

## **Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en statistisk vurdering**

Ove Dullum

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

20 januar 2012

FFI-rapport 2012/00102

356601

P: ISBN 978-82-464-2020-2

E: ISBN 978-82-464-2021-9

## **Emneord**

Blindgjengere

Ammunisjon

Risiko

Samfunnsøkonomi

## **Godkjent av**

Eirik Svinsås

Prosjektleder/Project Manager

Jan Ivar Botnan

Avdelingssjef/Director

## Sammendrag

Hjerkinn PRO har som deloppgave å fjerne alle synlige blindgjengere i Hjerkinn skytefelt. Pr 2011 er en betydelig del av denne oppgaven gjennomført, men det er også store deler av feltet som ikke er gjennomført eller som er gjennomført kun én gang.

Denne rapporten foretar en kvalitetsvurdering av det som er gjort til nå, og gir anbefalinger omkring letestrategi og hvor lenge et slikt program bør pågå.

Det kan se ut som bruk av manngard en gang avdekker ca 60% av de blindgjengerne som ligger synlig i jordoverflaten. Imidlertid er dette tallet avhengig av vegetasjon og mikrotopografi. Det kan derfor være nødvendig å gå manngard flere ganger. Dette vil være avhengig av tettheten av funn i den forutgående letingen.

Letingen bør pågå inntil kostnaden pr funn kommer på høyde med den sannsynlige kostnaden samfunnet påføres ved at noen blir skadet eller drept som følge av å ha utløst en gitt blindgjenger i feltet. Dette er et spørsmål som det er vanskelig å gi et sikkert kvantitativt svar på fordi det berører menneskelig adferd. Imidlertid kan det se ut som en kostnad på noen hundre tusen kroner pr funn er forsvarlig ut fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

## English summary

One of the tasks for the Hjerkin PRO project is to remove all visible duds in the now abandoned Hjerkin Firing Range. By 2011 a substantial part of the area has been searched for duds, but in large areas, any such process remains to be done.

This report evaluates the quality of the search process that has taken place so far. Recommendations on the best strategy for the search are put forward. Also, the criterion for ending the process is discussed.

It seems like the use of a posse of personnel uncovers about 60% of the objects that can possibly be found in the area. However, the quality will depend on the degree of vegetation as well as the microtopography. Thus, raising a posse several times may be required if the expected number of remaining objects is high.

The search process should continue until the cost per each object found exceeds the cost expected to be charged to the society by having a dud remaining in the area. The probability that anyone discovers and manipulates the duds until detonation must then be accounted for. This is a very difficult question that addresses unquantifiable matters related to human behaviour. However, a reasonable and somewhat conservative estimate indicates that a search should continue until the cost per object exceeds some hundred thousands NOK.

## Innhold

	<b>Forord</b>	<b>6</b>
<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Statistisk modell</b>	<b>7</b>
2.1	Database av funn	7
2.2	Matematisk beskrivelse av modell	9
2.3	Resultater	11
<b>3</b>	<b>Letestrategi</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Akseptabel risiko</b>	<b>15</b>
4.1	Den samfunnsmessige kostnaden av en ulykke	16
4.2	Kostnaden av et funn	16
<b>5</b>	<b>Diskusjon og konklusjon</b>	<b>18</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>19</b>

## Forord

Denne rapporten er laget på oppdrag fra Forsvarsbygg Utvikling Øst/Hjerkinn PRO. Dens hensikt er å belyse kvaliteten av den ryddingen som finner sted på Hjerkinn skytefelt og å være et hjelpemiddel til å rasjonalisere leteprosessen.

Rapporten består av to deler. I den første delen er det brukt en statistisk modell for å estimere antallet av 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 søk som er gjort inntil nå.

Den andre delen er en enkel analyse av hvor nøyaktig en slik leteprosess bør være. Ut fra en samfunnsøkonomisk vurdering av kostnaden forbundet med en eventuell ulykke blant fremtidige brukere av feltet, gjøres det et forsøk på å fastsette et kriterium for når letingen etter blindgjengere i et område bør avsluttes. Dette bygger på at kostnaden for hver blindgjenger som blir funnet vil øke etter hvert som leteprosessen skrider fram og feltet gradvis tømmes for blindgjengere. En slik vurdering vil imidlertid være beheftet ved flere svært usikre faktorer.

Grunnlaget både for den statistiske vurderingen, og i noen grad også den økonomiske delen, vil endre seg etter hvert som nye funn blir gjort. Det kan derfor være nødvendig med en fornyet vurdering med jevne mellomrom. Tentativt bør dette foretas minst hvert annet år.

