

Göran Pettersson, Peter Svenmarck, Per-Anders Oskarsson

Tid och samverkande system

TOTALFÖRSVARETS FORSKNING SINSTITUT

Ledningssystem
Box 1165
581 11 Linköping

FOI-R--1332--SE

September 2004

ISSN 1650-1942

Teknisk rapport

Göran Pettersson, Peter Svenmarck, Per-Anders Oskarsson

Tid och samverkande system

Utgivare Totalförsvarets Forskningsinstitut - FOI Ledningssystem Box 1165 581 11 Linköping	Rapportnummer, ISRN FOI-R--1332--SE	Klassificering Teknisk rapport
	Forskningsområde 8. Människa och teknik	
	Månad, år September 2004	Projektnummer E7098
	Delområde 81 MSI med fysiologi	
	Delområde 2	
Författare/redaktör Göran Pettersson Peter Svenmarck Per-Anders Oskarsson	Projektledare Dan Strömberg	
	Godkänd av Johan Mårtensson	
	Uppdragsgivare/kundbeteckning Försvarsmakten	
	Tekniskt och/eller vetenskapligt ansvarig Författarna	
Rapportens titel Tid och samverkande system		
Sammanfattning (högst 200 ord) Rapporten beskriver hur militära insatser inte bara handlar om att utföra en insats på rätt plats utan också om att göra det vid rätt tidpunkt och när förutsättningarna är tillräckligt goda. Tiden är därför minst lika viktig som platsen för insatsen när handlingar eller åtgärder ska utföras. Rapporten består av tre delar. Den första delen beskriver hur tidsfaktorn upplevs av människan under olika påfrestningar och situationer, samt hur tidsfaktorn kan modelleras för att skapa bättre riktlinjer för systemdesign och därmed effektivare beslutsstödsystem. Ett antal förslag diskuteras och illustreras för att visa hur tiden kan nyttjas för att ge ökad kontroll och effektivitet. Del två beskriver forskningen inom temporal perception, dvs. de psykologiska mekanismer som skapar den subjektiva tidsuppfattning. Avsnittet beskriver kännetecknen för tidsuppfattningen, hur den påverkas, etablerade modeller och neuropsykologiska studier av anatomiska strukturer. Eftersom tidsuppfattningen vid militära insatser inte kan renodlas såsom inom grundforskningen så behövs fortsatta studier av den exakta rollen för subjektiv tidsuppfattning. I den tredje och sista delen analyseras robotskott i simulerad fjärrluftstrid för att få en bättre uppfattning om vilka faktorer som behöver ingå i en beräkning av hotnivån baserat på temporala relationer. Analysen visar att förutom hastigheter och avstånd så behöver även höjdskillnad, kursskillnad och skottvinkel ingå i beräkningarna.		
Nyckelord beslutsstöd, temporal perception, fjärrluftstrid		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1650-1942	Antal sidor: 70 s.	
Distribution enligt missiv	Pris: Enligt prislista	

Issuing organization FOI – Swedish Defence Research Agency Command and Control Systems P.O. Box 1165 SE-581 11 Linköping	Report number, ISRN FOI-R--1332--SE	Report type Technical report
	Programme Areas 8. Human Systems	
	Month year September 2004	Project no. E7098
	Subcategories 81 Human Factors and Physiology	
	Subcategories 2	
Author/s (editor/s) Göran Pettersson Peter Svenmarck Per-Anders Oskarsson	Project manager Dan Strömberg	
	Approved by Johan Mårtensson	
	Sponsoring agency Swedish Armed Forces	
	Scientifically and technically responsible Authors	
Report title (In translation) Time and cooperative systems		
Abstract (not more than 200 words) <p>The report describes how military missions require an understanding of not only how to perform actions at the right place but also how to perform actions at the right time when the conditions are good enough. The time is therefore just as important as the place for actions.</p> <p>The report consists of three parts. The first part describes how time is experienced by humans in different situations and how time can be modelled to create guidelines for system design and thereby more efficient decision support systems. Some suggestions are made and illustrated for how time can be used for increased control and efficiency.</p> <p>Part two describes research within temporal perception, that is the psychological mechanisms that are used to create subjective time. The section describes the characteristics of subjective time, factors that affect subjective time, established models of subjective time and neuropsychological studies of anatomical structures. Since subjective time in military missions is not as clear cut as in basic research more studies are needed of the exact role of subjective time.</p> <p>The final part analyses missile shots in simulated beyond visual range combat for a better understanding of what factors to include in the calculation of threat levels based on temporal relationships. The analysis shows that in addition to velocities and distance the calculation should also include altitude difference, heading difference and angle of missile shot.</p>		
Keywords decision support systems, temporal perception, beyond visual range combat		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1650-1942	Pages 70 p.	
	Price acc. to pricelist	

