



FFI-rapport 2014/01042

Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en oppdatert vurdering



Ove Dullum



Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en oppdatert vurdering

Ove Dullum

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

13. februar 2015

FFI-rapport 2014/01042

393301

P: ISBN 978-82-464-2494-1

E: ISBN 978-82-464-2495-8

Emneord

Ammunisjon

Risikoanalyse

Skytefelt

Godkjent av

Eirik Svinsås

Prosjektleder

Jon E. Skjervold

Avdelingssjef

Sammendrag

Denne rapporten er laget på oppdrag fra Forsvarsbygg Utvikling Øst/Hjerkinn PRO. Hensikten med rapporten er å belyse kvaliteten på ryddingen av Hjerkinn skytefelt og å være et hjelpemiddel i arbeidet med å rasjonalisere leteprosessen. Rapporten bygger på en tilsvarende rapport fra 2012 [1], men oppdaterte tall fra ryddingene i 2012, 2013 og 2014 er nå tatt med.

Hjerkinn PRO har som deloppgave å fjerne alle synlige blindgjengere i Hjerkinn skytefelt. Per dags dato (høsten 2014) er en betydelig del av denne oppgaven gjennomført, men noen mindre deler av feltet er ennå ikke gjennomført. Disse delene er lite tilgjengelige, men det må likevel forventes at en del objekter også blir funnet der.

Rapporten består av to deler. I den første delen er det brukt en statistisk modell for å beregne tallet på blindgjengere som kan forventes å være igjen i feltet, og hvor det er mest sannsynlig at de befinner seg. Denne analysen er basert på resultatene av de søkene som er gjort til nå.

Bruk av manngard én gang avdekker rundt 64 % av de blindgjengerne som ligger synlig i jordoverflaten. Tallet er imidlertid avhengig av vegetasjon og mikrotopografi, og det vil derfor være nødvendig å gå manngard flere ganger hvis sannsynligheten for funn er stor. En slik vurdering vil basere seg på tettheten av funn i tidligere letinger.

Den andre delen av rapporten er en enkel analyse av hvor lenge en slik lete- og ryddeprosess bør vare. Ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering av kostnaden forbundet med en eventuell framtidig ulykke på feltet, forsøker vi å fastsette et kriterium for når letingen etter blindgjengere bør avsluttes. Kostnaden for hver blindgjenger som blir funnet, vil øke etter hvert som feltet gradvis tømmes for dem. En slik kostnadsvurdering er imidlertid beheftet med flere svært usikre faktorer.

Letingen bør pågå inntil kostnaden per funn kommer på høyde med den sannsynlige samfunnskostnaden ved at noen blir skadet eller drept på grunn av blindgjengere i feltet. Man må da også ta hensyn til hvor sannsynlig det er at en slik ulykke skjer. Dette er det vanskelig å gi en sikker kvantitativ analyse av, fordi det berører menneskelig adferd. Imidlertid kan det se ut til at en kostnad på noen hundre tusen kroner per funn er forsvarlig.

Grunnlaget for den statistiske vurderingen, og i noen grad også for den økonomiske delen, vil endre seg etter hvert som nye funn blir gjort. Det kan derfor være nødvendig med en ny vurdering med jevne mellomrom, tentativt minst annethvert år.

English summary

This report is made on the request from the Norwegian Defence Estates Agency's project Hjerkin PRO. The purpose of the project is to remove all visible duds and other ordnance objects in the now abandoned Hjerkin Firing Range.

The aim of this report is to evaluate the clean-up operation, which has been ongoing since 2006, and to provide a tool for rationalizing the search process. The report is an update of a similar report from 2012, now including additional results from the clean-ups done in 2012, 2013, and 2014.

Today, a large part of the area has been searched at least once, and some areas have been searched several times. However, several hundred duds are still remaining, both in the searched areas and in the areas that are not yet searched.

The report consists of two parts. The first part (chapters 2 and 3) analyses the clean-up process in a statistical manner that results in an estimate of the number of remaining duds expected to be in the area, and where to search in order to find as many duds as possible. This evaluation is based on the results of the searches made so far.

The use of a posse of personnel will uncover around 64% of the objects that can be found in the area. However, the quality of the search will depend on the degree of vegetation as well as the microtopography. Thus, raising a posse several times in an area may be required if the expected number of objects is high.

The second part of the report is a simple analysis of how long such a clean-up process should go on. From a socio-economic viewpoint, there is a certain cost, due to a certain risk, attached to any dud remaining in the area. As long as this cost exceeds the cost of finding and removing a dud, the clean-up should continue. However, as the clean-up goes on, the number of remaining duds will decrease, and the cost per dud found will increase. Ultimately, a break-even point will be reached, at which the clean-up should cease.

In the analysis, the probability that anyone discovers and manipulates the duds until detonation must be accounted for. This is a very difficult issue that addresses unquantifiable factors related to human behaviour. However, a reasonable and somewhat conservative estimate indicates that a search should continue until the cost per object found exceeds some hundred thousand NOK.