# 1 Innledning

Rapporten har til hensikt å belyse forskjellige sider ved letingen etter blindgjengere i Hjerkinnskytefelt. 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 blindgjengerne som er synlige. Av åpenbare årsaker er graving etter blindgjengere i hele feltet utelukket. Fram til og med 2011 er store områder gjennomført og en del områder er også gjennomført flere ganger. Det viser seg imidlertid at de funnene som gjøres ved gjentatt leting er så betydelige at man må erkjenne at denne prosessen er langt fra fullkommen. Man må derfor tilstrebe å 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 vurderte farenivået ved å ha blindgjengere liggende i feltet.<sup>1</sup> Farenivået ved i vannvare 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 Hjerkinnskytefeltet 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

Hjerkinnskytefeltet har utarbeidet detaljerte kart og databaser over alle de funn som er gjort i feltet. Denne databasen inneholder 1775 funn, men en del av disse er fjernet fordi funn av flere like objekter på samme sted bør regnes som ett enkelt funn i den modellen vi bruker. Når disse er fjernet står man igjen med 1453 enkeltstående funn.

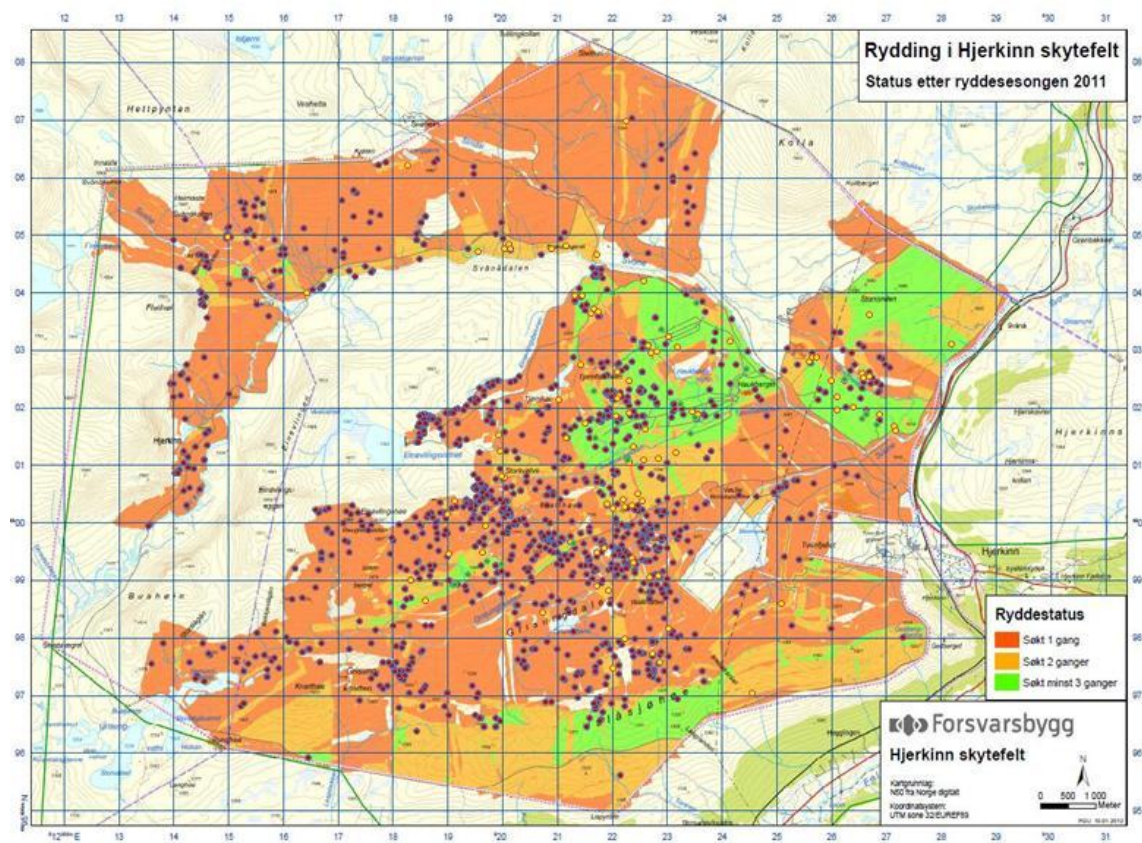
Til nå er graden av gjennomføring av området ganske variabel. Noen områder er gjennomført tre og fire ganger, noen områder er gjennomført to ganger og store områder er gjennomført kun én gang. En betydelig del (ca 30%) av feltet er ennå ikke gjennomført i det hele tatt.

