EN METOD FÖR BERÄKNING AV SANNOLIKHETEN FÖR STENTRÄFF PÅ STORA AVSTÅND FRÅN SPRÄNGPLATSER

Nils Lundborg

DS, 1978:11 1978-08-01

STIFTELSEN
SVENSK DETONIKFORSKNING
SWEDISH DETONIC RESEARCH FOUNDATION
BOX 32058 – 12611 STOCKHOLM
SWEDEN

. nr B 408. 1.000. 3. 79. NORA BOKTRYCKERI 71535

EN METOD FÖR BERÄKNING AV SANNOLIKHETEN FÖR STENTRÄFF PÅ STORA AVSTÅND FRÅN SPRÄNGPLATSER

Nils Lundborg

DS, 1978:11 1978-08-01

Sammanfattning

I rapporten redogörs för en metod att bestämma risken för stenkast vid sprängning. Metoden bygger på att stenmassans fördelning med avståndet bestämmes efter sprängning av en salva. Fördelningen anpassas till en fördelningsfunktion varefter sannolikheten för träff på längre avstånd kan beräknas.

Summary

This report shows a statistical method of calculating the risk of throw in rock blasting. The method is based on the fact that a round gives a certain distribution with distance of the blasted rock masses. By extrapolating to greater distance it is possible to calculate the probability of flyrock in each area.

En metod för beräkning av sannolikheten för stenträff på stora avstånd från sprängplatser

När en salva sprängs kastas stenmassorna åt olika håll (mest framåt). Stenmassorna kommer därvid att fördela sig radiellt utåt från salvan på ett visst sätt. (se fig 1).

Låt oss anta att stenmassans fördelning följer någon känd fördelningsfunktion, t ex Weibullfördelningen

$$s = 1 - e^{-(\frac{R}{R_o})^m} \qquad (1)$$

där R_o är avståndet inom vilket 63 % av stenarna befinner sig, och s utgör den ackumulerade fördelningen av stenmassan som funktion av R. För enkelhetens skull antar vi att storleken av stenarna är jämnt fördelad i massan, så att massan och antalet stenar är proportionella storheter.

Fig. 2 visar experimentella värden på radiella fördelningen från ett 1" hål med specifika laddningen 0,87 kg Dx per m^3 berg /1, 2/.

Fig. 3 visar de experimentella värdena på fördelningen av antalet stenar med avståndet (⊙) och anpassning till ekv. 1 med hjälp av minsta kvadratmetoden. Som synes följer kurvan väl de exp. punkterna.

Sannolikheten för att en sten skall falla inom radien R fås ur ekv. 1. till

$$s = 1 - e^{-(\frac{R}{R_o})^{1.056}} \qquad (2)$$

och sannolikheten för att N stenar alla skall falla innanför R blir

$$s^N = \left(1 - e^{-(\frac{R}{R_o})^m} \right)^N \qquad (3)$$

Sannolikheten för att minst en av N stenar skall falla utanför R blir då

$$S_R = 1 - (1 - e^{-(\frac{R}{R_o})^m})^N \qquad (4)$$

Fig. 4 visar log S_R som funktion av R där R_o = 15,309 m, m = 1.056 och med N som parameter med värdena 1, 10^3, 10^6 och 10^9.

Sannolikheten för att en sten skall falla mellan R och R + ΔR blir enl. (1)

$$\Delta S = \frac{dS}{dR} \Delta R = e^{-(\frac{R}{R_o})^m} \cdot \frac{m}{R_o} (\frac{R}{R_o})^{m-1} \Delta R \qquad (5)$$

Sannolikheten för att den skall falla utanför detta område blir då

$$1 - \Delta S$$

och sannolikheten för att N stenar skall falla utanför området

$$(1 - \Delta S)^N$$

Till sist får vi sannolikheten för att minst en sten av N faller inom området

$$S_{\Delta R} = 1 - (1 - \Delta S)^N \text{ eller enl. (5) om } \Delta R = 1 \text{ m} \qquad (6)$$

$$S_1 = 1 - \left[1 - (\frac{R}{R_o})^{m-1} \frac{m}{R_o} e^{-(\frac{R}{R_o})^m}\right]^N$$

Fig. 5 visar ovanstående relation med R_o = 15, 309 m och m = 1.056, samt N = 1, 10^3, 10^6 och 10^9. (7)

Låt oss till sist som exempel anta att stenarna kastas lika i alla riktningar.