Innhold

1	Innledning	7
2	Statistisk modell	7
2.1	Database av funn	7
2.2	Matematisk beskrivelse av modell	10
2.3	Resultater	12
2.4	Vurdering av resultatene	13
3	Letestrategi	13
4	Akseptabel risiko	16
4.1	Den samfunnsmessige kostnaden av en ulykke	16
4.2	Kostnaden av et funn	17
5	Diskusjon og konklusjon	19
	Litteratur	20

1 Innledning

Denne rapporten er en oppdatert versjon av en rapport fra 2012[1]. Den har til hensikt å belyse forskjellige sider ved letingen etter blindgjengere i Hjerkinns skytefelt. Denne oppryddingen er en del av arbeidet med å tilbakeføre skytefeltet til det sivile samfunnet som en del av en nasjonalpark.

En del av oppryddingen tar sikte på å fjerne alle synlige rester etter ammunisjon i hele feltet. Oppryddingen skjer ved at utdannet personell går manngard i den delen av året hvor det er barmark og fjerner alle de blindgjengere og sprengstoffrester man kommer over. Fram til 2014 er 91 % av områder gjennomført og 46 % av feltet er gjennomført flere ganger. Det viser seg imidlertid at antall funn som gjøres ved gjentatt leting er så mange at man må erkjenne at denne prosessen er langt fra fullkommen. Man må derfor tilstrebe og gjøre letingen så effektiv som mulig i forhold til en målsetning om å fjerne flest mulig av blindgjengerne. En slik leting kan ikke fortsette i det uendelige. Etter hvert vil letingen gi stadig færre funn og man vil nå et punkt hvor utgiftene for å finne en blindgjenger overgår det som er samfunnsøkonomisk regningsvarende.

En tidligere rapport [2] vurderte farenivået ved å ha blindgjengere liggende i feltet. Farenivået ved i vanvare å trække på en blindgjenger synes å være svært lavt. Det er imidlertid en fare forbundet ved at personer kan finne slike gjenstander og at de i uvitenhet håndterer dem på en måte som kan føre til omsetting. Det er imidlertid vanskelig å kvantifisere en slik risiko fordi den berører mer eller mindre irrasjonelle sider ved menneskelig adferd.

Det må antas at en stor andel av de gjenværende blindgjengerne på Hjerkinns befinner seg nede i bakken og derfor aldri vil bli funnet. Det antall funn som er gjort kan tyde på at majoriteten av objektene tilhører denne kategorien. Rapporten tar ikke for seg disse objektene.

2 Statistisk modell

2.1 Database av funn

Hjerkinns PRO har utarbeidet detaljerte kart og databaser over alle de funn som er gjort i feltet. Denne databasen, som angir funn av ammunisjon med kaliber over 20 mm, inneholder 2548 objekter. Med hensyn til når de ble funnet fordeler de seg slik:

- 2186 funn ble gjort ved 1. gangs søk
- 307 ble gjort ved 2. gangs søk
- 55 ble gjort ved 3. gangs søk eller senere

I den siste kategorien ble 8 funn gjort ved 4. gangs søk og ett funn ved 5 gangs søk. Disse er det ikke tatt hensyn til i statistikken fordi arealene er så små og tallene er så lave at det ikke gir noe nyttig bidrag.

I motsetning til forrige rapport er ansamlinger av funn, dvs. funn som er registrert med samme koordinater, nå behandlet som flere individuelle funn, og ikke som ett enkelt funn. Disse ansamlingene er funn som er samlet inn fra de omkringliggende områdene. På kartene får man imidlertid inntrykk av at dette er ett funn.

Til nå er graden av gjennom søking av området vært ganske variabel. En del mindre områder er det ikke søkt i. Store områder er gjennom søkt kun én gang, mens noen er gjennom søkt hele 8 ganger. Imidlertid er områder som er gjennom søkt mer enn 4 ganger et resultat av overlapp mellom tilliggende søkeområder.

