

Witteveen+Bos
 Leidenlaan 16
 postbus 1080
 6201 BB Maastricht
 telefoon 043 328 12 22
 telefax 043 325 37 99

onderwerp Uitwendig ballistisch onderzoek
 project Metingen schietlawaaï
 opdrachtgever Oud Limburgse Schuttersfederatie
 projectcode HERT7-2
 referentie HERT7-2/mome/002
 opgemaakt door ing. R.A.F. Smeets
 goedgekeurd door ing. N.J.W. Pirovano
 status concept 01
 datum opmaak 13 oktober 2008
 bijlagen 2

paraaf



aan	OLS	F. Hannen
kopie	Witteveen+Bos	mw. N. Pirovano
		R. Smeets

1. INLEIDING

In opdracht van de Oud Limburgse Schuttersfederatie heeft Witteveen+Bos een aanvullend ballistisch onderzoek uitgevoerd naar het Limburgs traditioneel schieten. Doel van het onderzoek is het vaststellen van een onveilige zone waar projectielen terecht kunnen komen.

In deze notitie wordt middels het ballistisch onderzoek de beweging van kogels inzichtelijk gemaakt. Het ballistisch onderzoek beperkt zich tot de uitwendige ballistiek, waarbij alleen het gedrag van de loden kogels wordt beschreven vanaf het moment nadat ze de loopmondning hebben verlaten tot aan het moment dat het doel wordt geraakt. Tijdens de vlucht zijn de belangrijkste krachten die druk uitoefenen op de kogels zwaartekracht en luchtweerstand (wind en luchtdichtheid). Deze bepalen de baan van de kogels.

2. UITGANGSPUNTEN

Voor het ballistisch onderzoek zijn de uitgangspunten met betrekking tot de kogels in onderstaande tabel weergegeven. De ballistische coëfficiënt van de kogel is gebaseerd op zowel gegevens van vergelijkbare kogels als een tweetal schootsveldmetingen¹ verricht door de Werkgroep Milieu O.L.S federatie.

¹ bron: Proeven schootsveld 2.doc, d.d. 12-03-2008

tabel 2.1. Specificaties kogel

gegevens	
kalibernummer	12
diameter	18,5 mm
massa	38 g
snelheid	190, 210 of 230 m/s (ter plaatse van de loopmond)
ballistische coëfficiënt (BC) kogel	145
weerstandscoefficiënt kogel	0,975

Overige relevante gegevens voor de beweging en het gedrag van de kogels zijn:

tabel 2.2. Overige specificaties

gegevens	
afstand aanlegpaal	8, 9 of 10 m
dichtheid lucht	1.293 kg/m ³
valversnelling	9.807 m/s ²
windsnelheid	± 0, 5 en 10 m/s (wind mee, wind tegen of zijwind)

Voor een correcte beschrijving van de beweging dient rekening te worden gehouden met de belangrijkste krachten die op de kogel inwerken. De meest relevante krachten zijn de zwaartekracht en de luchtweerstand.

Andere uitwendig ballistische invloeden zijn wind en luchtdichtheid. Zijwind heeft het te verwachten effect dat het projectiel een afwijking naar links of naar rechts ondervindt. Daarnaast kan ook mee- of tegenwind effect hebben. Door tegenwind neemt de 'relatieve' snelheid van het projectiel toe (d.w.z. de snelheid ten opzichte van de omringende luchtmoleculen). Een meewind heeft het tegenovergestelde effect.

In dit onderzoek is geen rekening mee gehouden met minder relevante invloeden zoals 'spindrift' en de effecten van 'Magnus', 'Poisson' en 'Coriolis' die tijdens de vlucht van een kogel actief zijn.

3. BEREKENINGEN

Doordat rekening wordt gehouden met zowel de zwaartekracht als de luchtweerstand op een kogel dient de beweging opgesplitst te worden in een drietal componenten.

- horizontale beweging (rekening houdend met mee- of tegenwind);
- verticale beweging omhoog;
- verticale beweging omlaag.