Innehåll

Tid och handling som resurs vid design av beslutsstödsystem	7	
1	Sammanfattning	7
2	Introduktion	7
3	Tidsbegreppet	9
4	Tid och handling	9
5	Visualisering och hantering av tid och temporal information	10
5.1	Metoder och stöd för hantering av tid	10
5.1.1	Aktuell tidsangivelse	10
5.1.2	Scheman	10
5.1.3	Tid och temporal information	10
5.2	Temporala displayprinciper	10
5.2.1	Handlings-/aktivitetsdiagram	11
5.2.2	Planpolära tidsdisplayer	11
5.2.3	Temporalt B-scope	12
5.2.4	Displayprincip för 3D-projicerade handlingsfönster	13
5.2.5	Beräkning av tidsförhållanden för skjutgränser med radarjaktrobot i fjärrstrid	14
6	Referenser	14
Temporal perception	17	
1	Inledning	17
2	Teorier om psykologisk tidsuppfattning	18
3	Neuropsykologisk forskning om temporal perception	21
4	Slutsatser	22
5	Referenser	23
Analys av temporal hotsituation i fjärrluftstrid	25	
1	Inledning	25
2	Procedur	25
3	Resultat	25
3.1	Analys av situationsvariabler	25
3.2	Analys av prestation	26
3.3	Variansanalys av träffresultat och situationsintervaller	26
3.3.1	Variansanalys av träffresultat och avståndintervaller	27
3.3.2	Variansanalys av träffresultat och egna höjdintervaller	33
3.3.3	Variansanalys av träffresultat och målets höjdintervaller	39
3.3.4	Variansanalys av träffresultat och höjdskillnadsintervaller	42
3.3.5	Variansanalys av träffresultat och egna hastighetsintervaller	47
3.3.6	Variansanalys av träffresultat och målens hastighetsintervaller	50
3.3.7	Variansanalys av träffresultat och närmandehastighetsintervaller	55
3.3.8	Variansanalys av träffresultat och kursskillnadsintervaller	59
3.3.9	Variansanalys av träffresultat och skottvinkelintervaller	64
3.4	Icke-parametrisk analys av situationer och träffresultat	66
3.5	Analys med Multi-Dimensional Scaling (MDS) av situationsvariabler och träffresultat	67
3.6	Analys av träffresultat med klassificeringsträd	67
4	Diskussion	68
5	Slutsatser	69
6	Referenser	70

Tid och handling som resurs vid design av beslutsstödsystem

1 Sammanfattning

I dynamiska miljöer är ofta koordinerade insatser i tid och rum viktiga. Ökad precision kan uppnås hos tekniska system, om hänsyn tas till temporala villkor och behov vid systemkonstruktionen. Det är viktigt att system konstrueras så att det beaktar att insatser ska genomföras vid både avsedd position och vid en tidpunkt då förutsättningarna är tillräckligt goda. Därför bör krav på temporal effektivitet finnas med vid designarbete.

Tid kan representeras på olika sätt. Det vanligaste är att använda absolut tid eller klocktid. Scheman och planer är andra tekniker som kan användas när handlingar eller åtgärder ska utföras vid olika tidpunkter eller under tidsintervall. I en del situationer och tillämpningar är den sk relativa tiden mer användbar. Den relativa tiden utgår från nuet, dvs det just nu innevarande ögonblicket, och refererar till händelser som har inträffat eller som beräknas komma att inträffa. I det senare fallet har både det aktuella avståndet till en destination och plattformens hastighet och förmåga att ändra hastighet betydelse för hur lång tid förflyttningen tar att genomföra. Plattformens systemprestanda och egenskaper påverkar de egna handlingarnas anpassningsförmåga och effektivitet. På motsvarande sätt kan antaganden om motståndarens eller opponentens systemprestanda och egenskaper användas för att dra slutsatser om när denna kan utföra sina handlingar. Jämförelsen av egna och motståndarens handlingsmöjligheter kan underlättas med olika tekniker och metoder för visualisering.

Rapporten föreslår flera principer för att visualisera kombinationen av tid och handling. En av principerna har provats i en simulerad miljö i ett samarbete med SAAB Gripen AB [6]. Resultaten är intressanta trots att försöket har en del brister med bl a ett för litet antal provomgångar för att statistiskt säkerställa värdet av resultatet. Resultaten visar att visualiseringen av tid och handling nästan ger fördubblad effektivitet även om de egna förlusterna också ökade.

Människans upplevelse av tid har varit av stort forskningsintresse under lång tid. Däremot kan det konstateras att det relativt sett gjorts få forskningsinsatser om hur man tar hänsyn till tidsuppfattningen vid systemdesign. Rapporten behandlar hur människan uppfattar tiden i olika situationer och ger förslag på hur tiden kan användas vid modellering och visualisering.

2 Introduktion

I dynamiska tillämpningar där en operatör har till uppgift att kontrollera och styra ett händelseförlopp eller arbetar mot uppsatta mål, finns det oftast restriktioner för när olika handlingar kan utföras. Handlingar relaterar bl a ofta mer till tidpunkter eller tidsintervall än till positioner och lägesinformation. En handling, som med förväntad framgång kan utföras mellan två beräknade tidpunkter, kan representeras som ett tidsintervall med start- och sluttidpunkt. Utanför tidsintervallet kan handlingen inte utföras med avsedd verkan. Ett exempel: Handlingen att *stiga av tåget*. Det är endast möjligt att stiga av med hög effektivitet, dvs. med liten risk för att bli skadad, under det tidsintervall som det står stilla på järnvägsstationen. Tidpunkter för och efter detta tidsintervall medför en lägre effektivitet att stiga av tåget dvs. resulterar i ökad risk att bli skadad.

I Allen [1] och [2] introducerades tidigt en sk temporal logik som är grundad på det faktum att logiska utsagor ofta har en begränsad temporal giltighet eller hållbarhet. Efter en viss tid så

har förutsättningarna förändrats och det är nya utsagor eller handlingar som är giltiga eller möjliga. Hollnagel [3] har också understrukit att tiden har stor betydelse för beslutsfattande i dynamiska miljöer. Pettersson har i [4] och [8] diskuterat temporala aspekter på temporala beslutsstöd och temporala displayer.

Krav på ökad effektivitet och flexibilitet tvingar fram ett ökande antal av funktioner och därmed också en alltmer komplicerad logik och struktur för styrning och hantering av de tekniska systemen. Ökad effektivitet innebär ofta krav på att genomföra fler uppdrag, uppgifter eller åtgärder under en kortare tidsperiod.