Beliggenheten av funnene er vist i figur 2.1

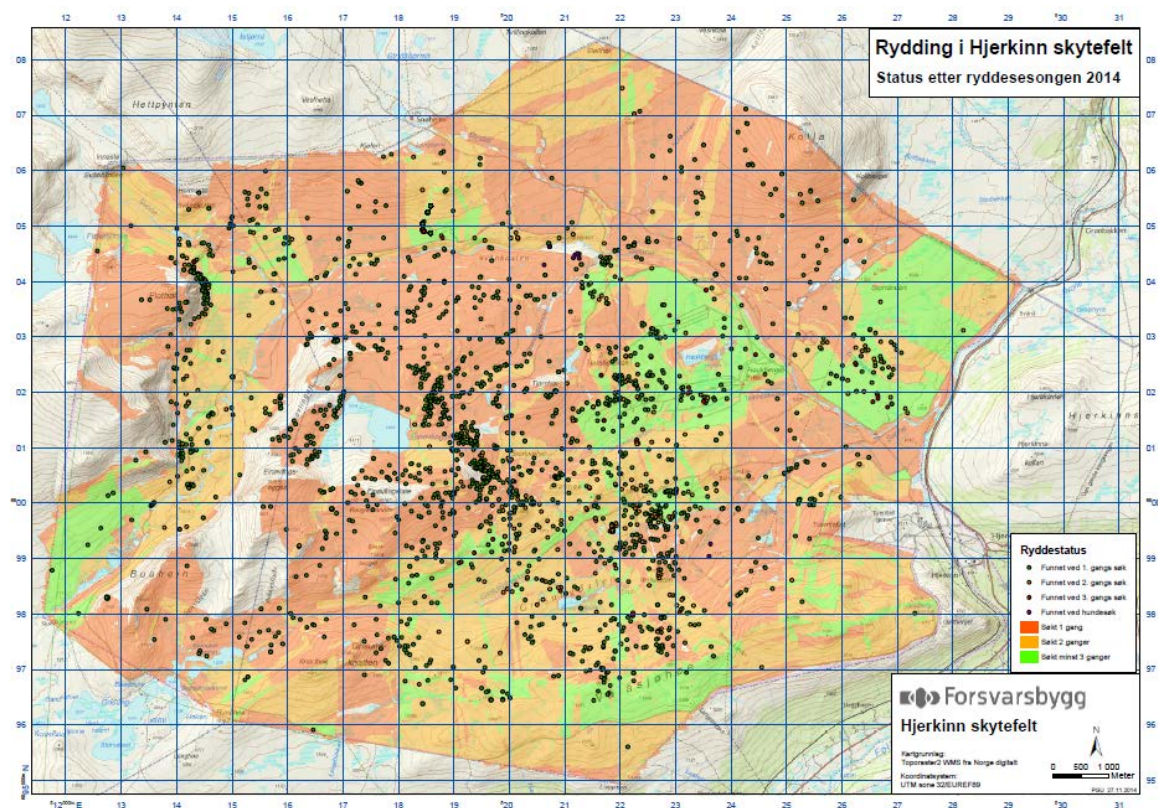


Fig 2.1 Funn gjort tom 2014.

For å få en formening om hvor god en søkeprosess er, vil funn gjort ved første gangs søk ha begrenset nytte, og sier ingenting om kvaliteten av søket. Man må derfor se på de områdene som er søkt flere ganger og der se på sammenhengen mellom antall funn fordelt på hvor mange ganger et område er gjennom søkt. Som eksempel: I de områdene som er gjennom søkt 3 ganger; hvor mange funn ble gjort ved 1. gangs søk; hvor mange ved 2. gangs søk, og hvor mange ved 3. gangs søk? Denne statistikken er samlet i tabell 2.1.

# ganger gjennomført	1. gangs søk	2. gangs søk	3. gangs søk	Areal (km ²)
1	1141			77,8
2	674	263		52,2
3	371	44	46	21,9

Tabell 2.1 Fordelingen av funn avhengig av hvor mange ganger området har blitt gjennomført. Verdiene for areal er omtrentlige og basert på en visuell vurdering av kartet.

Dersom vi først ser på de områder som er søkt kun to ganger, ser det ut som 674 funn ble gjort første gang og 263 funn annen gang. Antall funn i annen runde er altså 39 % av antallet i første runde. Forutsatt at kvaliteten på søkene er den samme i første og annen runde og også i eventuelle etterfølgende runder, vi det si at det sannsynlige antall funn som gjøres vil være rundt 39 % av antallet i foregående søk. Dermed vil man i dette området forvente å finne

- 103 funn i 3. gangs søk
- 40 funn i 4. gangs søk
- 16 funn i 5. gangs søk
- osv.

Imidlertid bør man ikke trekke slike trender for langt. Dersom man ser på de områdene som er søkt tre ganger ser man at man fant 371 objekter 1. gang, men bare 44 funn ble gjort i 2. søk, dvs. bare 12 % av 1. gang. Til gjengjeld ble hele 46 funn gjort ved 3. gangs søk.

Slik statistikk vil aldri gi presise svar på hvor god en leteprosedyre er. For det første vil man ha stokastiske variasjoner på grunn av et begrenset antall funn. For det andre vil deteksjonssannsynligheten avhenge av flere faktorer som:

- vegetasjon
- marktype
- været
- kvaliteten på søkemannskapene

Det er derfor ikke annet å vente enn at man vil ha store variasjoner i hvilken grad antall funn ved ett søk forholder seg til antall funn i forrige søk av et område. Det kan imidlertid settes opp en matematisk modell som finner den mest sannsynlige verdien av antall objekter i området basert på de funn som er gjort. Denne modellen blir forklart i neste avsnitt.

2.2 Matematisk beskrivelse av modell

Problemstillingen er

I et område befinner det seg et ukjent N antall objekter. Det er en viss sannsynlighet at et gitt objekt kan bli funnet ved et gitt søk. Denne deteksjonssannsynligheten er også ukjent og kalles for p . Ut fra de antall funn som er gjort, må det estimeres hvilke verdier N og p som er mest sannsynlig. Vi må anta at p er den samme ved alle søk.