Sannolikheten för att en sten skall träffa en viss yta t.ex. 1 m^2 på avståndet R blir då

$$\frac{1}{2\pi R} \cdot \frac{ds}{dR} \cdot 1$$

Sannolikheten för icke träff

$$1 - \frac{1}{2\pi R} \frac{ds}{dR}$$

och sannolikheten för minst en träff av N stenar per m^2

$$S_{RA} = 1 - \left[1 - \frac{1}{2\pi R} \left(\frac{R}{R_o}\right)^{m-1} \cdot \frac{m}{R_o} e^{-\left(\frac{R}{R}\right)^m}\right]^N \qquad (8)$$

Fig. 6 visar sannolikheten för träff per m^2 som funktion av avståndet med antalet stenar som parameter.

Som jämförelse är några sannolikheter för dödsfall i Sverige per år, på grund av andra anledningar, inritade.

I de flesta fall är fördelningen olika i olika riktningar varvid S_{RA} också blir beroende av riktningen.

Från en tidigare beräkning /2, 3/ har maximala kastlängden från ett 1" hål beräknats till 260 m.

Från den statistiska beräkningen ser vi emellertid att sannolikheten för att en enstaka sten skall kastas längre är $1/10^{8.5}$ och sannolikheten för träff per/m^2 är $1/10^{13}$.

Detta utgör försumbara risker.

Om vi emellertid räknar med att 10^9 stenar sprängs loss under en viss tidsperiod blir sannolikheten enl. (4) och fig. 4 90 % att någon sten kastas längre än 260 m, och sannolikheten för träff/m^2 blir enl. 8 och fig 6 så stor som 1/8900. Detta är fortfarande mindre än risken att omkomma under ett års bilkörning (1/6000), men torde ändå inte accepteras av de som utsättes för risken.

Referenser:

1 Ladegaard-Pedersen, A. och Persson, A. — Stenkastning vid sprängning II, Exp. undersökning - SveDeFo rapport DS 1973:3.

2 Lundborg, N. — Risker för stenkast vid sprängning - Bergsprängningskommitténs diskussionsmöte 1974.

3 Lundborg, N., Persson, A., Ladegaard-P, A and Holmberg, R. — Keeping the lid on flyrock in open pit blasting - E/MJ May 1975.