Det kan konstateras att tidens betydelse och påverkan vid systemdesign och beslutsfattande ofta har underskattats vid utveckling av många avancerade tekniska system. Detta kan synas vara anmärkningsvärt eftersom världen är dynamisk och ständigt genomgår en förändring. Förändringen medför att förutsättningarna för att utföra handlingar och vidta åtgärder ständigt växlar. Den dynamiska miljön gör att åtgärderna har en begränsad giltighet och en fluktuerande effektivitet. Därmed förändras kontinuerligt också förutsättningarna att fatta beslut och agera. Detta påverkar direkt förutsättningarna för att kontrollera processer, planera aktiviteter och utföra handlingar.

Pettersson presenterar i [9] en ansats för hur dels åtgärder eller handlingar kan distribueras mellan det tekniska systemet och operatören, och dels förslag till temporala riktlinjer som man bör ta hänsyn till vid kognitiv systemdesign. Handlingar, processer och aktiviteter tar alltid en viss tid att utföra. Det tar t ex tid att percipiera, tänka, förstå och bedöma information och dess betydelse. Även förflyttning och utförandet av handlingar tar tid. Det handlar också om att vara medveten om den för stunden rådande handlingsförmågan, samt att ha kunskap om och hur handlingsförmågan kan förbättras med hjälp av olika stödåtgärder som t ex ändrad hastighet, omgruppering eller genom användning av stör- och telemotmedel. Alla olika uppgifter och aktiviteter tar var och en sin andel av den tillgängliga tiden. När den tillgängliga tiden inte längre räcker till för att utföra och hantera alla aktuella och pågående aktiviteter så minskar effektiviteten och säkerheten dramatiskt.

Tidsuppfattningen påverkas även av psykologiska och fysiologiska faktorer såsom trötthet, motivation, stress, temperatur, drift av medvetandet på grund av uttråkning eller annan störande påverkan som t ex falsklarm. I [7] beskrivs vikten av att uppnå en god situationsmedvetenhet som då också måste omfatta den temporala situationsmedvetenheten.

I nätverksmiljöer kan det finnas många orsaker till att fördröjningar uppstår. Dessa fördröjningar kan förväntas inverka på tidsuppfattningen och effektiviteten. Bakomliggande orsaker som kan bidra till fördröjningar är exempelvis:

- *Begränsningar och brister i teknik och metod:* Modeller och metoder för kända problemställningar kan ofta hanteras. Metoder som har generell validitet och säkerhet i oväntade situationer eller händelser är däremot svåra att utveckla. Tekniska brister eller logiska fallgropar i nätverkens mjukvara kan därför vara svåra att upptäcka.
- *Oförutsedda behov:* Det är svårt att på förhand veta vilken information som kommer att behövas och om den kommer att finnas tillgänglig under aktuellt tidsintervall.
- *Stora och komplexa informationsmängder:* Användning av många datakällor kan bidra till att mängden information som presenteras blir stor och komplex.
- *Samhörande data:* Det kan inträffa att det uppstår en tidsrelaterad förskjutning för data eller information som beskriver samma objekt eller händelse i omvärlden.

- *Bristfällig information*: Fördröjning kan uppstå på grund av brister i informationens kvalitet och kvantitet. Relevant information kan vid aktuell tidpunkt inte vara tillgänglig eller saknas helt.
- *Avsaknad av gemensam lägesbild*: Avsaknad av gemensam och konsistent lägesbild och situationsmedvetenhet.
- *Tilltro*: Tilltron till informationen påverkas av ett antal olika faktorer som t ex tillförlitlighet och användarnas kunskaper och erfarenheter.

3 Tidsbegreppet

Tid är ett relativt begrepp. Den vanligast förekommande tidsangivelsen är förstås timmar, minuter och sekunder. En sådan tidsangivelse definieras vanligtvis som den absoluta tiden. Den absoluta tiden kan inte påverkas men kan ändå upplevas på olika sätt. För långsiktig planering och uppföljning finns kalendrar, scheman och almanackor.

Den relativa tiden är den tid som krävs eller behöver tas i anspråk för att antingen utföra åtgärder eller finns tillgänglig innan kritiska händelser eller beslutstillfällen inträffar. Den relativa tiden mäts eller beräknas alltid med utgångspunkt från det nuvarande aktuella ögonblicket och framåt eller emellanåt bakåt i tiden. Den relativa tiden kan ofta påverkas i dynamiska miljöer genom att ändra rörelse och hastighet. De är möjligt att påverka den tid det tar att utföra en del handlingar genom att t ex öka eller minska hastigheten. Tekniska prestanda och egenskaper på de plattformar och delsystem som ingår i en situation bidrar till handlingsförmågan. Följande exempel på egenskaper hos plattform och delsystem har en tydlig inverkan på den relativa tiden, dvs möjligheterna att förbättra situationen:

- Effektiviteten i det sammansatta systemets, människan och det tekniska systemets förmåga att lösa den föreliggande uppgiften.
- Manövrerbarhet och kinetiska egenskaper hos plattformar.
- Signaturer i olika våglängdsområden.
- Sensorsystemens prestanda och tålighet.
- Vapensystemens prestanda.
- Motmedelssystemens verkan.

4 Tid och handling

Den relativa tiden är vanligtvis viktigare än den absoluta tiden i dynamiska miljöer. Den relativa tiden kan användas för att rangordna handlingar och jämföra om och när handlingarna är möjliga att utföra. Det är ofta förhållandevis enkelt att extrahera lämpliga parametrar för att konstruera en algoritm som kan beräkna önskade tidpunkter. Informationen finns ofta implicit i tillämpningen i form av systemprestanda, positioner, avstånd, räckvidder och hastigheter. Detta räcker som grund för att kunna beräkna ett antal lämpliga handlingars temporala giltighet.

De temporala reglerna och handlingarnas egenskaper och innehåll anpassas för olika situationer vid uppdragsplanering innan uppdraget börjar, förutsatt att systemet designats på ett sådant sätt att detta medges. Den temporala dynamiken i den verkliga situationen medger sedan med hjälp av beräknade tidsförhållanden att det planerade uppdraget har en förmåga att anpassa sig till situationen. Samma sekvenser av handlingar återkommer i liknande situationer men med varierande tidskrav.