---

<sup>1</sup> Dullum Ove, Blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt – en statistisk analyse; FFI-Rapport 2003/01788

Av de 1453 funn ble 1325 gjort ved 1. gangs søk, 106 ble funnet ved 2. gangs søk og 22 ved 3. gangs søk. Dette er tilsynelatende en god statistikk, med betydelig nedgang i antall for hvert søk. Imidlertid vil en slik betraktning være feil.

Funnene er vist i figur 2.1



**Fig 2.1** Funn gjort t o m 2011.  
Orange områder er søkt én gang.  
Gule områder er søkt 2 ganger.  
Grønne områder er søkt 3 ganger.  
Fiolett prikk – funn gjort ved 1. gangs søk.  
Gul prikk – funn gjort ved 2. gangs søk.  
Grønn prikk – funn gjort ved 3. gangs søk.

Problemet er at det er store områder, hvor det er gjort et stort antall funn, og som bare er gjennomført én gang. Av de områder som er søkt flere ganger, er noe over halvparten av arealet bare søkt to ganger.

For å få en formening om hvor god en søkeprosess er, må man derfor se på det området som er søkt flere ganger. Funn som er gjort i områder som kun er søkt en gang har liten verdi for å vurdere kvaliteten av søkene og for å kunne si noe om hvor mye man kan finne ved etterfølgende søk.



Dersom vi først ser på de områder som er søkt kun to ganger, ser det ut som 268 funn ble gjort første gang og 72 funn annen gang. Antall funn i annen runde er altså ca 26.9% av antallet i første runde. Forutsatt at kvaliteten på søkene er den samme i første og annen runde og også i eventuelle etterfølgende runder, vil det altså si at det sannsynlige antall funn som gjøres vil være rundt 26.9% av antallet i foregående søk. Dermed vil i dette området forvente å finne

- 19 funn i 3. gangs søk
- 5 funn i 4. gangs søk
- 1 eller 2 funn i 5. gangs søk
- osv

En slik vurdering er basert på tallene fra de områdene som kun er søkt 2 ganger og danner således et noe spinkelt statistisk grunnlag.

Hvor lite konsistent slik statistikk er, ser man når man tar for seg de områder som er søkt tre ganger. Her er ca 104 funn gjort ved 1. gangs søk, mens man gjør 30 funn ved 2. gangs søk. Dette antyder at kvaliteten av søkene er noenlunde det man kom fram til ovenfor. Imidlertid blir en slik hypotese tilbakevist når man ser at det er gjort 17 funn ved 3. gangs søk i disse områdene. Forholdstallene mellom antall funn i etterfølgende søk er altså svært forskjellige. Dette antyder at kvaliteten av 3. gangs søk er bedre enn 2. gangs søk. Et lite område er også gjennomført 4 ganger. Her ble det gjort 30 funn i første søk, 4 i andre søk, 5 i tredje og ingen i det siste søket. Vi ser at tallene er for små til å trekke sikre konklusjoner.

Det er også klart at hvorvidt et objekt blir funnet ved et gitt søk i noen grad er tilfeldig. Dette innebærer at tallene i en analyse er mer eller mindre tilfeldige og at man ikke kan gi et eksakt svar på hvor mange blindgjengere man vil finne i feltet.

## 2.2 Matematisk beskrivelse av modell

Problemstillingen er

*I et område befinner det seg et ukjent antall objekter. Dette antallet betegner vi som  $N$ . Det er en viss sannsynlighet at et gitt objekt kan bli funnet ved et gitt søk. Denne deteksjonssannsynligheten er 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.*

La oss starte med 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. Vi antar at under alle søk er sannsynligheten for å finne et gitt objekt det samme.

Under en slik prosess vil sannsynlighetsfordelingen av antall funn,  $x$ , ved et søk i et område som inneholder  $N$  objekter, være gitt som en binomisk fordeling. Denne vil være lik

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

Dette er altså sannsynligheten for at man skal gjøre akkurat  $x$  funn med gitt  $N$  og  $p$ . Binomialkoeffisienten er definert som

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

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

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

Ved tredje gangs søk blir fordelingen lik

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

og ved 4. gang blir den selvsagt da

$$P_4(x) = \binom{N-n_1-n_2-n_3}{x} p^x (1-p)^{N-n_1-n_2-n_3-x}$$

Disse fordelingene har en forventningsverdi på hhv

$$E_1(x) = Np$$

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

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

$$E_4(x) = (N-n_1-n_2-n_3)p$$

og variansene blir

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

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

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

$$\text{var}_4(x) = (N-n_1-n_2-n_3)p(1-p)$$

Behovet for kjenne forventningsverdier og varianser vil bli klart etter hvert.