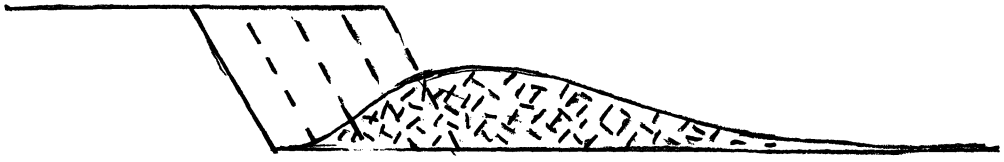

Fig. 1 Stenmassans fördelning efter sprängning

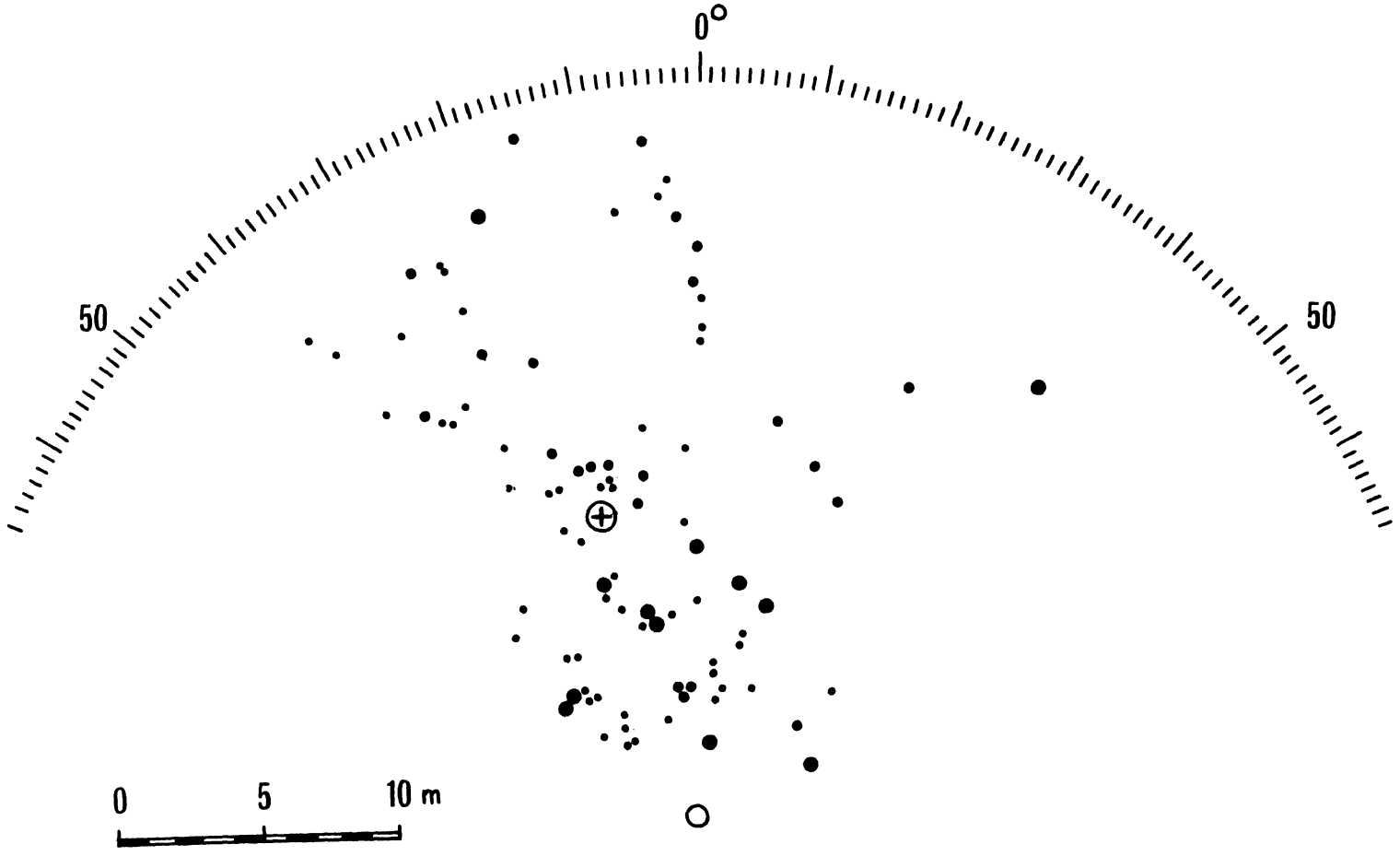