5 Visualisering och hantering av tid och temporal information

5.1 Metoder och stöd för hantering av tid

5.1.1 Aktuell tidsangivelse

Det vanliga sättet att visualisera aktuell tid är naturligtvis med vanliga analoga eller digitala klockor. Detta kan vara tillräckligt för vissa tillämpningar och situationer, men är inte alltid det mest effektiva eller säkraste sättet vid planering och beslutsfattande. Vanliga klockor är t ex inte konstruerade för att möjliggöra enkel jämförelse av handlingar. I viss utsträckning kan aktiviteter synkroniseras genom att använda en gemensam och enhetlig tidsangivelse, men det kan vara svårt att uppnå en tillräckligt god precision.

5.1.2 Scheman

Schemaläggning av aktiviteter utnyttjas ofta för att skapa struktur, ordning och översikt av de handlingar som ska utföras. För att uppnå tillräcklig effektivitet och relevans på aktiviteterna vid schemaläggning i dynamiska tillämpningar, så måste de olika aktiviteternas start- och sluttid uppdateras dynamiskt. Det har också blivit allt vanligare att använda elektroniska kalendrar eller mobiltelefoners inbyggda funktioner för schemaläggning eller som alarmklocka. Fördelarna är bl a möjligheter till uppdatering och ihopkoppling med datorer. Tyvärr är gränssnitten kanske inte alltid anpassade för realtidsbruk och de behov och krav som finns i dynamiska miljöer.

5.1.3 Tid och temporal information

Vid presentation av spatial lägesinformation med eller utan en kartinformation så visas i huvudsak objektens läge, hastighet samt eventuell kurs. Ofta finns också tilläggsinformation av typen klass/identitet och verkansområden tillgängliga. När temporal information används som presentationsteknik så visas inte längre det geografiska läget. Istället är det handlingsförmågan under definierade villkor som beräknas och presenteras.

Handlingsmöjligheter uppstår eller inträffar när villkoren för att utföra en handling är uppfyllda. Ett exempel är när förutsättningarna är uppfyllda för användning av ett vapen enligt fastställda skjutvillkor. Vanligtvis brukar sådana handlingsmöjligheter representeras som spatiala avstånd, räckvidder, sektorer eller områden på en spatial karta. Med den metoden associeras inte den visualiserade handlingsmöjligheten med den relativa tiden till handlingsmöjlighetens inträffande utan endast till var handlingen kan utföras spatialt. I de flesta dynamiska tillämpningar och situationer är det önskvärt och en fördel att representera handlingsmöjligheter som tidsintervall eftersom detta ger en naturlig beskrivning av när handlingsmöjligheter inträffar eller uppstår. Effekten blir att tiden kan utnyttjas bättre som faktor för att avgöra när och i vilken ordning åtgärder behöver eller måste utföras.

5.2 Temporala displayprinciper

Det finns olika principer för hur temporal information såsom handlingsmöjligheter kan visualiseras. De hittills påtänkta principerna har benämnts som Handlingsdiagram, Temporal Planpolär hotdisplay, Temporalt B-scope och 3D-projicerade handlingsfönster. I [8] visualiseras ett sätt att mäta och prediktera den egna handlingsförmågan och relationen till luftvärnssystem som förväntas störa det egna uppdraget under flygning mot ett målområde. Utöver dessa förslag så finns det säkert många ännu inte upptäckta sätt att visualisera temporal information. Det finns förmodligen också sätt att integrera temporal information i vanliga displayer och system.

5.2.1 Handlings-/aktivitetsdiagram

Principen för representation av handlingar i diagramform är enkel och lätt att förstå. Principen påminner om schemaläggning av aktiviteter, men med tidens dynamik införd med automatik i displayen. Principen gör det enklare och mer överskådligt att förstå och tolka i vilken ordning som fientliga och egna aktiviteter eller åtgärder kommer att inträffa eller är nödvändiga att vidta. Dessutom gör principen det enklare att representera en sammansatt handling som svarar mot flera objekt samtidigt. Text om samtliga temporala handlingar av typen ”Inom fientligt objekts verkansområde” överlappar varandra i tiden kan de representeras som ett fusionerat tidsintervall.

5.2.2 Planpolära tidsdisplayer

Bild 1 visar ett exempel på displaykoncept som användes vid försöken tillsammans med SAAB Gripen AB [6]. Den vänstra displayen visar en temporal bild av omvärldsobjektens handlingsförmåga, medan den högra displayen illustrerar en konventionell taktisk display.



Bild 1. Planpolär temporal hotdisplay tillsammans med konventionell taktisk display.

Principen för planpolära tidsdisplayer (bild 2) innebär en presentation av verklig bäring till och kurs hos det inmätta omvärldsobjektet samt den temporala relationen mellan omvärldsobjekten och taktiskt viktiga handlingsmöjligheter (H1, H2 och H3). Handlingsmöjligheterna kan definieras som egna handlingsmöjligheter (egen skjutmöjlighet eller målvärde) eller som objektens handlingsmöjligheter (hotets skjutmöjlighet eller hotvärde). Visualiseringen av handlingsmöjligheter görs med fasta koncentriska cirklar där egen plattform ritas i centrum på displayen. En cirkel ritas för varje handling. Avståndet mellan två cirklar representerar tidsintervallet mellan handlingarna. Det har hittills visat sig att fasta cirklar är att föredra framför dynamiska, vilket innebär att avstånden på displayen kan representera olika långa tidsintervall. Objekten rör sig därför med olika hastigheten mellan två handlingsmöjligheter beroende på hur deras handlingsmöjligheter förändras. Detta ger automatiskt en indikation på objektens mål- eller hotvärde.

