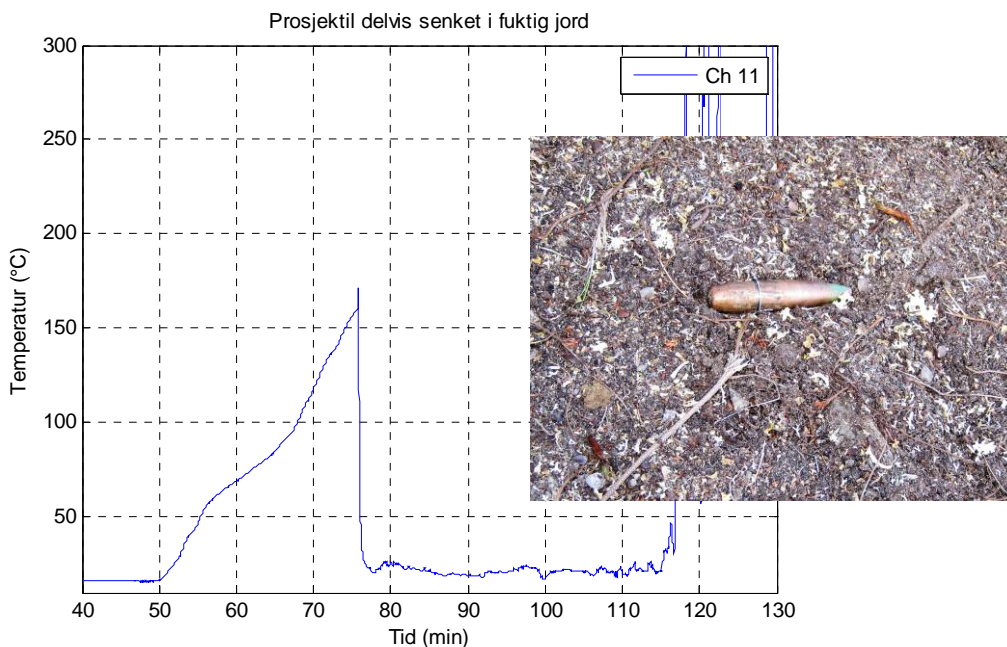
Figur 6.10: *Temperaturmåling (Ch 8); prosjektil delvis nedsenket i jord (innfelt). Temperaturstigningen etter omsetningstidspunktet (ca 82 min) er et resultat av at termoelementet opprinnelig festet til yttersiden av blindgjengeren ble liggende løst i vegetasjonen og som ble satt i brann etter omsetningen.*



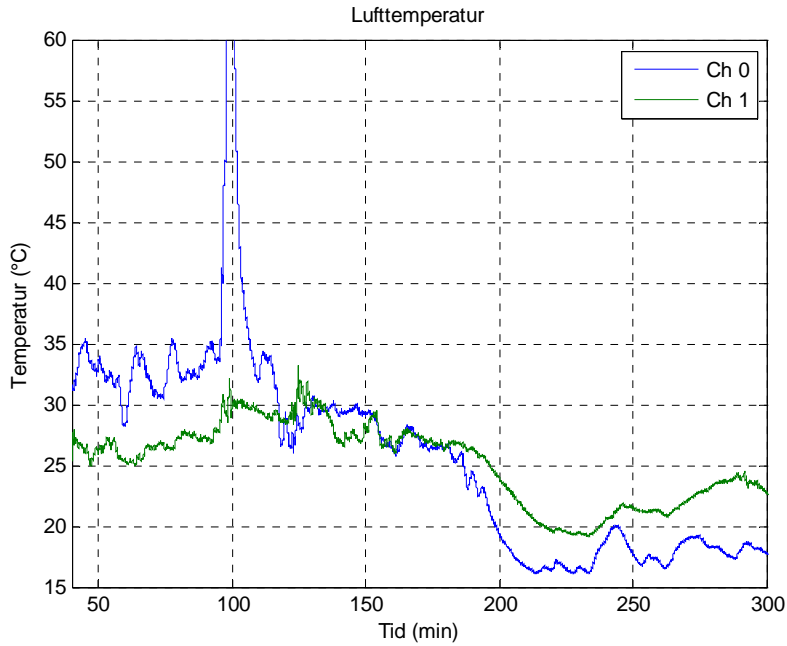
Figur 6.11: *Temperaturmåling (Ch 9); prosjektil delvis nedsenket i jord (innfelt). Temperaturstigningen etter omsetningstidspunktet er et resultat av at termoelementet opprinnelig festet til yttersiden av blindgjengeren ble liggende løst i vegetasjonen og som ble satt i brann etter omsetningen.*