La oss, som eksempel, se på det området som er gjennomført tre ganger. Under første søk ble det her funnet n_1 funn, annen gang ble det gjort n_2 funn og tredje gang n_3 funn.

Under en slik prosess vil sannsynlighetsfordelingen av antall funn ved et søk være gitt av en binomisk fordeling. Sannsynligheten, ved første gangs søk, for å gjøre x antall funn i et område med N antall objekter, og hvor deteksjonssannsynligheten er p , vil være lik

$$P_1(x) = \binom{N}{x} p^x (1-p)^{N-x}$$

Binomialkoeffisienten er definert som

$$\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

Ved annen gangs søk vet vi at antall objekter er redusert med antallet n_1 , men sannsynligheten for å finne et gitt objekt er den samme som før. Sannsynligheten for å finne x objekter blir da

$$P_2(x) = \binom{N-n_1}{x} p^x (1-p)^{N-n_1-x}$$

Ved tredje gangs søk er antallet redusert med ytterligere n_2 og sannsynligheten blir lik

$$P_3(x) = \binom{N-n_1-n_2}{x} p^x (1-p)^{N-n_1-n_2-x}$$

Disse sannsynlighetsfordelingene har en forventningsverdi på hhv

$$E_1(x) = Np$$

$$E_2(x) = (N - n_1) p$$

$$E_3(x) = (N - n_1 - n_2) p$$

og variansene blir

$$\text{var}_1(x) = Np(1-p)$$

$$\text{var}_2(x) = (N - n_1)p(1-p)$$

$$\text{var}_3(x) = (N - n_1 - n_2)p(1-p)$$

Nytten av å vite forventningsverdier og varianser vil bli klart etterhvert.

De tre fordelingene ovenfor gir oss tre likninger med to ukjente, men ettersom dette er stokastiske størrelser kan vi ikke forvente et eksakt svar. Vi kan imidlertid finne den kombinasjon av N og p som er den mest sannsynlige. Dette kan gjøres ved minste kvadraters metode. Vi forlanger at

summen av kvadratene av de relative avvikene mellom forventet antall funn og de aktuelle antall funn skal være minst mulig.

Matematisk kan dette formuleres som

$$\frac{d}{dp} \frac{d}{dN} \sum_{i=1}^3 \left(\frac{n_i}{E_i(x)} - 1 \right)^2 = 0$$

Dette uttrykket kan enklest løses ved hjelp av et regneark hvor man lager tabeller som regner ut summen i likningen over for forskjellige verdier av N og p . Den kombinasjon av N og p som gjør summen minst vil da være den kombinasjon som er mest sannsynlig.

For de områdene som er gjennomført kun to ganger, vil man fremdeles ha to ukjente, N og p , men man vil ha bare to fordelingsfunksjoner, dvs. to ukjente og to likninger. Løsningen av et slikt system vil da oppfylle kravet

$$\sum_{i=1}^2 \left(\frac{n_i}{E_i(x)} - 1 \right)^2 = 0$$

Selv om man her får en "eksakt" løsning, så er heller ikke her svaret eksakt fordi N og n_i er stokastiske størrelser. Man kan imidlertid bruke samme løsningsmetode som for tre og fire søk, dvs. å benytte regneark. I dette tilfellet bør svaret være i nærheten av det man kom fram til i den enkle analysen som ble gjort i avsnitt 2.1

2.3 Resultater

Resultatene av den analysen som er beskrevet ovenfor er vist i tabell 2.2

Antall søk utført	# funn	Sannsynlig antall (N)	Sannsynlig gjenværende antall	Deteksjons-sannsynlighet	Forventet # funn i neste søk
1	1141	1783	642	0,64	398
2	937	1097	160	0,62	99
3	461	476	15	0,69	10
Sum	2539	3356	817		507

Tabell 2.2 Resultater for forventet antall objekter og deteksjonssannsynlighet

Dersom man sammenligner estimatet av antall gjenværende objekter, vil man se at det er større enn det man estimerte for to-tre år siden. Dette kan umiddelbart synes underlig fordi man i mellomtiden har gjort mange funn. Forklaringen er man i disse årene har hatt en betydelig økning av det arealet som har blitt gjennomført. Tallet på gjenværende objekter kan øke inntil hele feltet er gjennomført minst én gang.

Dersom man vekter den beregnede deteksjonssannsynligheten med det arealet som er undersøkt 2 og 3 ganger får man en midlet sannsynlighet på 64 %. Dette tallet er brukt i tabellen ovenfor for å estimere tall for det området som kun er gjennomført én gang.

Antall søk utført	Standardavvik		
	1. gang	2. gang	3. gang
1	20,3		
2	16,1	10,0	-
3	10,1	4,7	3,6
	i % av antall funn		
1	1,8		
2	2,4	3,8	
3	3,1	6,5	8,6

Tabell 2.3 Standardavvik på antall funn i de områder som er søkt 2 eller 3 ganger

Disse resultatene vil selvsagt ikke være eksakte, men vil ha betydelige standardavvik.