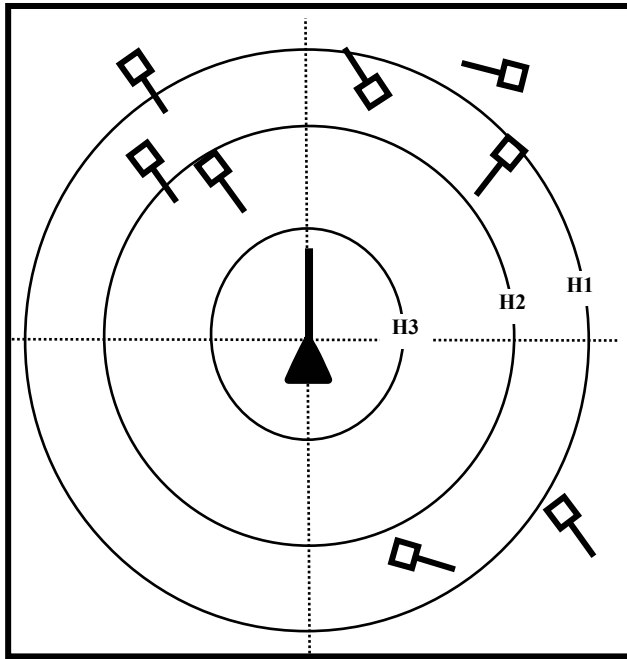


Bild 2. Planpolär temporal hotdisplay

5.2.3 Temporalt B-scope

En gammal metod för att presentera radardata är det sk B-scopet. Metoden har sina rötter i 40 och 50 talens radarteknik. Displayprincipen innebär att radarekon presenterades i ett koordinatsystem med axlar definierade som avstånd och bäring till radarekot. Motsvarande princip av presentation kan användas för att presentera temporal information. En tidsaxel används istället för avstånd saxeln medan bäringen bibehålls på den andra axeln. Handlingsmöjligheterna presenteras med linjer vinkelräta med tidsaxeln och parallella med bäringsaxeln. (Bild 3).

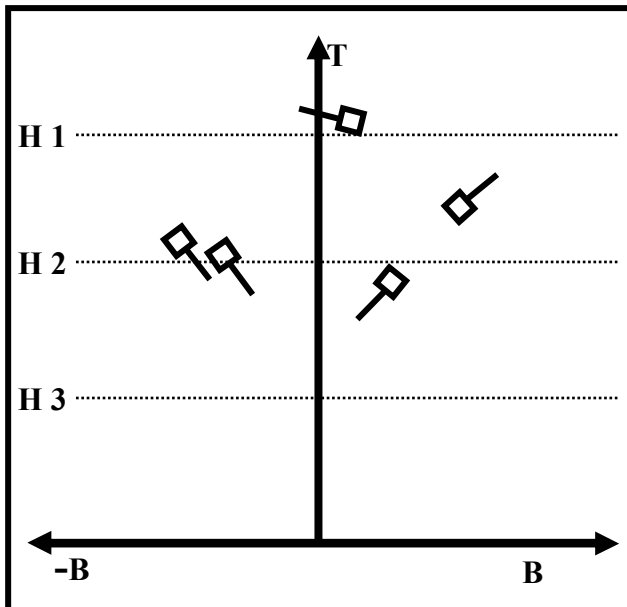


Bild 3. Temporalt B-scope visar handlingsförmåga

5.2.4 Displayprincip för 3D-projicerade handlingsfönster

Temporala handlingsmöjligheter är abstrakta företeelser som är beräknade ur sensordata och har inte har någon fysisk motsvarighet. Handlingsmöjligheterna kan också visualiseras spatialt med fönster i rummen som operatören ska styra in sin farkost igenom där varje fönster representerar en handling. När operatören passerar in i fönstret blir handlingen möjlig att utföra på samma sätt när t ex en skjutgräns passeras på en vanlig taktisk karta. Den beräknade handlingsfönstret i rummen har därför dynamisk position, riktning och storlek. Positionen eller läget i rummen bestäms av temporala beräkningar vilka projiceras till ett spatialt läge. Det spatiala läget och storleken på fönstret, bredden och höjden, anger den position som måste nås och marginalerna för att handlingen ska kunna utföras (Bild 4).