De in de onderstaande formules gebruikte symbolen zijn in de bijlage nader toegelicht.

3.1. Horizontale beweging

Bij een horizontale beweging ondervindt een kogel een tegenwerkende kracht ten gevolge van de luchtweerstand en windsnelheid. Deze is gelijk aan:

$$F_w = -k \cdot v^2 \pm k \cdot v_w^2$$

waarbij de constante als volgt kan worden gedefinieerd:

$$k = \frac{A \cdot C_w \cdot \rho}{2}$$

Voor het onderzoek is een maximale windsnelheid van 5 m/s (3 Beaufort) aangenomen.

Indien gebruik wordt gemaakt van de tweede wet van Newton ($F = m \cdot a$) kan, afhankelijk van een mee- of tegenwind, gesteld worden dat:

$$(1) \quad m \cdot a = -k \cdot v^2 \pm k \cdot v_w^2$$

3.2. Verticale beweging

Voor de verticale beweging dient tevens rekening te worden gehouden met de zwaartekracht:

$$F_z = m \cdot g$$

De zwaartekracht op de kogel zal de stijgende en dalende beweging respectievelijk vertragen en versnellen.

Indien gebruik wordt gemaakt van de tweede wet van Newton kan, afhankelijk van een omhoog- of omlaaggaande beweging, gesteld worden dat:

$$(2) \quad m \cdot a = -k \cdot v^2 \pm m \cdot g$$

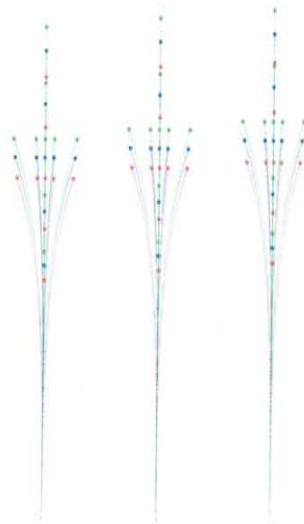
Door de integralen van formule 1 en 2 te bepalen kunnen achtereenvolgens de snelheids- en bewegingsvergelijking worden opgesteld.

4. RESULTATEN

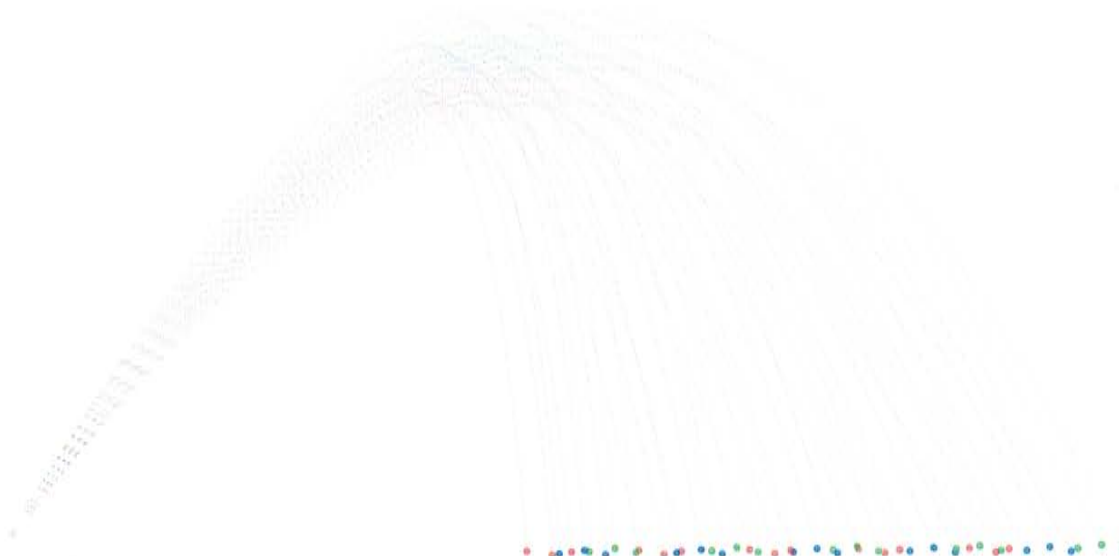
In onderstaand hoofdstuk worden de resultaten van het ballistisch onderzoek weergegeven. Aan de hand van het ballistisch onderzoek kan de baan van een kogel en het inslagpunt worden vastgesteld.