De fire fordelingene ovenfor gir oss fire 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 en såkalt minste kvadraters metode. Vi forlanger at

*summen av kvadratene av det relative avviket mellom forventet antall funn og det 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 ikke svaret eksakt fordi  $N$  og  $n_i$  er stokastiske størrelser. Man kan imidlertid bruke samme løsningsmetodikk for tre og fire søk, dvs å benytte regneark. I dette tilfellet bør svaret være det samme som det man kom fram til i den enkle analysen som ble gjort i avsnitt 2.1

### 2.3 Resultater

I tabellen nedenfor gir kolonnene 2 – 5 de antall funn som er gjort i de enkelte søk og fordelt over hvor mange ganger området er søkt.

Antall søk utført	# funn 1. gang	# funn 2. gang	# funn 3. gang	# funn 4. gang	Sannsynlig gjenværende antall	Deteksjons-sannsynlighet	Forventet # funn i neste søk
1	927	-	-	-	416	0,69	287
2	268	72	-	-	37	0,73	27
3	104	30	17	-	10	0,61	6
4	31	4	5	0	2	0,64	1
Totalt	1330	106	22	0	465		321

Tabell 2.1 Resultater for forventet antall objekter og deteksjonssannsynlighet

Dersom man vekter den beregnede deteksjonssannsynligheten med det arealet som er undersøkt 2, 3 eller 4 ganger får man en middelvei for sannsynligheten på 69%. Dette tallet er brukt i tabellen ovenfor for å estimere tall for det området som kun er gjennomført én gang.

Disse resultatene vil selvsagt ikke være eksakte, men vil ha betydelige standardavvik. Standardavvikene er lik kvadratroten av variansene. Uttrykkene for variansen ble vist tidligere og resultatene er vist i neste tabell, både som i form av antall funn og i prosent av antall funn. Disse tallene uttrykker en forventet feilmargin i de funnene som er gjort, men også i framtidige funn.

Antall søk utført	Standardavvik				
	1. gang	2. gang	3. gang	4.gang	neste gang
1	17.6				10.6
2	8.5	4.4	-		2.7
3	6.2	3.7	2.5		1.5
4	3.1	1.6	1.3	0.7	0.7
	i % av antall funn				
1	1.8				3.0
2	3.2	6.1			10
3	6.3	11	15		25
4	12	22	28	53	70

Tabell 2.2 Standardavvik på antall funn avhengig av antall ganger området er søkt

### 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 kraftig mot slutten av en slik ryddeprosess.

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 gjennomføres 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 ut fra de ressursene man rår over.* Betingelsen for at dette skal gjøres optimalt er imidlertid at det foregående kravet er oppfylt. Søk i områder som ikke er søkt tidligere bør derfor prioriteres.

Kravet om å lete i de områder der utbyttet blir størst, 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 man visste, eller burde ha visst, at 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.

Det vil i prinsippet være best om man oppfyller det primære kravet først fordi man da vil ha et helhetlig grunnlag for å bestemme hvor man deretter skal lete. Dette 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 vist nedenfor. Tabell 3.1 viser antall funn som er gjort, og tabell 3.2 forventet antall gjenværende objekter. Hvert rute representerer 1 km<sup>2</sup>. Det er mange blanke ruter fordi letemannskapene har dekket en for liten del av ruten. Selv om oppløsningen her er grov indikerer det ganske klart at man vil få stort utbytte av å lete i området som er markert med grønne tall i tabell 3.2.

						0	0	0	2	0					
	0	0	0	2	3	2	0	0	3	3					
0	5	16	1	8	18	3	1	1	2	6			0	0	
-0	20	14	11	9	-7	-2	-9	19	4	1			0	0	0
	6	2	-0				-0	14	12	8	-2	2	7	0	1
-3	7	1				-19	19	23	47	9	9	11	28	1	
	13				-47	27	16	40	27	23	2	3	10	2	
-0	-13		-6	-7	-16	70	41	20	39	5	4	16	2	0	
-2			15	8	31	25	55	50	109	12	0	2	0	0	
-0	-0	-2	4	3	13	12	12	15	18	8	8	2	1	1	
2	8	12	7	12	26	2	10	25	38	6	1	0	0	0	
	0	3	0	1	5	12	2	14	3	1					
13 95			1	0	0	0	0	0	1						

Tabell 3.1 Antall funn fordelt over km-rutene.