Fig. 2 Kast från sprängning i ett 1" borrhål

0.5 kg
5 kg
5 kg

borrhål
stenmassans tyngdpunkt

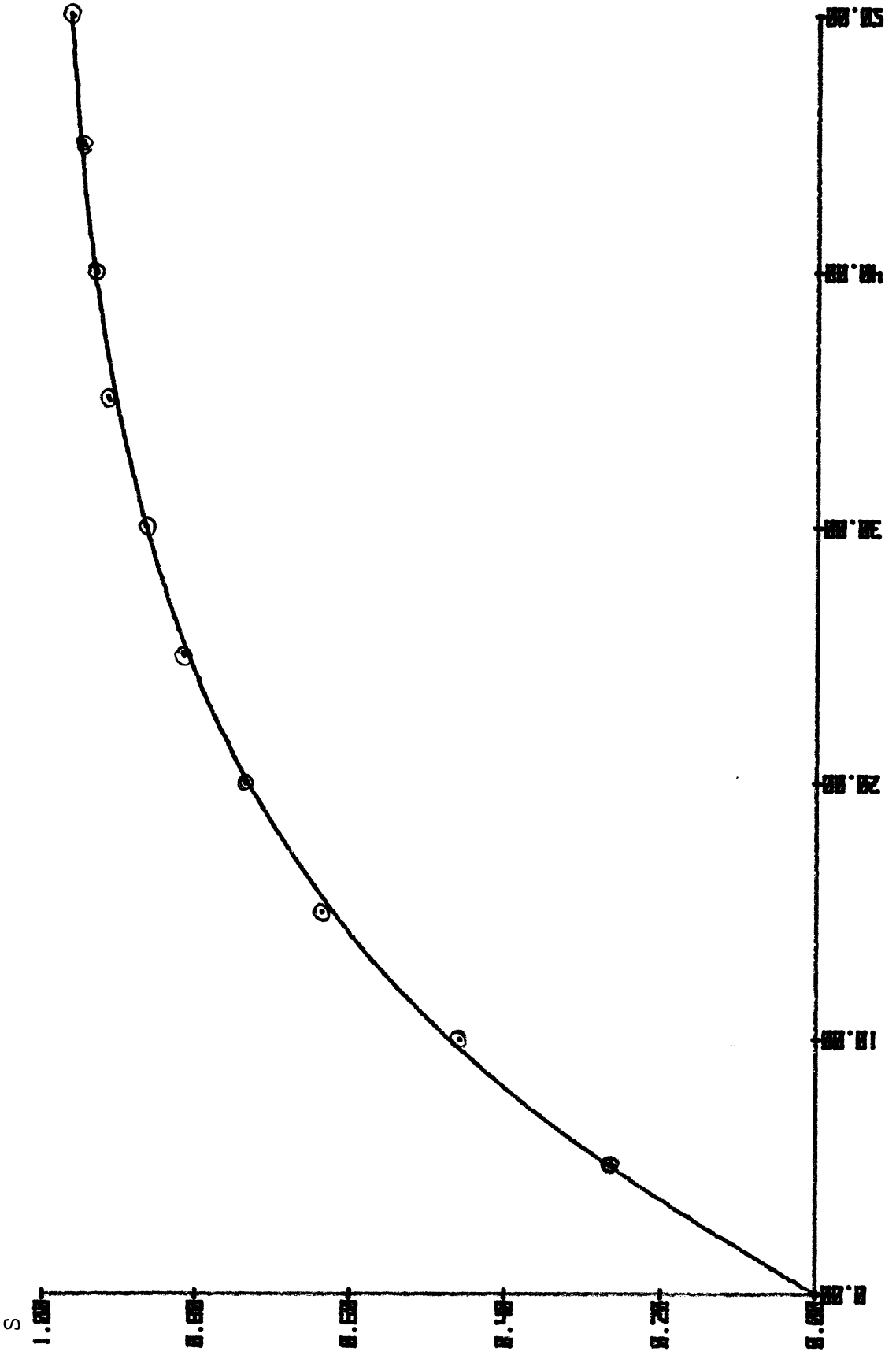

Fig. 3 Ackumulerat antal stenar som