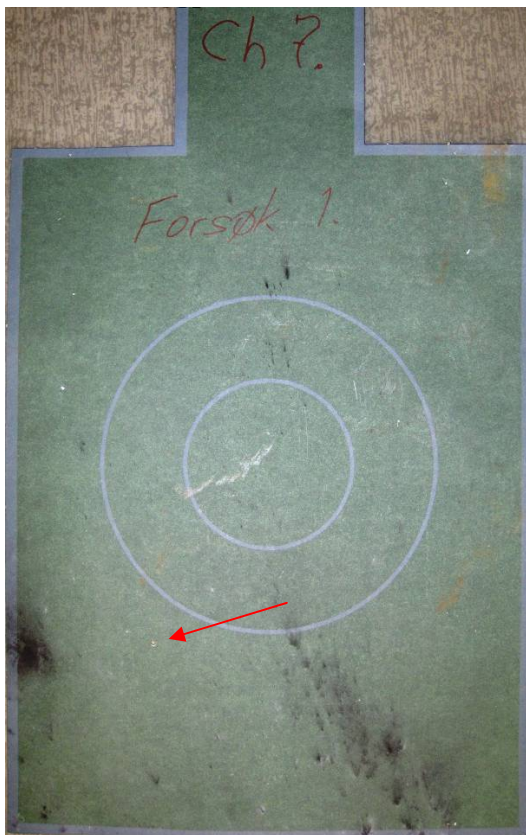
Figur 6.12: *Temperaturmåling (Ch 10); prosjektil delvis nedsenket i jord (innfelt). Temperaturstigningen etter omsetningstidspunktet) er et resultat av at termoelementet opprinnelig festet til ytersiden av blindgjengeren ble liggende løst i vegetasjonen og som ble satt i brann etter omsetningen.*



Figur 6.13: *Temperaturmåling (Ch 11); prosjektil delvis nedsenket i jord (innfelt). Temperaturstigningen etter omsetningstidspunktet er et resultat av at termoelementet opprinnelig festet til ytersiden av blindgjengeren ble liggende løst i vegetasjonen og som ble satt i brann etter omsetningen.*



Figur 6.14: Lufttemperaturen målt under forsøksrunde 1. Ch 0 viser temperaturen målt i sola. Den har en kraftig økning etter ca 100 min som skyldes brann i lyngen. Ch 1 viser temperaturen målt i skyggen.



Figur 6.15: Ett fragment har perforert vitneplate av papp (anvist med rød pil). Andre treff som ikke er perforeringer kan også ses (hvite og sorte felt).

6.3 Resultater forsøk 2

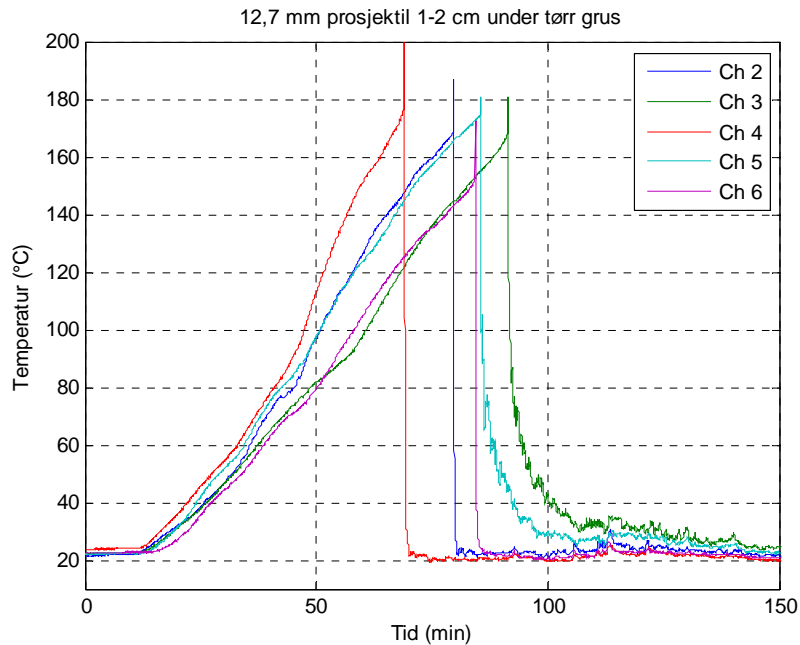
6.3.1 12,7 mm MP nedsenket i grus og jord

Figur 6.16 viser temperatur som funksjon av tid. Grafene viser tidspunktet for oppfyring og tidspunktene for omsetning. Alle fem blindgjengerne ble omsatt. Temperaturen ved omsetningen var mellom 160 – 180 °C. Første omsetning var ca etter 68 minutter fra oppfyring, siste etter ca 92 min. En bildesekvens av en utvalgt omsetning er vist på side 40.

Ved to av fem blindgjenger kan det tyde på at prosjektilet har hatt en lavordens omsetning. Grunnen til denne antagelsen er at to prosjektiler ble funnet der kun nesepartiet er åpnet opp, men uten tegn til rester av eksplosiver. Dette avviker fra de andre tre tilfellene der få eller ingen fragmenter av bøsningen ble funnet. De to prosjektilene som er delvis intakt er vist i Figur 6.17, eksempler på fragmenter funnet ved de tre andre oppsettene er vist i Figur 6.18. En bildesekvens av en utvalgt omsetning er vist på side 41.

Lufttemperaturen under forsøket er vist i Figur 6.19.

Det ble ikke registrert perforeringer i noen vitneplater av aluminium. En perforering ble registrert i oppsett Ch 6. Denne er vist i Figur 6.20. Dette viser at en person som sitter i nærheten (ca 0,5 m) under omsetning kan og vil bli truffet av fragmenter. Hva som har perforert denne papplaten er uvisst, men fragmentene vil kunne være gjenstander både fra grillen (kull og aluminiumsbiter) og fra selve prosjektilet (bøsning med glødende brannsat). I tillegg vil man ha en del utkast av grus og småstein. Siden det ikke finnes hastighetsmåling av dette fragmentet, eller et mål på penetrasjonsevne i eksempelvis 2 mm aluminium, er det ikke mulig å fastslå hvilken skadevirkning dette fragmentet ville hatt.