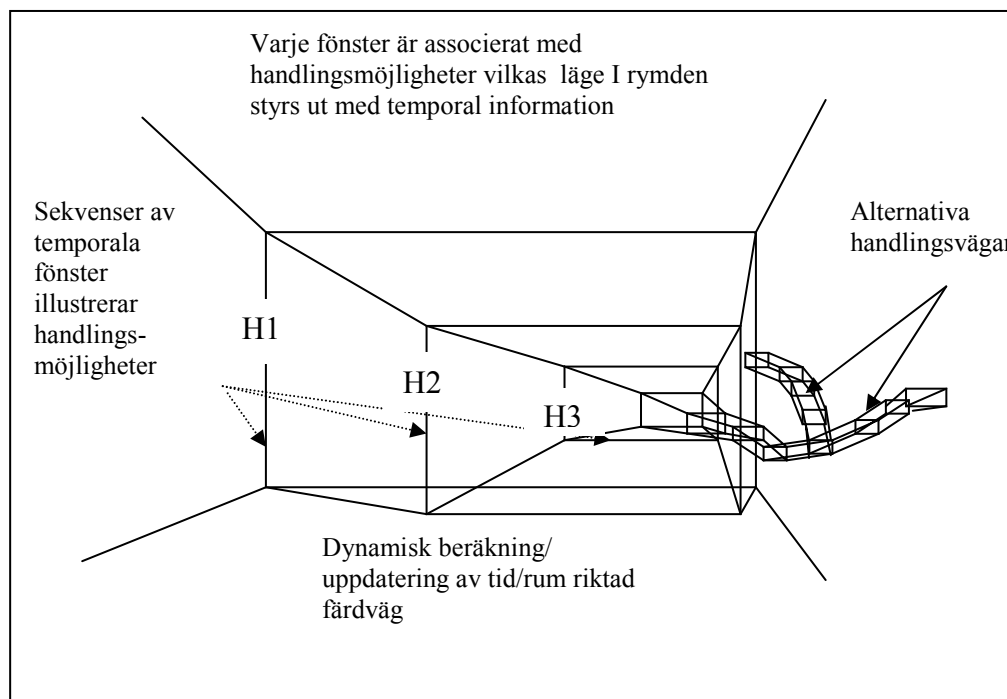


Bild 4. 3D-projicerade handlingssekvenser

5.2.5 Beräkning av tidsförhållanden för skjutgränser med radarjaktrobot i fjärrstrid

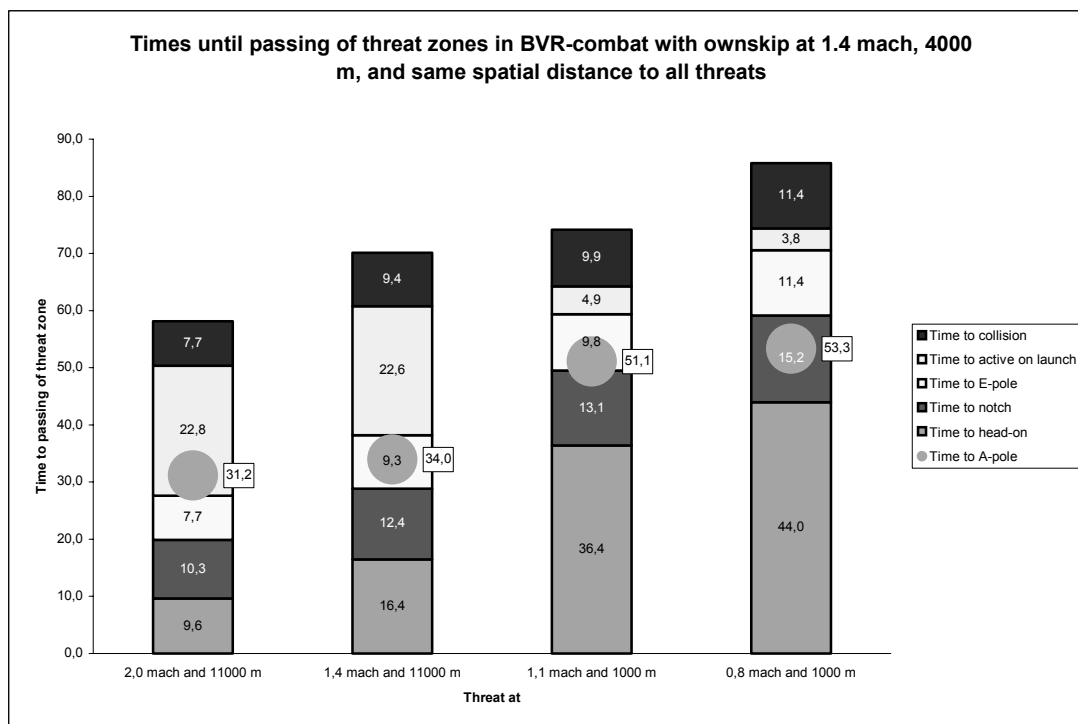


Bild 5. Samma hotavstånd vid olika höjder hos eget flygplan ger olika handlingsmöjligheter för vapensystemet.

Diagrammet (Bild 5) illustrerar hur tiden till olika viktiga handlingsmöjligheter varierar med hotens höjd och hastighet när alla hoten befinner på samma spatiala avstånd. Det egna utgångsläget är ett machtal på 1,4 och en höjd på 4.000 m. Hoten, från vänster till höger i diagrammet har hastigheten 2,0 M och höjden 11.000 m, hastigheten 1,4 M och höjden 11.000 m, hastigheten 1,1 M och höjden 1.000 m och hastigheten 0,8 M och höjden 1.000 m. De olika handlingsmöjligheterna är tid till skjutgränserna head-on (båda flyger rakt fram), notch (egen plattform svänger 90°), E-pole (egen plattform svänger 180°), A-pole (radarmålsökaren öppnar) och radarmålsökaren är öppen vid skott. Dessutom visas tid till kollision. Diagrammet visar att högre höjd och ökad hastighet kan mer än halvera tiden till viktiga handlingsmöjligheter.

6 Referenser

1. Allen, J (1983), Maintaining Knowledge about Temporal Intervals, Communications of the ACM, Vol 26, Number 11, Pages 832-843.
2. Allen, J (1984) Towards a general theory of action and time, Artificial Intelligence, 24 (2), (pp 123-154) 1984.
3. Hollnagel, E., (2002), Time and time again, Theor. Issues in Ergonomics Science, 3(2) / 2002 Pages 143-158.
4. Pettersson, G, (1998), Strömberg, D. Roldan-Prado, R. *Temporal Decision Support and Datafusion in BVR-combat*, Proceedings of Eurofusion98, Malvern, UK. Pettersson, G. (1999), L. Axelsson, T. Jensen, M. Karlsson and A. Malmberg, *Multi-source Integration and Temporal Situation Assessment in Air Combat*, Proceedings of IDC-99, Adelaide, Australia.