Minustegn indikerer at kun en liten del av ruten er gjennomført

De røde tallene i sørvestre rute angir rutenr.

Blanke ruter viser at letegrunnlaget er mangelfull eller ruten ligger utenfor feltet

Den neste tabellen viser de samme rutene, men med forventet antall gjenværende blindgjengere. Disse tallene er basert på en antatt søkekvalitet på 69% og det tas hensyn til hvor mange ganger de enkelte rutene er søkt. I noen ruter blir tallet satt noe skjønsmessig dersom det er større områder som er søkt et ulikt antall ganger. Det tas heller ikke hensyn til ruter hvor en mindre del av området er gjennomført. Det vil derfor forventes flere blindgjengere enn det det totalt sett antydes i denne tabellen.

						0	0	0	1	0					
	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1					
0	2	5	0	2	5	1	0	0	1	2					
	5	4	3	3				6	1	0			0	0	
	2	1						3	2	0		1	0	0	0
	2	0					6	6	2	1	0	1	2	0	
	4					8	4	5	1	2	1	1	2	1	
						22	5	6	4	1	1	5	1	0	
			5	2	10	6	16	15	33	4	0	1	0	0	
			1	1	4	3	4	5	6	2	2	1	0	0	
1	2	4	2	3	7	1	3	7	12	1	0	0	0	0	
	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0					
13 95			0	0	0	0	0	0	0						

Tabell 3.2 Forventet antall gjenværende objekter fordelt over km-rutene.

Blanke ruter indikerer at letegrunnlaget er mangelfullt.

Grønne tall markerer de rutene hvor utsiktene til funn er størst.

De røde tallene i sørvestre rute angir rutenr.

## 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 typisk er 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<sup>2</sup>. Denne rapporten tar for seg ulykker utenom arbeidsulykker og er således svært relevant. Eventuelle ulykker etter at Hjerkinns skytefelt er frigitt vil nesten utelukkende tilhøre kategorien fritidsulykker. Man må anta at aktiviteter knyttet til næringsvirksomhet i feltet vil være av svært lite omfang.

Rapporten bruker den internasjonale skadeindeksen, AIS (Abbreviated Injury Scale), som utgangspunkt. Samfunnets utgifter som funksjon av skadeindeks er vist i tabellen nedenfor.

AIS-nummer	Skade	Realøkonomisk kostnad (1000 NOK)	Velferdskostnad (1000 NOK)	Totalt (1000 NOK)
1	Liten	9	34	45
2	Moderat	237	716	953
3	Alvorlig	1189	1829	3018
4	Meget alvorlig	3682	5742	9424
5	Kritisk	4589	7159	11748
6	Dødelig	6712	19498	26210

Tabell 4.1 Samfunnets utgifter ved ulike skader hentet fra TØI rapport 880/2007. Tallene er oppjustert med 10% i forhold til kilden for å kompensere for økningen i konsumprisindeksen siden 2007.

I de realøkonomiske tallene ligger utgifter i medisinsk hjelp, rehabilitering, omskolering, produksjonstap, materiell skade og administrative utgifter. Velferdseffekten er mer uklar. Kort forklart er det 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<sup>3</sup>.

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 per nytt funn kan bli større en den samfunnsmessige nytten av å fjerne objektet.

<sup>2</sup> 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)

<sup>3</sup> 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)



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:

*Samfunnsmessig kostnad =*

$$\begin{aligned} & \textit{kostnad ved ulykke} \\ & \times \textit{\u00e5rlig sannsynlighet for at noen skal bli drept eller skadet} \\ & \times \textit{blindgjengerens gjenv\u00e6rende levetid} \end{aligned}$$

Den f\u00f8rste 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 desintegre. Hastigheten dette skjer med vil v\u00e6re avhengig av fuktighet, temperatur og surhetsgraden i jorda. P\u00e5 Hjerkinn vil det v\u00e6re kaldt og t\u00f8rt store deler av \u00e5ret. Jordmonnet er noenlunde n\u00f8ytralt. Forvitringen av ammunisjonen vil derfor ikke skje spesielt hurtig,

Vi vil her, noe konservativt, anta at blindgjengernes levetid er 100 \u00e5r. Resterende levetid p\u00e5 det som ligger igjen p\u00e5 Hjerkinn vil dermed v\u00e6re rundt 60 \u00e5r, fordi objektene, i gjennomsnitt, allerede har ligget der i ca 40 \u00e5r. Her vil det naturligvis v\u00e6re store variasjoner.