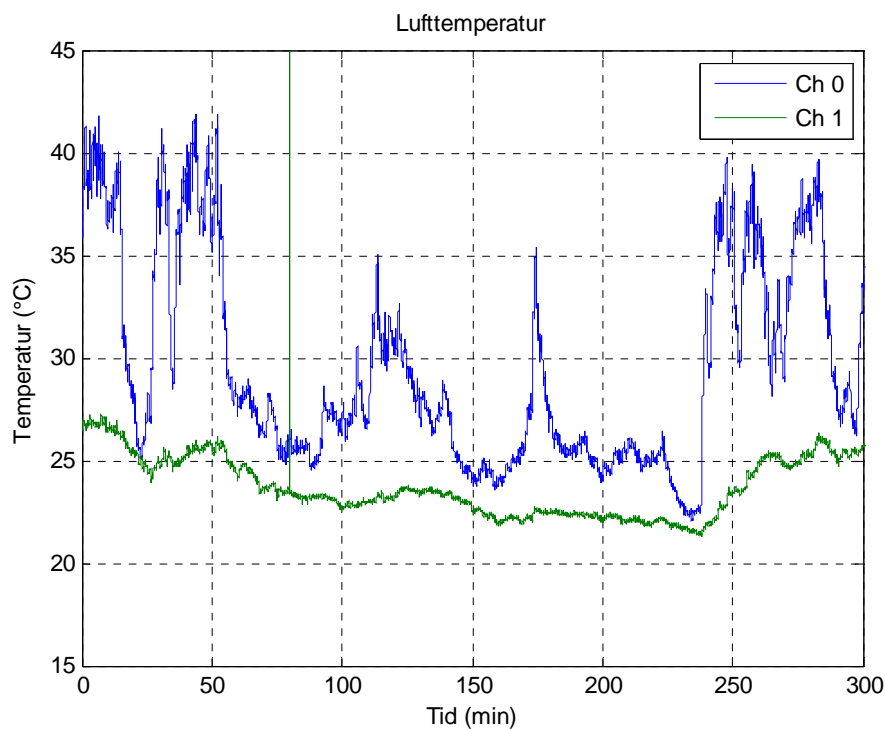
Figur 6.16: Temperaturmåling (Ch 2 – Ch 6), prosjektil nedsenket i grus og jord med 1-2 cm overdekning målt fra prosjektilets øverste punkt. Vi ser her at Ch 3 og Ch 5 viser et noe slakere temperaturfall enn de andre. Dette er pga at termoelementet ikke ble revet av blindgjengerne under omsetningen (som antas å være lavordens i disse to tilfellene).



Figur 6.17: Restene av prosjektilet som ble funnet i to av fem tester der blindgjengerne var nedgravd i grus med 1-2 cm overdekning. Venstre bilde fra Ch 3 og høyre bilde fra Ch 5.



Figur 6.18: Eksempel på fragmenter funnet etter antatt høyordens omsetning. Denne er fra Ch 6.



Figur 6.19: Lufttemperaturen målt under forsøksrunde 2. Denne runden inneholdt både 12,7 mm og 20 mm prosjektiler. Prosjektilene var delvis nedsenket i jord eller dekket av 1-2 cm grus. Ch 0 viser temperaturen målt i sola som tittet frem bak skyene med jevne mellomrom. Ch 1 viser temperaturen målt i skyggen.



Figur 6.20: Perforering gjennom vitneplate av papp i oppsett navngitt Ch 6.

6.3.2 20 mm MP delvis nedsunket i jord

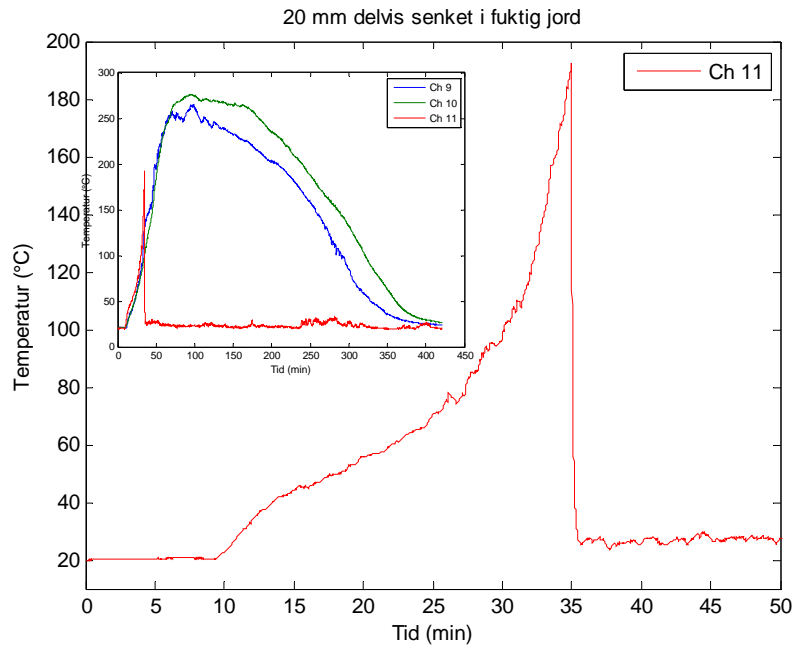
Figur 6.21 viser temperatur som funksjon av tid. Lufttemperaturen under forsøket er vist i Figur 6.19. Posisjonering av de tre blindgjengerne er vist i Figur 6.22. Grafene i Figur 6.21 viser tydelig tidspunktet for oppfyring. Figuren viser også at i dette tilfellet ble kun ett prosjektil omsatt. En bildesekvens av omsetningen, som inntraff ca 25 min etter opptenning, er vist på side 42. Temperaturen målt på prosjektilet var da ca 190 °C. Videre viser temperaturforløpet til de to gjenværende prosjektilene at maksimal temperatur ble oppnådd ca 85 minutter etter opptenning og var henholdsvis 265 °C og 276 °C for Ch 9 og Ch 10. Dette burde være tilstrekkelig temperatur til at også disse skulle bli omsatt. Grunnen til at de ikke ble omsatt var at disse blindgjengerne var av typen øvingsammunisjon og dermed ikke inneholdt eksplosiver. Dette er verifisert av Forsvarsbygg².