Antallet funn som blir gjort under et søk har en varians som er lik antall funn. Standardavvikene, som er lik kvadratrotten av variansene blir dermed som i tabell 2.3. Disse tallene uttrykker en forventet feilmargin i de funnene som er gjort, men også i framtidige funn.

Tabellen viser at dersom man gjennom søker det området som har vært gjenstand for ett søk, så vil standardavviket i neste søk være rundt 3,8 %. Dvs., man vil sannsynligvis finne 642 ± 24 objekter. Det utelukker selv ikke at man kan finne f eks 700.

2.4 Vurdering av resultatene

Tallene må ikke tas for mer enn det de er; dvs. en statistisk analyse av hva som er forventet antall funn i neste søk, eller forventet antall gjenværende objekter man kan finne forutsatt at man bruker samme søkestrategi som før.

Tallene for forventede funn ser bort fra de som eventuelt måtte ligge i de områdene som ikke er gjennom søkt. Disse er ikke inkludert i disse tabellene. Dette arealet utgjør ca. 13 km², men er, etter kartet å dømme, ganske utilgjengelige områder. Ut fra tettheten av objekter i tilgrensende områder er det grunn til å tro at det ligger mellom 50 og 100 objekter der hvor man ennå ikke har søkt. Det reelle tallet for gjenværende synlige objekter kan derfor være i nærheten av 900.

Man kan også merke seg at statistikken sier at det mest sannsynlig er 15 objekter igjen i de områdene som er søkt 3 ganger. Som nevnt er det allerede funnet 9 objekter ved 4. og 5. gangs søk i disse områdene, slik at det sannsynlige gjenværende antallet egentlig er 6. Det vil derfor ikke være regningssvarende å lete mer i disse områdene.

3 Letestrategi

Søket etter blindgjengere må foregå i den erkjennelse at man aldri kan finne alle blindgjengerne, både fordi man aldri med sikkerhet kan si hvor mange blindgjengere som ligger igjen, og fordi den nødvendige innsatsen pr funn vil øke etter hvert som antall gjenværende objekter reduseres.

Det synes klart at målsetningen med letingen er at *gjenværende antall blindgjengere skal være så lite som mulig* når man ser hele feltet under ett.

Det primære kravet til en slik rydding må være at *alle områder, hvor det er mulig å ferdes, må gjennom søkes minst én gang*.

Når dette er gjort må man, ideelt sett, *til enhver tid lete i de områder man kan forvente å gjøre flest funn med de ressursene man rår over*.

Dette kravet er også en følge av at man har begrensede ressurser til rådighet og at man ikke helt vet når disse ressursene vil ta slutt. Avvik fra dette prinsippet kan derfor føre til at man ved prosjektets slutt har brukt store ressurser på å lete i et område hvor sannsynligheten for å gjøre funn var liten. Å foreta letingen der hvor sannsynligheten for funn er størst vil sikre optimal utnyttelse av ressursene og sikre at det statistiske grunnlaget for det videre arbeidet blir best mulig. Dette prinsippet kan imidlertid fravikes dersom det er områder hvor man med god grunn

kan forvente å gjøre få funn, selv ved første søk. Ved en slik vurdering må man bygge på kunnskapen om bruken av skytefeltet.

Når det primære kravet er oppfylt vil man kunne framstille en oversikt over hele området som viser sannsynlig tetthet av gjenværende objekter. Man bør da fortsette letingen i det området hvor den forventede tettheten av gjenværende objekter er størst. En slik oversikt vil kunne oppdateres etter hvert som resultatene fra søkene blir kjent.

Et eksempel på en slik framstilling er tabell 3.1 som viser antall funn som er gjort. Hvert rute representerer 1 km².

Tabell 3.2 viser forventet antall objekter man kan forvente å finne ved neste søk. Disse tallene er framkommet ved at man tar hensyn til hvor mange ganger ruten har vært gjennomført og hvor mange ganger funn som er gjort og i hvilke søk de er funnet. Selv om oppløsningen her er grov, indikerer det ganske klart at man vil ha mest utbytte av å lete i området som er markert med grønne tall.

Tabell 3.2 er produsert på et automatisert måte ved at man har tatt hensyn hvor mange funn som er gjort i hver rute og hvor stor leteaktivitet er har vært i den ruten. Man får da ikke med seg fordelingen av funn mellom områder det er søkt mye på og de det er søkt lite på innenfor ruten. Dette er også årsaken til at summen av gjenværende objekter i tabell 3.2 ikke stemmer det det som er regnet ut i tabell 2.2 (774 i tabell 3.2 vs. 817 i tabell 2.2).

Som man ser av tabellen som er det områdene øst for Einøvlingsvatnet og områdene midtveis nede i Grisungdalen som peker seg ut som de mest "lovende" leteområder. Det er også et område nord for Svånå (rute 1805) som inneholder svært mange funn i form av ansamlinger. Her er det imidlertid litt vanskelig å vurdere hvor mange gjenværende objekter som ligger igjen fordi det er uklart hvor stort område ansamlingen stammer fra.