Onderstaande afbeeldingen geven, bij verschillende aanzichten, de rekenresultaten voor de beweging van de kogel bij de drie verschillende aanlegafstanden van respectievelijk 8, 9 en 10 meter. In de berekeningen is tevens rekening gehouden met de invloed van de wind op de kogel. In bijlage II zijn de kogelbanen en de inslagpunten met de verschillende windsnelheden overzichtelijk weergegeven.

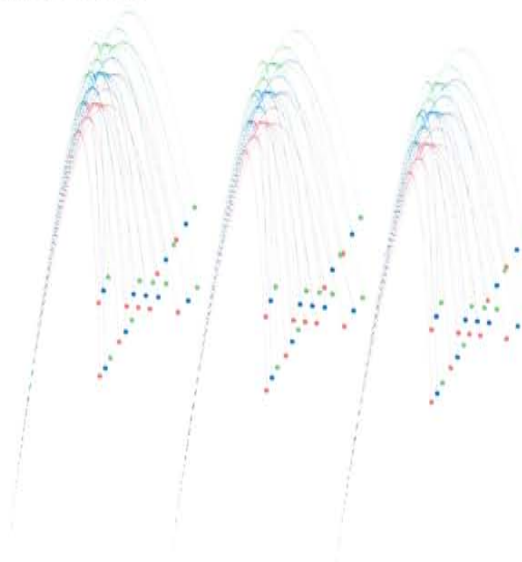
Afbeelding 4.1. Bovenaanzicht kogelbaan



Afbeelding 4.2. Zijaanzicht kogelbaan



Afbeelding 4.3. 3D-aanzicht kogelbaan

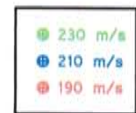
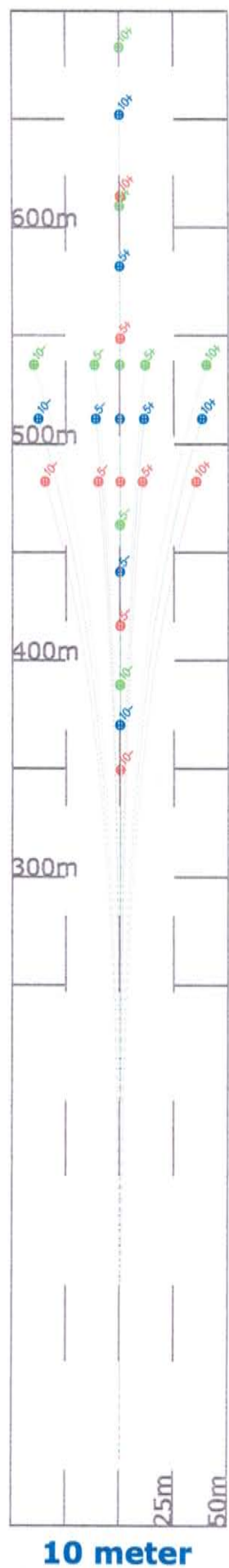
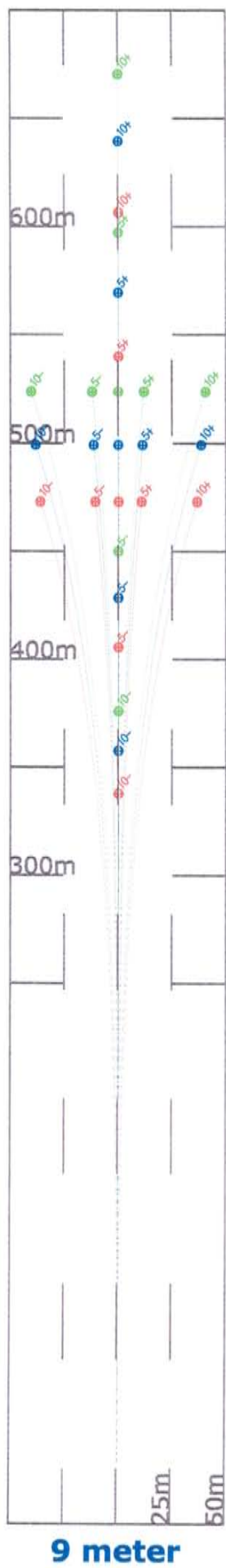
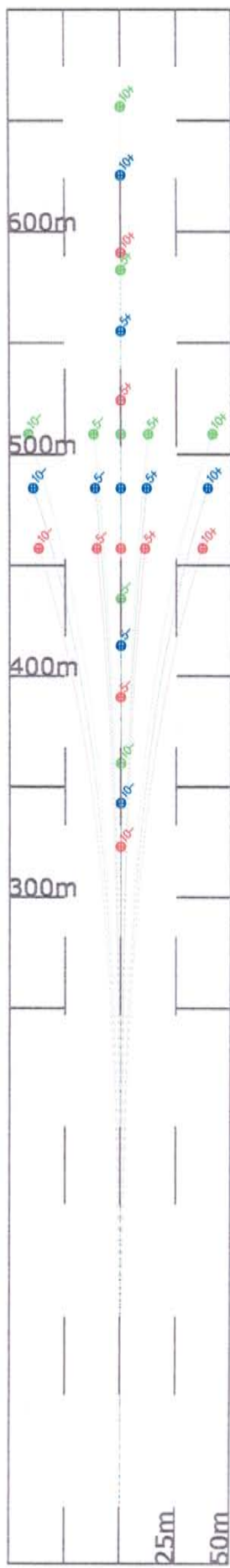