Denne hendelsen beviser at prosjektiler som har ligget ute i terrenget og har vært utsatt for miljøpåvirkninger, ikke alltid lar seg identifisere. Det kan derfor være vanskelig å avgjøre om blindgjengerne er kalde (øvingsammunisjon) eller skarpe (MP-ammunisjon). Til tross for dette viser forsøkene at også blindgjengerne av typen 20 mm MP er følsomme for oppvarming. Dette styrkes ytterligere med resultatene i avsnitt 6.3.3.

Det ble ikke registrert perforeringer i vitneplaten av papp. Figur 6.23 viser en overflateskade i vitneplaten av 2 mm aluminium. Dette viser at en person som sitter i nærheten (ca 0,5 m) under omsetning vil bli truffet av fragmenter som både kan være gjenstander fra grillen (kull og

² Meddelelse til FFI fra Maj Arnfinn Roseth.

aluminiumsbiter) og fra selve prosjektilet. Fragmentet som har truffet aluminiumsplaten kan ikke i dette tilfellet anses for å være dødelig, men vil kunne skade sårbare organer som øye ved direkte treff.



Figur 6.21: Temperaturmåling av 20 mm MP prosjektile delvis nedsenket i fuktig jord. To av prosjektilene (Ch 9 og Ch 10) ble ikke omsatt (innfelt).



Figur 6.22: Plassering av 20 mm blindgjengere før oppfyring. Øverst til venstre: Ch 9. Øverst til høyre: Ch 10. Nederst Ch 11.

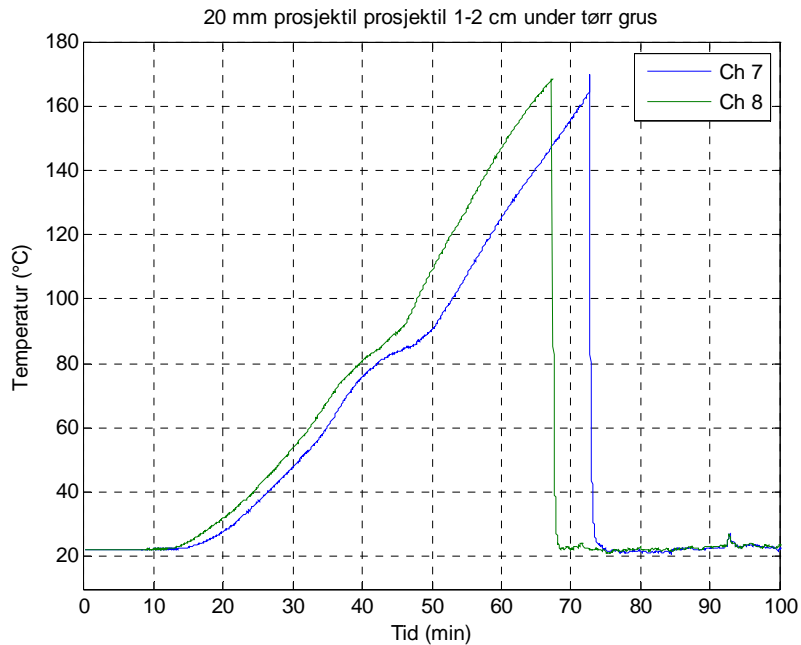


Figur 6.23: Overflateskade i vitneplate av 2 mm tykk aluminium. Vitneplaten tilhører oppsettet målt av Ch 11.

6.3.3 20 mm MP nedsenket i grus og jord

Figur 6.24 viser temperatur som funksjon av tid. Lufttemperaturen under forsøket er vist i Figur 6.19. Grafene viser tydelig både tidspunktet for oppfyring og tidspunktene for omsetning. Begge blindgjengerne ble omsatt. Temperaturen ved omsetningen var mellom 160 – 170 °C. Første omsetning var ca 68 minutter etter opptenning og siste etter ca 74 min. Bildesekvens av en utvalgt omsetning er vist på side 43.