Tabell 3.1 Antall funn fordelt over km-rutene. Minustegn indikerer at kun en liten del av ruten er gjennomført. Blanke ruter indikerer at ruten ikke er søkt i eller ligger utenfor feltet. Røde tall angir rutenummer.

								0	0	0	3	0	1				2807
	0	1	0	0	0	2	3	2	0	0	3	3	8	0			
	0	1	7	16	1	8	169	3	1	1	2	7	6	5	1	0	
	1	3	60	16	13	13	94	9	12	27	13	9	14	7	3	0	0
	0	6	61	4	12	11	23	19	14	15	14	8	4	4	8	0	1
	-0	-5	14	2	-17	19	40	42	21	23	48	9	9	11	36	1	0
	-0	-5	25	20	36	-1	72	74	16	40	27	25	2	3	13	2	
	-2	5	28	-1	26	22	34	133	55	28	41	15	4	17	3	0	
0	2	6	-5	-3	16	8	30	29	40	98	114	19	7	6	0	0	
1	9	1	-1	-2	4	3	14	10	24	17	23	13	9	2	0	1	
0	0	2	8	12	7	12	20	5	11	29	46	7	1	0	0	0	
	0	0	0	3	0	1	6	12	3	16	3	1	0	0			
1195				0	1	0	0	0	0	0	1						

Tabell 3.2 Forventet antall gjenværende objekter fordelt over km-rutene. Blanke ruter indikerer at letegrunnlaget er mangelfullt eller ligger utenfor feltet. Røde tall angir rutenummer. Grønne tall markerer de mest "lovende" rutene. Minustegn angir at mindre enn halve ruten er gjennomført

								0	0	0	1	0	0				2807
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	4	0	0		
	0	0	2	5	1	4	34	1	1	0	1	2	3	2	0	0	
	0	1	13	3	3	4	15	2	2	5	4	3	7	4	1	0	0
	0	3	4	1	6	6	13	10	7	2	4	3	1	2	3	0	0
	0	0	6	1	-4	9	21	16	8	3	11	3	2	2	9	0	0
	-0	0	12	3	10	-0	26	28	6	10	8	8	1	1	4	0	
	-0	-1	15	-0	6	7	7	51	15	9	12	4	1	5	1	0	
0	1	1	-1	-0	7	4	13	5	19	25	26	4	4	2	0	0	
0	2	0	-0	-0	2	0	4	4	10	3	7	3	5	1	0	0	
0	0	1	4	6	2	5	11	2	5	13	15	2	0	0	0	0	
	0	0	0	1	0	1	2	4	0	3	0	0	0	0	0		
1195				0	0	0	0	0	0	0	0						

4 Akseptabel risiko

Risiko kan sees fra to sider.

- *Individuell risiko.* Den risiko en person utsettes for, og som i større og mindre grad er kjent av personen. Denne typen risiko kan deles i flere grupper. Man kan skille mellom påtvungen og frivillig risiko. Grovt sett vil påtvungen risiko oppleves i noen grad i arbeidslivet, mens frivillig risiko er mer knyttet til fritidsaktiviteter. Man kan også skille mellom kjent og ukjent risiko som handler om hvorvidt personen er klar over, eller burde være klar over, hvilken risiko en aktivitet innebærer.
- *Kollektiv risiko.* Dette er risiko som samfunnet opplever. Egentlig er dette et spørsmål om hvilke utgifter samfunnet risikerer å bli påført dersom en ulykke inntreffer. I vårt tilfelle vil dette primært være eventuelle helseutgifter og tap av produksjonskapasitet. Imidlertid kan man også ta hensyn til mer fiktive utgifter som tap av velferd både hos den som er direkte rammet og for dens nærmeste.

4.1 Den samfunnsmessige kostnaden av en ulykke

Her vil vi ta utgangspunkt i en rapport fra Transportøkonomisk institutt (TØI) [3]. Denne rapporten tar for seg ulykker utenom arbeidsulykker og er således svært relevant. Eventuelle ulykker etter at Hjerkinnskytefelt er frigitt vil nesten utelukkende tilhøre kategorien fritidsulykker. Man må anta at aktiviteten knyttet til næringsvirksomhet vil være av svært lite omfang.

Rapporten fra TØI bruker den internasjonale skadeindeksen, AIS, som utgangspunkt. Samfunnets utgifter som funksjon av skadeindeks er vist i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Samfunnets utgifter ved ulike skader hentet fra TØI rapport 880/2007. Tallene er oppjustert med 15 % i forhold til kilden for å kompensere for økningen i konsumprisindeksen siden 2007.

AIS-nummer	Skade	Realøkonomisk kostnad (1000 NOK)	Velferdskostnad (1000 NOK)	Totalt (1000 NOK)
1	Liten	9	36	47
2	Moderat	247	749	996
3	Alvorlig	1243	1912	3155
4	Meget alvorlig	3849	6003	9852
5	Kritisk	4798	7484	12282
6	Dødelig	7017	20384	27401

I de realøkonomiske tallene ligger utgifter til medisinsk hjelp, rehabilitering, omskolering, produksjonstap, materiell skade og administrative utgifter. Velferdseffekten er mer uklar. Kort forklart er det en metode for å verdsette både enkeltpersonens egen velferd og pårørendes tap av velferd ved en eventuell ulykke. Dette er nærmere beskrevet i en annen rapport fra TØI [4].