Aan de hand van bovenstaande afbeeldingen en bijlage II kan geconcludeerd worden dat een kogel een maximale afstand aflegt van ca. 685 meter bij een afstand van 10 meter tot de aanlegpaal, 230 m/s mondingsnelheid en 10 m/s meewind.

De verschillende aanlegafstanden leveren vergelijkbare resultaten op, de variatie in afgelegde afstand bedraagt maximaal circa 25 meter. Door de mondingsnelheid te verlagen en het beperken van het schieten bij hogere windsnelheden kan een kleiner valgebied gerealiseerd worden. Het verlagen van de mondingsnelheid van 230 naar 190 m/s levert, afhankelijk van de windsnelheid en -richting, een verkleining van het valgebied op van circa 50 meter. Het schieten bij een windsnelheid van 5 m/s in plaats van 10 m/s reduceert het valgebied met circa 75 meter in de lengterichting en circa 25 meter in de breedterichting.

Bij bovenstaande resultaten is, naast de effecten van 'Magnus', 'Poisson' en 'Coriolis', geen rekening gehouden met de standaard afwijking van 15 graden naar links van een buks. Daarnaast bestaat er

een afwijking naar links of rechts van maximaal 5 graden indien een doel aan de zijkant van de hark wordt getroffen, deze afwijking van enkele graden is eveneens niet opgenomen in bovenstaande resultaten. Het totale valgebied wordt verkregen door bovenstaande resultaten 20 graden te roteren naar links en 5 graden naar rechts (ten opzichte van het punt waarop de kogel de loop verlaat). Het is mogelijk dat buiten de onveilige zone incidenteel kogels terecht komen. Deze kogels kunnen letsel en/of schade aan goederen veroorzaken. De kogel kan buiten de onveilige zone terecht komen o.a. als gevolg van windvlagen.



BIJLAGE I Gebruikte symbolen

F_w = wrijvingskracht

k = wrijvingsconstante

v = snelheid van een kogel

v_w = windsnelheid

A = frontaal oppervlak kogel

C_w = weerstandscoefficiënt kogel

ρ = dichtheid lucht

m = massa kogel

a = versnelling kogel

F_z = zwaartekracht

g = valversnelling