Det ble ikke registrert perforeringer i noen vitneplater av papp. Figur 6.25 viser ett treff i aluminiumsplate tilhørende Ch 8. Selv om 20 mm MP ammunisjon inneholder en større mengde eksplosiver enn 12,7 mm MP er den kinetiske energien ikke tilstrekkelig til å perforere aluminiumsplaten, men lager her kun et sår i overflaten. Dette bekrefter at en person som sitter i nærheten (ca 0,5 m) under omsetning kan bli truffet av fragmenter som både kan være gjenstander fra grillen (kull og aluminiumsbiter), fra selve prosjektilet (bøssing med glødende brannsat), samt utkast fra overdekkende grus og småstein. Fragmentet som har truffet aluminiumsplaten kan ikke i dette tilfellet anses for å være dødelige, men vil kunne skade sårbare organer som øye ved direkte treff.



Figur 6.24: Temperaturmåling av 20 mm MP prosjektil nedsenket 1-2 cm i grus målt fra prosjektilets øverste punkt.



Figur 6.25: Overflateskade i vitneplate av 2 mm tykk aluminium. Vitneplaten tilhører oppsettet til Ch 8.

6.4 Oppsummering og generelle betraktninger

Forsøkene viser at blindgjengerne fra både 12,7 mm MP og 20 mm MP er følsomme for oppvarming fra en engangsgrill. Blindgjengerne som ble testet, omsettes når temperaturen er i området 150-250 °C. Dette er lavere enn maksimaltemperaturen en engangsgrill oppnår på undersiden i løpet av branntiden. Alle blindgjengerne ble omsatt i tidsrommet 10-92 minutter

etter oppfyring. Dette vil være innenfor brukstiden av grillen og følgelig når personer oppholder seg i nærheten.

Fragmentene som er registrert av vitneplatene er få og tyder ikke på å være livstruende, men vil kunne skade sårbare organer som øye ved direkte treff. Det bør videre påpekes at filmopptakene viser at en skur av splinter blir dannet ved omsetning, og at hovedtyngden ikke blir registrert av vitneplatene da de har retning opp fra bakken. Vitneplatene var i disse forsøkene plassert slik det ville være naturlig for en person å være plassert i forhold til engangsgrillen, dvs. ca 0,5 m ut til siden. Om en person lener seg over grillen, eller har hendene over grillen, vil vedkommende med stor sannsynlighet bli utsatt for en større antall fragmenter. Skadeomfanget vil i en slik situasjon dermed bli større. Ut fra en slik betraktning kan en derfor si at konsekvensen med stor sannsynlighet vil være av typen "ubetydelig skade" til "alvorlig skade". FFI vil likevel ikke utelukke at et "dødelig" utfall under helt spesielle omstendigheter kan inntreffe. Sjansen for et slikt utfall vurderes derimot som svært lav.

Bøssingen til 20 mm MP ammunisjon er laget av stål, og vil være utsatt for korrosjon når blindgjengerne blir liggende ute i naturen. Fargemerkingen som viser forskjell mellom skarp (MP) ammunisjon og øvingsammunisjon kan/vil dermed forsvinne over tid. Dette innebærer at det ikke alltid er tilstrekkelig å inspisere visuelt for å avgjøre om en blindgjenger er skarp; dette var et faktisk tilfelle under forsøket beskrevet i avsnitt 6.3.2.

7 Sannsynlighetsvurdering

7.1 Generelt

Hendelsen som vurderes i dette avsnittet er en engangsgrill som blir plassert i tilstrekkelig kontakt med en blindgjenger og tent opp. Sannsynligheten for at denne hendelsen skal inntreffe beregnes. Bak disse beregningene ligger noen antagelser som vil kunne påvirke resultatet. Beregningene er kun ment som et overslag og er basert på de talldata som er tilgjengelig når rapporten skrives.

7.2 Akseptabel risiko

Begrepet *akseptabel risiko* er kontroversielt. Det finnes ingen tilsvarende risikoanalyse (så vidt vi vet) som vi direkte kan sammenligne med arbeidet beskrevet i denne rapporten. En må derfor sammenligne med risikoanalyser gjort i andre sammenhenger.

Ulike begreper [2] benyttes i forbindelse med risikohåndtering. ALARA³-nivået er ett av dem. Dette vil være risikonivåer som vil ligge mellom 10^{-4} og 10^{-7} pr år, som er nivåer forbundet med henholdsvis bilkjøring og sjansen for å bli truffet av lynet. En lovpålagt rapport som potensielt farlige industribedrifter i Nederland må utarbeide, innebærer at risikoen skal tallfestes med et

³ As Low as Reasonably Achievable (UK)

akseptkriterium for individuell risiko på 10^{-6} pr år. MEM⁴-begrepet innebærer at total teknologisk risiko vi utsettes for skal være mindre enn den minimale ikke-teknologiske ("naturlige") dødeligheten. I europeiske land er denne $2 \cdot 10^{-4}$ pr år.

I en rapport fra 2000 [6] har man beregnet risikoen (for dødelig utgang) for en rekke aktiviteter basert på statistiske data. Akseptabel risiko for 3. person (ufrivillig risiko) i forbindelse med ammunisjonslagring i Norge er satt til ca $2 \cdot 10^{-7}$ pr år. I den samme rapporten er det foreslått hva som anses som akseptabel risiko der eksplosiver er involvert. Tallet er satt til $1 \cdot 10^{-6}$ pr år pr person, mens for hele befolkningen er tallet satt til $1 \cdot 10^{-5}$ pr år. Vi ser derfor at akseptert risikonivå med dødelig utfall ligger i området 10^{-7} - 10^{-4} pr år, noe avhengig om det er en ufrivillig eller frivillig aktivitet.