funktion av avståndet

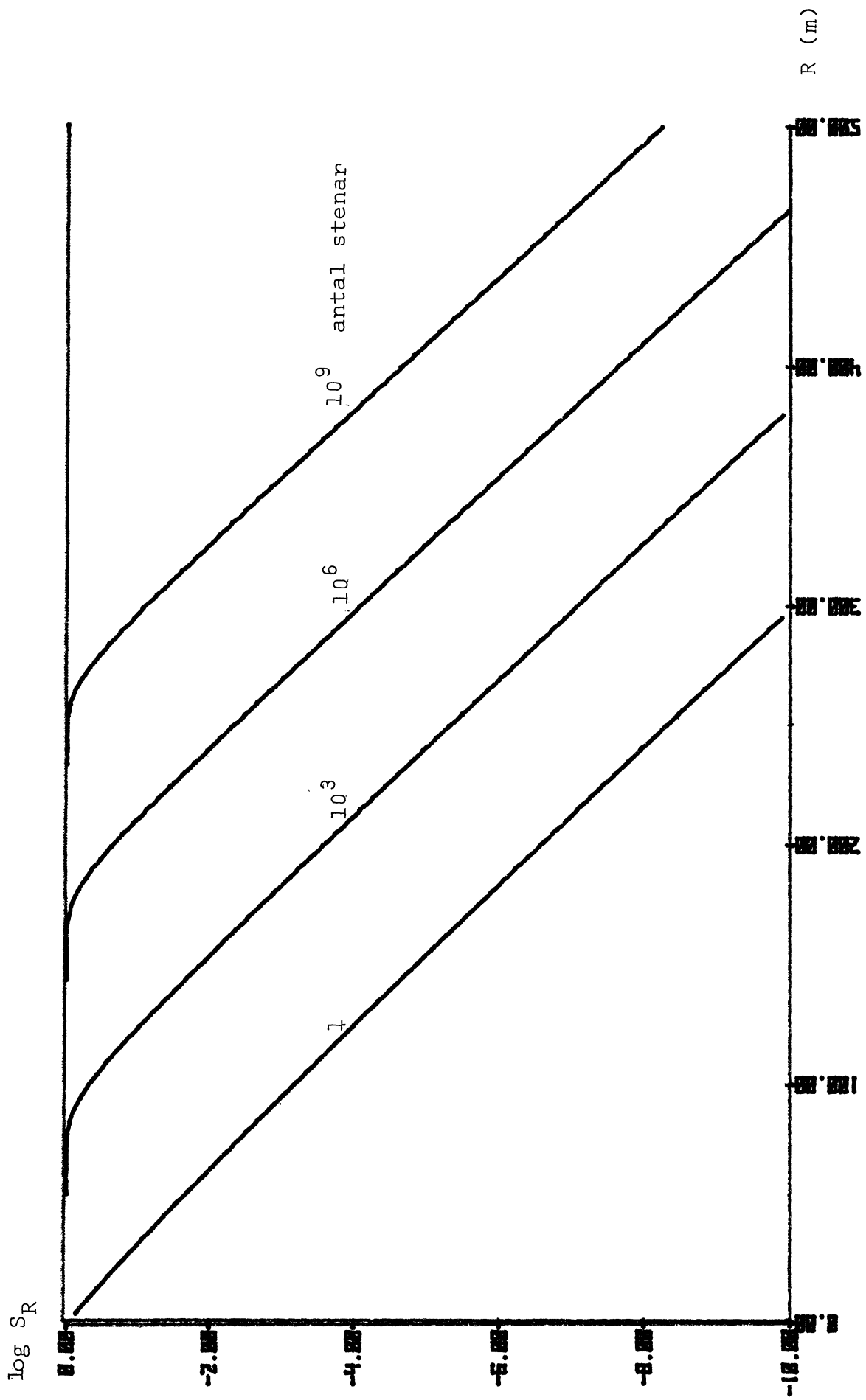

Fig. 4 Sannolikheten för träff utanför avståndet R vid olika antal lossprängda stenar