Den \u00e5rlige skadesannsynligheten er avhengig av f\u00f8lgende

- sannsynligheten for at noen skal ber\u00f8re eller oppdage blindgjengeren
- sannsynligheten for at dette skal utløse blindgjengeren

Vi har tidligere p\u00e5vist<sup>4</sup> at sannsynligheten for \u00e5 tr\u00e5kke p\u00e5 en blindgjenger, eller p\u00e5 marken umiddelbart over en nedgravd blindgjenger, er meget lav og mindre enn  $3 \cdot 10^{-4}$ . Dette tallet er bygget p\u00e5 moskusens bruk av feltet og at et tr\u00e5kk av moskus har minst like stort marktrykk som om et menneske tr\u00e5kket p\u00e5 blindgjengeren. Det er imidlertid \u00e5penbart at en stor del av blindgjengerne befinner seg under bakken og vil v\u00e6re sv\u00e6rt lite p\u00e5virket av et tr\u00e5kk. Ut fra de rapporterte funnene fra ryddingen s\u00e5 langt, synes det realistisk at det totale antall potensielt farlige blindgjengere som det vil v\u00e6re mulig \u00e5 finne, vil v\u00e6re i st\u00f8rrelsesorden 3000. Moskusens vandringer tilsier at moskus m\u00e5 ha tr\u00e5kket p\u00e5 slike blindgjengere minst 100 ganger. Det har \u00e5penbart skjedd uten av moskus har blitt skadet slik at sannsynligheten for \u00e5 utløse en blindgjenger som ligger i overflaten, ved \u00e5 tr\u00e5kke p\u00e5 den, er mindre enn 1%.

Sannsynligheten for at noen skal utløse eller oppdage blindgjengeren vil v\u00e6re proporsjonal med trafikken i feltet. I den forrige rapporten benyttet man noen ferdselsscenarioer som antok at det ville bli g\u00e5tt ca 20000 person-kilometer pr \u00e5r utenfor veisystemene. Videre antok man at en fotturist tr\u00e5kker ned  $0,05 \text{ m}^2$  pr utg\u00e5tt meter. Sannsynligheten for at han skal tr\u00e5kke p\u00e5 en gitt blindgjenger, som ligger i overflaten, og utløser den vil dermed v\u00e6re mindre enn  $6 \cdot 10^{-5}$  pr \u00e5r. Vi har da brukt at arealet av skytefeltet er  $165 \text{ km}^2$ .

---

<sup>4</sup> Dullum Ove. Blindgjengerfaren i Hjerkinn skytefelt – en statistisk analyse. FFI Rapport 2003/01788

Sannsynligheten for at en fotturist skal oppdage en blindgjenger er mye større. 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 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 antagelsene er svært usikre, men de er sannsynligvis konservative.

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 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.

Vårt hovedproblem med denne analysen er at en av de kritiske parametrene er den faren som er forbundet med at en turist oppdager en blindgjenger. Vi har antatt at dersom 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 dem som har tenkt å gå inn i området.

## 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 69%. Dette betyr at etter to søk er ca 90% funnet og etter tre søk ca 97%. 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 menneskelig fornuft, menneskets nysgjerrighet og tildels et menneskes tilbøyelighet til å begå irrasjonelle handlinger. Vi mener at de estimatene som er gjort her er konservative, slik at den leteknstnaden hvor det ikke lenger er samfunnsmessig lønnsomt å fortsette letingen, er noe for høy. Vårt estimat er på 600 000 NOK pr funn, men altså sannsynligvis er det en del lavere.

En faktor vi ikke har tatt hensyn til er at dersom 5% av alle blindgjengere oppdages av turgåere hvert år, slik vi har antatt, så vil turgåere være en potensiell leteressurs. Man må da sørge for at turgåere vet hvordan de skal forholde seg til blindgjengere og hvordan de skal merkes og varsles. Økonomisk sett kan man rettferdiggjøre at en finner gis en forholdsvis raus finnerlønn. Imidlertid må man vurdere de etiske sidene ved en eventuell slik politikk.

## Litteratur

1. Dullum Ove, Blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt – en statistisk analyse; FFI-Rapport 2003/01788
2. 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)
3. 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)