6. Linde, L. (2001) D. Strömberg, G. Pettersson, Rikard Andersson, Jens Alfredsson, *Evaluation of a Temporal Display for Presentation of Threats in Air Combat*, Proceedings of CSAPC – 01, p. 137-146., Neubiberg, Germany.
7. Endsley R. M. (1999) Situation Awareness in Aviation Systems, In:Garland, D.J., and Hopkin, V.D. (Eds.) *Handbook of Aviation Human Factors*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
8. Pettersson G. (2002), *A Temporal Action Based Approach to Decision Support in Air Combat*, Proc. of 34. Annual congress of the Nordic ergonomics society, vol II, (pp 651-657) Kolmården, Sweden
9. Pettersson G. (2003), *Distribution of Temporal Tasks in Cockpit Environments*, Human Factors of Decision Making in Complex Systems, (på CD), Dunblane, Scotland.

Temporal perception

1 Inledning

Tidsuppfattning baseras visserligen inte på något unikt sinne som syn och hörsel. Däremot skapas tidsuppfattningen precis som visuell och auditiv rumsuppfattning i den perceptuella processen. Tidsuppfattningen ger ett överlevnadsvärde eftersom en detaljerad uppsättning representationer av tiden ger möjlighet att effektivt analysera tidigare erfarenheter och föregripa framtida händelser. Det vidgar den temporala horisonten och bidrar till en inriktad anpassning i en dynamisk omgivning (Michon, 1994a). Psykologisk tid avser därför den subjektivt upplevda tiden och inte tiden i klassisk fysik. Naturligtvis finns det starka samband men psykologisk tid är t.ex. inte kontinuerlig som tiden i klassisk fysik (Pöppel, 1997).

Forskning om temporal perception är i huvudsak inriktad på fyra olika aspekter av tidsuppfattning. Ett område är samtidighet, dvs. när tiden mellan stimuli är kortare än det perceptuella systemets fördröjningar kan vi inte längre särskilja olika stimuli utan de upplevs som samtidigt. Eftersom de perceptuella fördröjningarna varierar för sinnen så skiljer sig även tidsgränserna för samtidighet. Speciellt det auditiva systemet är extremt känsligt för relativt små temporala skillnader (Block, 1990). Det auditiva systemet kan särskilja stimuli ända ner till ett tidsintervall på 0,5 millisekunder med diktomisk presentation, dvs. ljuden presenteras separat för varje öra. Auditiva diktomiska stimuli med ännu kortare intervall uppfattas som ett enda ljud. Om ljudet presenteras för båda öronen uppfattas två korta auditiva stimuli under ideala förhållanden som två på varandra följande ljud om intervallet mellan dem överstiger 2-4 millisekunder (Pöppel, 1997; Block & Patterson, 1994; Block, 1990). Det visuella systemet är långsammast och kan inte särskilja stimuli med kortare tidsintervall än 5-20 millisekunder (Block & Patterson, 1994).

Trots att det visuella systemet är sämst på att särskilja stimuli så upplevs visuellt uppfattade spatiala relationer som mer objektiva (Dalenoort, 1997). Därför används ofta spatiala relationer för att även beskriva temporala samband, t.ex. med klockor i form av vinklar och tidslinjer i form av avstånd.

Även om stimuli kan särskiljas så är det inte säkert att det går att uppfatta ordningen mellan dem. Ett ytterligare område inom temporal perception är därför temporal ordning. För att uppfatta temporal ordning mellan stimuli får inte tidsintervallet vara kortare än 20-30 millisekunder (Block, 1990; Pöppel, 1997). Gränsvärdet är ungefär detsamma för alla modaliteter vilket tyder på att det finns en central synkronisering av stimuli som är gemensam för alla modaliteter (Block, 1990).

Ett tredje område inom psykologisk tid är den subjektiva uppfattningen om nuet. Genom att integrera separata händelser i en enhetlig referensram så skapas en sammanhängande meningsfull informationsstruktur för fortsatt behandling av kognitiva processer (Michon, 1994c). Integrationen av händelser baseras på förväntningar om vad som kommer att hända utifrån tidigare erfarenheter. När förväntningarna inte längre överensstämmer med de faktiska händelserna så avslutas integrationen av nuet och informationen lagras i minnet. Integrationen börjar redan 20-25 millisekunder efter att en händelse inträffat och avslutas vanligtvis efter 2 till 5 sekunder. Längre än så kan informationen inte hållas i arbetsminnet utan repetering. Tidsuppfattningen av nuet är ofta *implicit*, dvs. integrationen av erfarenheter, uppfattningen av situationen och förväntade händelser, sker helt automatiskt utan att använda medvetna kognitiva processer (Michon, 1990). Tyvärr är den implicita tidsuppfattningen av nuet svår att mäta och tidsintervallet kan därför inte preciseras i detalj. De flesta studier av temporal perception använder en *explicit* tidsuppfattning där medvetenheten om temporala relationer är i fokus. Eftersom bra och meningsfulla informationsstrukturer har ett överlevnadsvärde så är

det inte förvånande att flera naturliga och kulturella situationer som bl.a. verbala yttranden baseras på tidsintervall runt 3 sekunder (se t.ex. Pöppel, 1997).

Det sista området inom temporal perception är uppfattningen av hur långa tidsintervaller är. Ungefär tre sekunder har visat sig vara en viktig gräns för bedömningen av tidsintervaller i form av Vierordts regel (Grondin, 2001). Forskning visar nämligen att kortare intervaller än tre sekunder tenderar att överskattas, dvs. vi bedömer att intervallet är längre än det egentligen är. För intervaller längre än tre sekunder är det tvärt om, dvs. vi underskattar tidsintervallet och bedömer att det är kortare än det egentligen är (Pöppel, 1997). Intervallet däremellan med korrekta bedömningar av tidsintervallet kallas ”indifference interval”. I övrigt beror bedömningen av tidsintervaller mycket på mätmetoden och den bakomliggande modellen för psykologisk tid. Det kan t.ex. ha betydelse om man i förväg får veta att tiden ska bedömas (prospektiv tidsbedömning) eller inte (retrospektiv tidsbedömning) (Zakay, 1994). Med retrospektiv timing är tidsmedvetenheten låg under tidsintervallet och bedömningar av tid baseras på information som återkallas från minnet. Med prospektiv timing är däremot tidsmedvetenheten hög och bedömningar baseras på temporal information som rytmik och återkommande händelser under intervallet. Om temporal information saknas så skapas den ofta genom att t.ex. knacka eller räkna under tidsintervallet.