En eventuell ulykke med en blindgjenger må forventes å føre til svært alvorlig personskader og med stor risiko for et fatalt utfall. Ut fra tallene i tabellen kan det derfor virke rimelig at en ulykke, i gjennomsnitt, vil påføre samfunnet en kostnad på ca. 20 millioner kroner.

4.2 Kostnaden av et funn

Etter hvert som ryddingen skrider fram, vil man oppleve at kostnaden pr funn øker fordi antall gjenværende objekter minker. Man vil derfor komme til et punkt hvor innsatsen for hvert nytt funn kan bli større en den samfunnsmessige nytten av å fjerne objektet.

Den samfunnsmessige kostnaden av at en gitt blindgjenger befinner seg i skytefeltet og med potensial for å utløse en ulykke, vil være et produkt av tre faktorer:

$$\begin{aligned} \text{Samfunnsmessig kostnad} &= \text{kostnad ved ulykke} \\ &\quad x \text{ årlig sannsynlighet for at noen skal bli drept eller skadet} \\ &\quad x \text{ blindgjengerens gjenværende levetid} \end{aligned}$$

Den første faktoren – kostnad ved ulykke – har vi allerede fastlagt til ca. 20 MNOK.

Levetiden av en blindgjenger er en usikker faktor. En ammunisjon som ligger ute, helt eller delvis nedgravd, vil korrodere. Tennkjeden vil etter hvert brytes ned og sprengstoff som utsettes for fuktighet vil desintegrere. Hastigheten dette skjer med vil være avhengig av fuktighet, temperatur og surhetsgraden i jorda. På Hjerkinn vil det være kaldt og tørt store deler av året. Jordsmonnet er noenlunde nøytralt. Forvitringen av ammunisjonen vil derfor ikke skje spesielt hurtig.

Vi vil her, trolig noe konservativt, anta at blindgjengernes levetid er 100 år. Resterende levetid av det som ligger igjen på Hjerkinn vil dermed være rundt 60 år, fordi objektene, i gjennomsnitt, allerede har ligget der i ca. 40 år. Her vil det naturligvis være store variasjoner.

Den årlige skadesannsynligheten er igjen avhengig av følgende

- sannsynligheten for at noen skal berøre eller oppdage blindgjengeren
- sannsynligheten for at dette skal utløse blindgjengeren

Vi har tidligere påvist [2] at sannsynligheten for å utløse en blindgjenger ved å trække på den, eller på marken umiddelbart over en nedgravd en, er meget lav og mindre enn $3 \cdot 10^{-4}$. Dette tallet er bygget på moskusens bruk av feltet og at et tråkk av moskus har minst like stor marktrykk som om et menneske tråkket på blindgjengeren. Det er imidlertid åpenbart at en stor del av blindgjengerne befinner seg nede i marken og vil være svært lite påvirket av et tråkk. Ut fra de rapporterte funnene fra ryddingen så langt, synes det realistisk at det totale antall som har blitt funnet og som det vil være mulig å finne i overflaten, er i størrelsesorden 3500 objekter. Moskusens vandringer tilsier at moskus må ha tråkket på slike blindgjengerer minst 100 ganger. Det har åpenbart skjedd uten at moskus har blitt skadet slik at sannsynligheten for å utløse en blindgjenger som ligger i overflaten, ved å trække på den, er mindre enn 1 %.

Sannsynligheten for at noen skal utløse eller oppdage blindgjengeren vil være proporsjonalt med trafikken i feltet. I den første rapporten benyttet man noen ferdselsscenarioer som antok at det ville bli gått ca. 20000 person-kilometer pr år utenfor veisystemene. Videre antok man at en fotturist trækker ned 0,05 m² pr utgått meter. Sannsynligheten for at noen skal trække på en gitt blindgjenger, som ligger i overflaten, og utløser den, vil dermed være mindre enn $6 \cdot 10^{-5}$ pr år. Vi har da brukt at arealet av skytefeltet er 165 km³ og fot-turismen er jevnt fordelt over feltet. I den grad denne ferdselen er ujevnt fordelt og konsentrert om visse områder og visse stier, vil dette vanligvis redusere risikoen. Sannsynligheten på $6 \cdot 10^{-5}$ pr år er så lav at den kan neglisjeres.