Man kan fortsatt snakke om en risiko selv om det ikke innebærer dødelig utfall. Et eksempel hentet fra Statistisk sentralbyrå [7] er en oversikt over antall skadde i trafikken. For 2001 var tallet ca 10.000 for lettere skadde, og 1.000 for alvorlig skadde. Med folketall på ca 4,5 millioner mennesker (2001) utgjør dette en risiko på henholdsvis $2,2 \cdot 10^{-3}$ og $2,2 \cdot 10^{-4}$ pr år. Antall døde i trafikken var 300, dvs. en risiko på $6,7 \cdot 10^{-5}$ pr år. Dette vil være risiko, tilegnet forskjellige typer konsekvenser, en vanlig nordmann utsetter seg for i trafikken i løpet av et år. Om disse tallene er ansett for å være akseptable, sett ut fra dagens ulykkesnivå, er tvilsomt. Derimot vil man lettere kunne akseptere et ulykkesnivå som er en faktor 10 mindre. Det betyr i størrelsesorden 10^{-4} pr år for letter skader, 10^{-5} pr år for alvorlige skader.

7.3 Beregnet sannsynlighet

En situasjon der en engangsgrill blir plassert over en blindgjenger og tent opp vil med stor sannsynlighet føre til en ulykke (se kapitlene 4-6). Derimot finnes det ingen statistikk, eller data som kan kobles direkte til hvilken konsekvens en slik ulykke får. En vurdering av konsekvensen kan likevel gjøres på bakgrunn av den dokumentasjonen som finnes i denne rapporten. Resultatene viser at gitt at en opptenning finner sted i tilstrekkelig nærhet av en blindgjenger, vil dette føre til en ulykke. Risikoen vil da være lik sannsynligheten for at grillen blir satt i tilstrekkelig kontakt med en blindgjenger og tent opp.

I en FFI-rapport fra 2003 [5] ble det gjort en vurdering av blindgjengerfaren. Analysen bygde på tilgjengelige øvingsjournaler og rydderapporter fram til og med år 1999 og en del antakelser om blindgjengerrate. Blindgjengerraten var i noen grad basert på observasjoner og i noen grad på skjønn. De skjønnsmessige vurderingene ble for enkelte ammunisjonstyper satt konservativt for ikke å undervurdere faren. Det totale antall blindgjengere (også andre enn 12,7 mm og 20 mm) ble dermed totalt ca 89 000, hvor ca halvparten var 20 mm. Av 12,7 mm MP var antall blindgjengere ca 6000. Det har vært en del aktivitet på Hjerkinns også etter denne tiden. Hvis vi antar at rydderaten er lavere enn produksjonsraten for blindgjengere, kan vi anslå at det totale antallet blindgjengere har økt til totalt 100 000. Dette er trolig ikke for lavt.

⁴ Minimum Endogenous Mortality (Tyskland)

I den nevnte FFI-rapporten ble det også påvist at tettheten av blindgjengere var ujevnt fordelt med høyest konsentrasjon rundt Haukberget og nedre Grisungdalen med mer enn 6 blindgjengere pr dekar⁵, mens feltets ytterkanter generelt hadde svært lav konsentrasjon. I gjennomsnitt ville tettheten være ca 0,6 pr dekar.

Vi antar at det oppvarmede området som følge av bruk av grill⁶ er ca 0,15 m². En enkelt tilfeldig plassering av en grill i feltet innebærer derfor en sannsynlighet på ca $1 \cdot 10^{-4}$ for at grillen plasseres over en blindgjenger. Derimot, som omtalt over, er tettheten av blindgjengere variabel i skytefeltet. I områdene med høyest konsentrasjon vil sannsynligheten være 10 ganger større, i andre områder vil sannsynligheten være tilnærmet fraværende. Som vi har sett i de forgående avsnittene, så vil konsekvensen mest sannsynlig være at typen ubetydelig til alvorlig skade. Ved å sammenligne med de tall som er oppgitt for trafikkskader, ser vi derfor at den sannsynligheten eller risikoen man utsetter seg for ved en enkelt hendelse med engangsgrill i blindgjengerfeltet er sammenlignbart med risikoen man utsetter seg for i trafikken i løpet av ett år. Informasjon til brukerne av fjellområdet om hvor blindgjengerfaren er høyest bør kunne føre til en reduksjon i sannsynligheten for at en hendelse vil inntreffe.

Forsvarbygg, i samråd med turistmyndighetene, laget flere scenarier for fremtidig bruk av feltet. I disse scenariene lå det en antagelse om at det vil bli gått ca 100 000 person-km pr år inne i feltet. Fotturistene beveger seg hovedsakelig langs eksisterende veier og stier, eller i nærheten av disse. Vi antar at en person som vil tenne opp en engangsgrill beveger seg ut av veien eller stien. Dersom man antar at en turgåer tenner en varmekilde for hver 30 km vil det bli tent ca 3000 varmekilder pr år. En engangsgrill mot bar mark vil trolig forekomme i et lite antall tilfeller. Som et eksempel vil 100 årlige opptenninger av en grill mot bar mark (3,3 % av antatt totale antall opptenninger) gi en større eller mindre ulykke hvert 100. år, antatt uniform fordeling av blindgjengere.