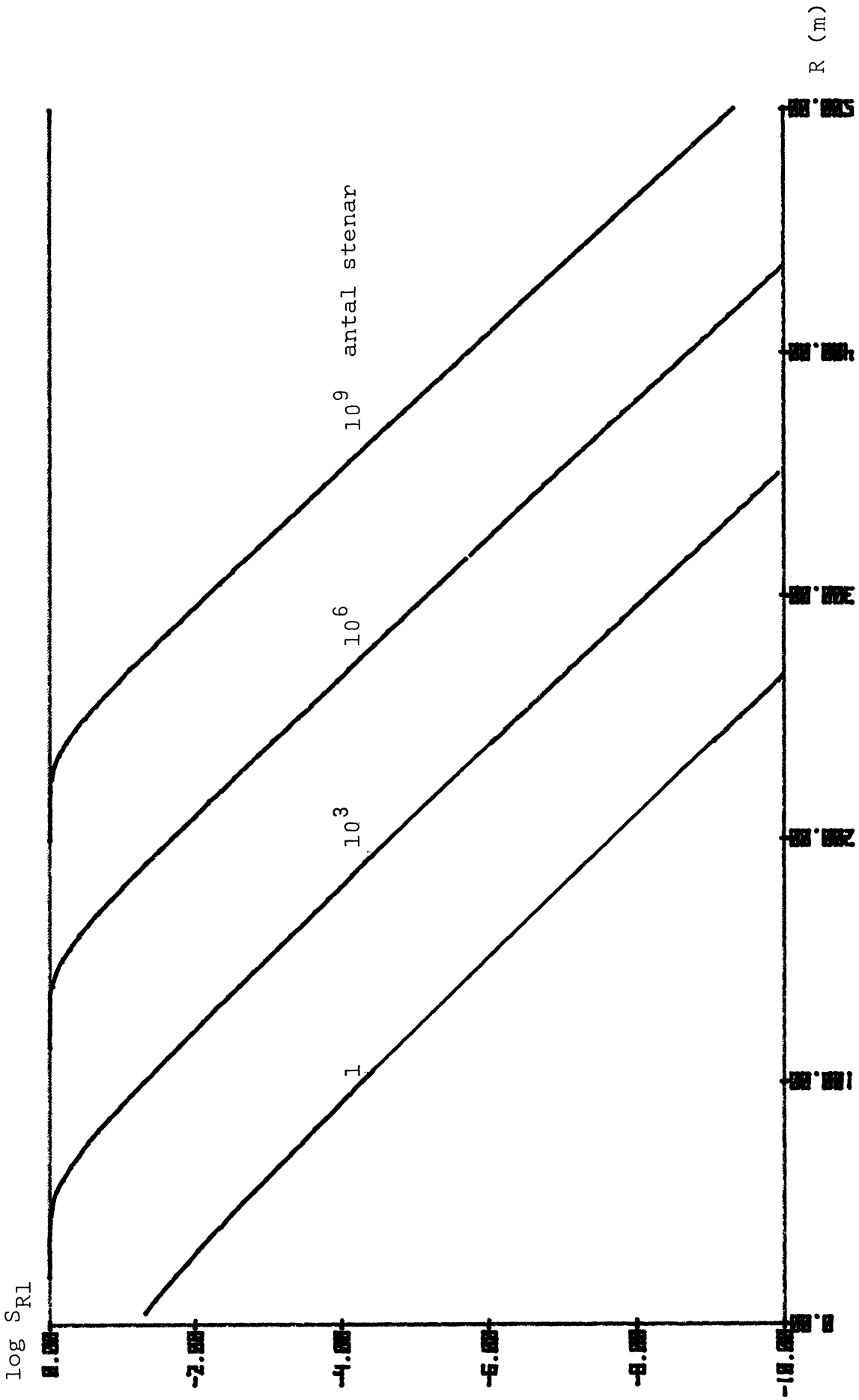

Fig. 5 Sannolikhet för träff på avståndet R - R+1 vid olika antal lossprängda stenar.