Sannsynligheten for at en fotturist skal oppdage en blindgjenger er mye større enn faren ved å trække på den. En gjennomsnittsfotturist vil nok ikke ha samme evne som ryddemannskapet til å oppdage en blindgjenger. Han vil heller ikke ha fokus på en slik oppgave. Vi kan tentativt anta at vedkommende har 20 % sannsynlighet for å oppdage en blindgjenger dersom han passerer den på mindre enn 1 m avstand. Med den antatte trafikken, vil dette bety at ca. 5 % av de gjenværende blindgjengerne blir sett hvert år. Hvis vi så tentativt antar av hver 10. fotturist plukker opp en blindgjenger og behandler den uvørent, og at hver 10. blindgjenger virkelig kan bringes til omsetning, får man at sannsynligheten for at en gitt blindgjenger skal utløse en ulykke vil være 0.05 % pr år. Det sier seg selv at de to siste antagelsene er svært usikre, men de er sannsynligvis konservative ved at sannsynlighetene er satt noe høyt. Her vil også et ujevnt ferdselsmønster trolig redusere risikoen ytterligere.

Med de antagelsene som er gjort vil altså ulykker utløst av en bevisst handling være mye hyppigere enn de som utløses ved en ubevisst berøring eller tråkk.

Den samfunnsmessige kostnaden ved ikke å rydde en gitt blindgjenger er dermed:

$$\begin{aligned} \text{Samfunnets kostnad} &= 20 \text{ mill. NOK (kostnad pr ulykke)} \\ &\times 5 \cdot 10^{-4} \text{ pr år (årlig skadesannsynlighet)} \\ &\times 60 \text{ år (blindgjengerens levetid)} \\ &= \underline{600\,000 \text{ NOK}} \end{aligned}$$

Dette tilsier altså at ryddingen bør fortsette så lenge kostnaden pr objekt som finnes kan holdes lavere enn ca. 600 000 NOK.

Det vil være mulig å gjøre dette estimatet sikrere dersom man har et bedre bilde av fot-turismen i området, både hva angår antallet turister og hvor de går. En sikrere vurdering av levetiden til blindgjengerne vil også gi et sikrere estimat.

Vårt hovedproblem med denne analysen er at en av de kritiske parameterne er den faren som er forbundet med at en turist oppdager en blindgjenger. Vi har antatt at ett av hundre slike funn resulterer i en ulykke. Dette kan være et for høyt anslag og det vil avhenge av i hvilken grad man er i stand til å formidle faren til de som har tenkt å gå inn i området. Det vil også være viktig at turister oppfordres til å rapportere mistenkelige funn. Dermed får man et bilde av hvor mange objekter som kan bli oppdaget på denne måten hvert år.

5 Diskusjon og konklusjon

Vi har fått på plass en teori som gir et estimat av antall gjenværende objekter i områder som har blitt gjennomført mer en én gang. Det ser ut til at deteksjonssannsynligheten i leteprosessen er rundt 64 %. Dette betyr at etter to søk er ca. 87 % funnet og etter tre søk ca. 95 %. Det er imidlertid langt fra sikkert at deteksjonssannsynligheten er den samme over alt. Vegetasjon og mikrotopografi vil være avgjørende.

Det synes klart at den beste letestrategien er å ha et forholdsvis kortsiktig fokus på, til en hver tid, å lete der man forventer å finne mest. Det er imidlertid en nødvendig forutsetning at man gjennomfører hele området minst én gang. En veiledning om hvor man bør lete, vil kunne framskaffes ved å gjøre statistiske betraktninger over hvor den forventede tettheten av gjenværende objekter er størst.

Den mest usikre delen av analysen er vurdering av hva som er en akseptabel risiko. Prinsippet om å veie kostnaden ved en eventuell ulykke mot kostnaden ved å finne en blindgjenger virker som en nøktern og logisk metode. Problemet inntreffer når det viser seg at den mest kritiske parameteren er å bestemme sannsynligheten for at en blindgjenger som oppdages av en fotturist skal utløse en ulykke. Dette er en parameter som handler om menneskets nysgjerrighet og til dels et menneskes tilbøyelighet til å begå irrasjonelle handlinger. Vi mener at de estimatene som er gjort her er konservative, slik at den letestkostnaden hvor det ikke lenger er samfunnsmessig lønnsomt å fortsette letingen, er noe for høy. Vårt estimat er på 600 000 NOK pr funn, men det kan ikke utelukkes at tallet reelt sett er så lavt som 60 000 NOK. Estimater på 600 000 NOK er imidlertid et beløp som lett vil kunne forsvares ved en logisk og rasjonell argumentasjon. Etter hvert som utgiftene pr funn øker bør man prøve å finne måter å gjøre dette anslaget sikrere.

Litteratur

1. Dullum Ove, Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en statistisk vurdering; FFI-Rapport-2012/00102
2. Dullum Ove, Blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt – en statistisk analyse; FFI-Rapport 2003/01788
3. Veisten Knut, Nossum Åse; Hva koster skader pga. hjemmeulykker, utdanningsulykker, idrettsulykker og fritidsulykker det norske samfunnet? TØI rapport 880/2007, Transportøkonomisk institutt, Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning (2007)
4. Veisten Knut, Flügel Stefan, Elvik Rune; Den norske verdsettingsstudien. Ulykker – verdien av statistiske liv og beregning av samfunnets ulykkeskostnader. TØI rapport 1053C/2010, Transportøkonomisk institutt, Stiftelsen Norsk senter for samferdselsforskning (2010)