8 Oppsummering og konklusjon

Denne rapporten viser at en varmekilde av typen engangsgrill er i stand til å avgi nok varme til å få omsatt blindgjengere av typen 12,7 mm og 20 mm MP-ammunisjon. Dette gjelder både ved direkte kontakt, men også når prosjektilet ligger nedgravd under grillen. Det er påvist at 1-2 cm med jord mellom grill og prosjektil ikke er tilstrekkelig for å hindre en omsetning. Tester med inerte prosjektiler viser at temperatur rundt 150 °C er oppnålig helt ned til 3 cm dybde. Denne temperaturen er sammenfallende med laveste registrerte temperatur ved omsetning av blindgjengere.

Sannsynligheten for at en turgåer tenner opp en engangsgrill og dermed utilsiktet påfører en blindgjenger en temperaturøkning er kvantifisert. Sannsynligheten er basert på en rekke

⁵ FFI-rapporten fra 2003 antyder 1.5 pr dekar, men ved en feil ble det riktige tallet dividert med 4. Denne feilen påvirket ikke de øvrige resultatene i rapporten.

⁶ Vi har brukt et område som er litt større en grillen for å ta høyde for at blindgjengerne også har en viss størrelse.

antagelser. Det er antatt en uniform tetthet av blindgjengere, selv om tettheten av blindgjengere varierer fra området til område. Det vil også være områder som er mer tilgjengelige for menneskelig ferdsel enn andre. Det sistnevnte er ikke tatt hensyn til. Sannsynligheten for at et grill blir tent opp og fører til en ulykke er 10^{-4} . Hvis (eksempelvis) 100 engangsriller blir tent opp i feltet i løpet av et år, vil det innebære en ulykke ca hvert 100. år. Informasjon om hvor blindgjengerfaren er høyest, vil redusere denne sannsynligheten betraktelig.

Rapporten gir også et kvalitativt bilde av konsekvensen ved en ulykke der en blindgjenger av typen 12,7 mm og 20 mm MP ammunisjon blir omsatt. Et fåtall splinter ble registrert i de retningene som man antar en person vil oppholde seg under grillingen. Likevel viser filmopptak (gjengitt som bildesekvenser i Appendix A og Appendix B) at splintskuren ved omsetning er omfattende og kan gi ubetydelige til alvorlige skader hvis en person blir truffet. Under helt spesielle omstendigheter kan en heller ikke utelukke dødelig utfall. Dog vurderes sannsynligheten for dette som vesentlig mindre enn de to andre gruppene av konsekvenser. Risikoen ved en enkelt opptenning av en grill på Hjerkinnskytefelt er sammenlignbar med risikoen man utsettes for i trafikken i løpet av et år.

Referanser

- [1] A. Roseth, "Forsvarets bruk av hjerkinnskytefelt 1923 - 2003. Forsvarets etterlatenskaper blindgjengere og eksplosivrester," Forsvarets logistikkorganisasjon/Land/Teknisk materielldivisjon, Dec. 2003.
- [2] K. Strømseng and E. Svinsås, "NATO JWC Jåttå - Risikoanalyse for tilgrensende bebyggelse," 2005-0663, Nov. 2005.
- [3] J. C. Olsen and B. E. Wold, "Replacement of PETN explosive in 12,7 mm MP projectiles,"
- [4] "Raufoss Mk 211," Wikipedia, 2-6-2009. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Raufoss_Mk_211. [Accessed: 24-8-2009].
- [5] O. Dullum, "Blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt - en statistisk analyse," FFI-rapport 2003/07188, 2003.
- [6] "Risk-based explosives safety analysis," Department of Defence Explosives Safety Board, 2000. [Online]. Available: <http://uxoinfo.com/blogfc/client/enclosures/ddebttechPaper14.pdf>. [Accessed: 19-8-2009].
- [7] "På fire hjul," Statistisk sentralbyrå, 2009. [Online]. Available: <http://www.ssb.no/norge/transport>. [Accessed: 24-8-2009].

Appendix A Bildegalleri av blindgjengere under omsetning

A.1 12,7 mm MP-ammunisjon liggende i vegetasjon av lyng og mose



Figur A.1: Bildesekvens som viser omsetningsforløpet til en blindgjenger av typen 12,7 mm MP lagt i vegetasjon av lyng og mose, og som bli oppvarmet av en engangsgriil.

A.2 12,7 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus



Figur A.2: Bildesekvens som viser omsetningsforløpet til en blindjenger av typen 12,7 mm MP som er 1-2 cm nedgravd i tørr sand, og som bli oppvarmet av en engangsgrill.

A.3 12,7 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus; lavere ordens omsetning



Figur A.3: Bildesekvens som viser omsetningsforløpet til en blindgjenger av typen 12,7 mm MP som var 1-2 cm nedgravd i tørr sand, og som bli oppvarmet av en engangsgrill. Dette forløpet viser at omsetningen muligens er av lavere orden hvis man sammenligner med Figur A.2.