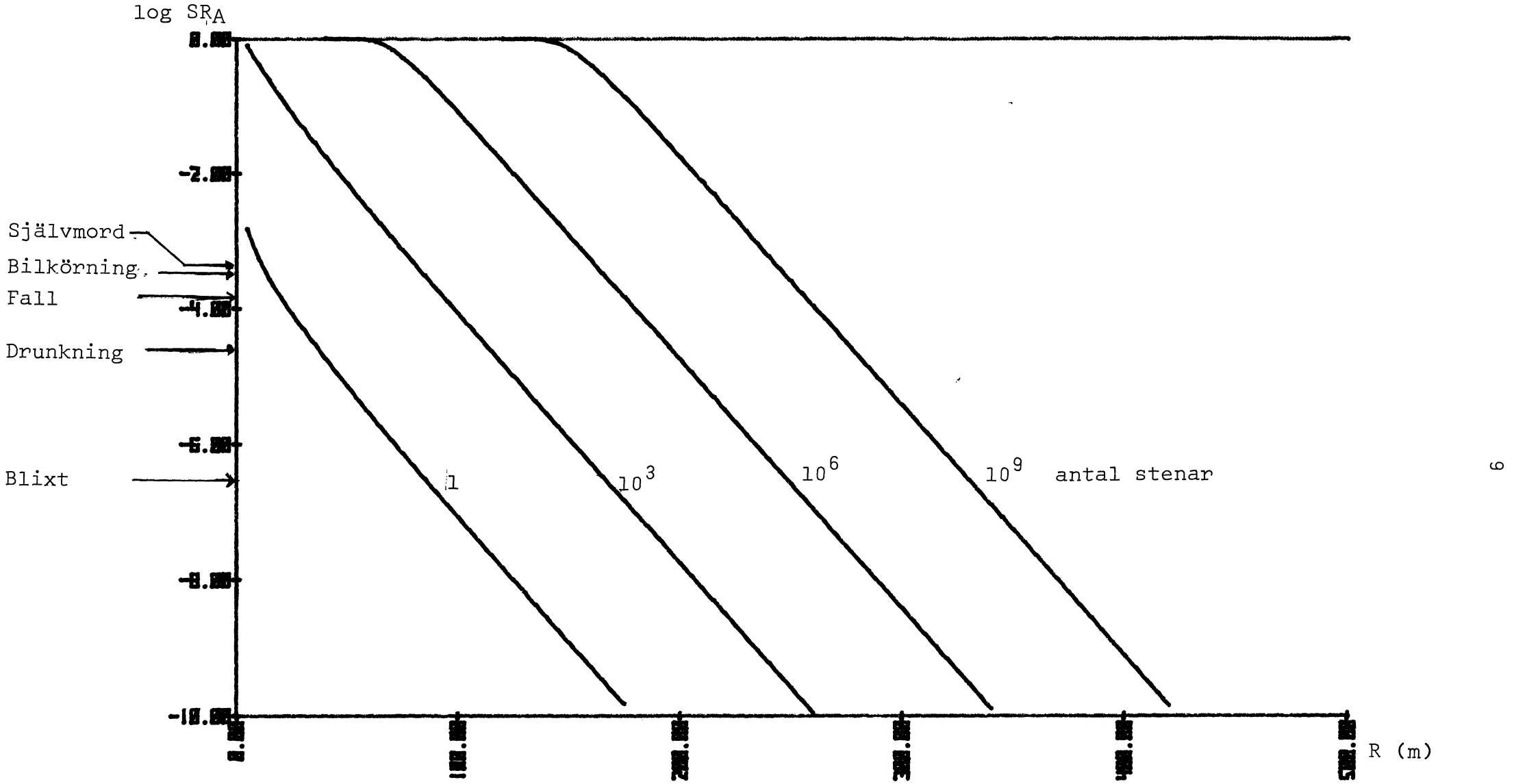

Fig. 6 Sannolikhet för träff per m^2 vid olika antal lossprängda stenar. Som jämförelse är några andra risker per år inlagda.