A.4 20 mm MP-ammunisjon delvis nedsunken i jord



Figur A.4: Bildesekvens som viser omsetningsforløpet til en blindgjønger av typen 20 mm MP delvis nedgravd i fuktig jord, og som bli oppvarmet av en engangsgrill.

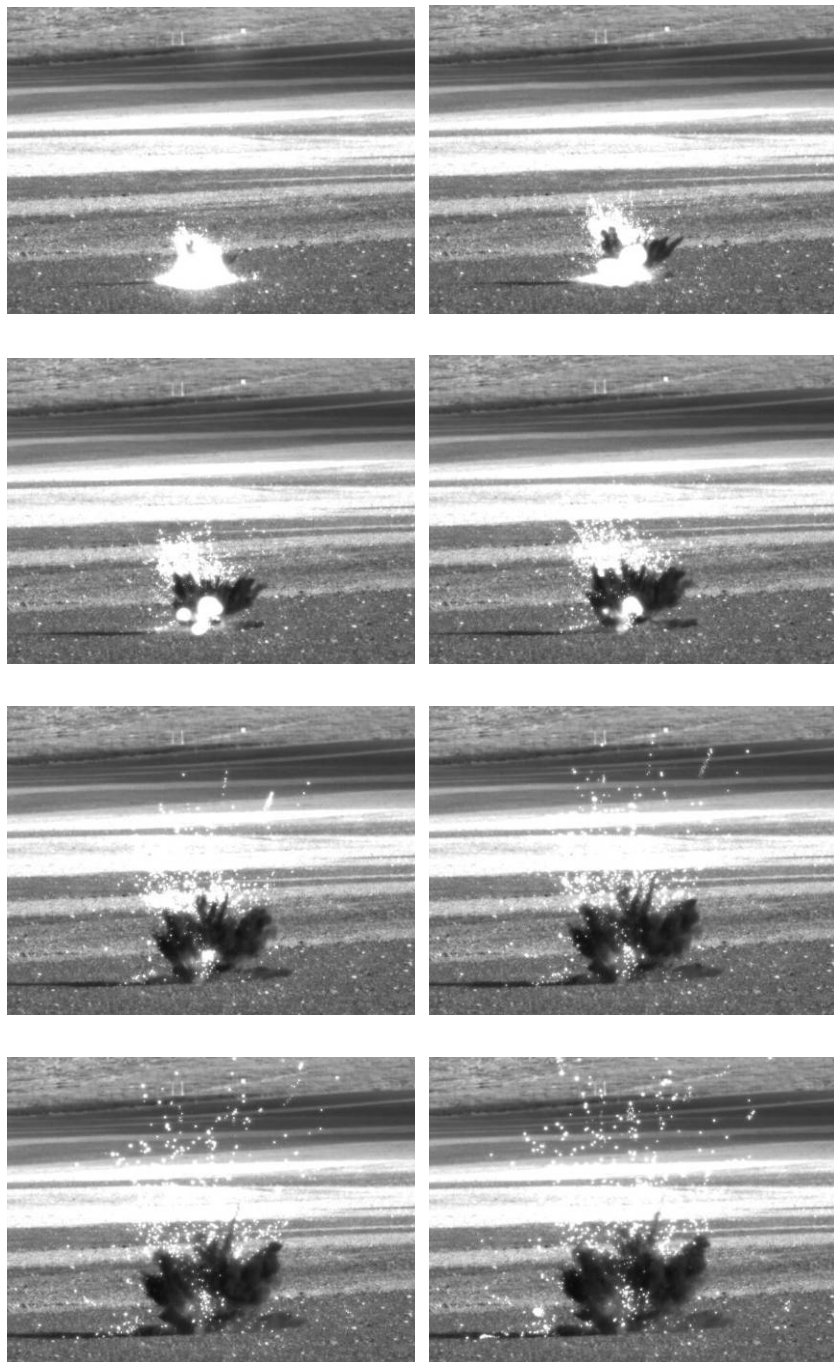
A.5 20 mm MP-ammunisjon dekket av 1-2 cm grus



Figur A.5: Bildesekvens som viser omsetningsforløpet til en blindgjønger av typen 20 mm MP som er 1-2 cm nedgravd i tørr sand, og som bli oppvarmet av en engangsgrill.

Appendix B Omsetning filmet med høyhastighetskamera

For å få et bedre bilde av virkningen fra en blindgjenger av typen 12,7 mm MP, ble omsetningen filmet med høyhastighetskamera. Antall bilder i sekundet er 12000, med en lukkertid på 1/40000 sekund. Oppløsningen er 512x384 piksler. Bildesekvensen er vist under.



Figur B.1: Bildesekvens fra høyhastighetskamera der blindgjenger av typen 12,7 mm MP blir utsatt for oppvarming fra en engangsgrill. Bildene er tatt (lest i rekkefølgen øverst fra venstre og ned til høyre) 2,5 ms; 5 ms; 7,5 ms; 10 ms; 15 ms; 20 ms; 25 ms; og 30 ms etter omsetningens starttidspunkt.

Bildesekvensen viser glødende fragmenter. Dette kan være fra brannsatsen i ammunisjonen, glødende splinter fra bøssingen eller glødende kullrester fra grillen. Sort røyk er karakteristisk for militære eksplosiver, men i dette tilfellet kan vi også se kullrester.