De vanligaste sätten att ange tidsuppfattningen är enligt Michon (1994b):

- *Verbal uppskattning*: Ett intervall presenteras, försökspersonen anger verbalt intervallets längd.
- *Produktion*: Det numeriska värdet för ett intervall anges, t.ex. antal sekunder. Försökspersonen försöker skapa ett lika långt intervall, t.ex. genom att trycka ner en knapp.
- *Reproduktion*: Ett intervall presenteras, försökspersonen försöker återskapa intervallet, t.ex. genom att trycka ner en knapp.
- *Jämförelse*: Försökspersonen bedömer vilket av två eller flera presenterade tidsintervall som var längst, kortast etc.

Produktion och *verbal bedömning* medför abstrakt, numerisk representation av varaktighet, medan *jämförelse* och *reproduktion* baseras på det faktiska tidsintervallets längd (Michon, 1994b). Tyvärr är korrelationen mellan metoderna ofta mycket låg, vilket understryker tidsuppfattningens indirekta egenskaper. Mätmetodens betydelse gör att en noggrann uppgiftsanalys behövs innan experimentella studier av tidsuppfattning genomförs (Michon, 1994b).

För att förklara de här resultaten har flera teorier föreslagits. De viktigaste teorierna beskrivs i följande avsnitt. Därefter sammanfattas neuropsykologisk forskning om psykologisk tid. Slutligen ges en sammanfattning och några exempel på hur psykologisk tid är relevant för militära tillämpningar.

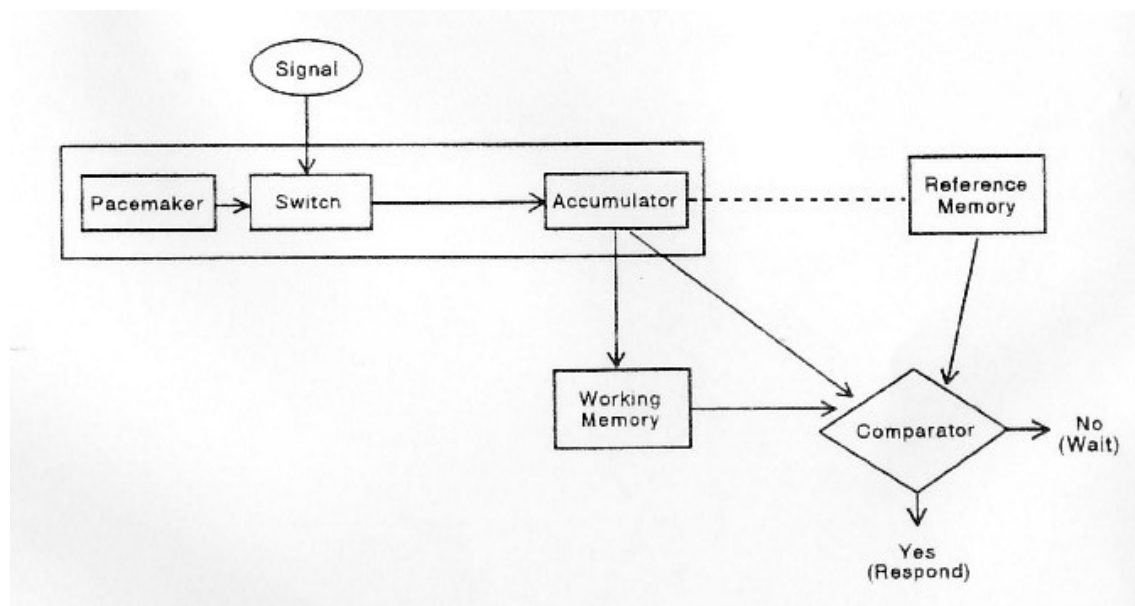
2 Teorier om psykologisk tidsuppfattning

Tidiga teorier för psykologisk tidsuppfattning utgår från att hjärnan har en inbyggd biologisk klocka som kan mäta tidsintervaller (Hoagland, 1933; Treisman, 1963). Teorierna brukar därför sammanfattas under benämningen biologisk tid. Studier inom biologisk tid visar bl.a. att tidsuppfattningen påverkas av:

- *Kroppstemperaturen*: Med högre temperatur upplevs tiden gå långsammare (Hoagland, 1933) och med lägre temperatur fortare (Baddeley, 1966).
- *Ålder*: Äldre personer upplever att tiden går fortare (Block m.fl., 1998)
- *Kön*: Kvinnor överskattar tidsintervall under en minut och underskattar längre tidsintervall. Män har en motsatt tendens (Adkins, 1972).

- *Uppmärksamhet*: Tiden upplevs gå långsammare när vi är uppmärksamma på den. Krävande aktiviteter gör att tiden upplevs gå fortare.
- *Droger*: LSD och amfetamin gör att tiden upplevs gå långsammare (Frankenhauser, 1959). Lugnande medel gör att tiden upplevs gå fortare.
- *Trötthet*: När tröttheten ökar upplevs tiden gå fortare (Miró m.fl., 2003).

Figur 1 visar den principiella strukturen på "scalar timing model" som en illustration av teorierna inom biologisk tid. Pacemakern fungerar som en metronom och vid en given signal börjar pulserna ackumuleras. Informationen förs sedan över till arbetsminnet för jämförelse med hur många pulser som lagrats tidigare. Modellen predicerar framförallt ett exponentiellt förhållande mellan subjektiv och fysisk tid enligt psykofysiologiska principer. Variansen och medelvärde för subjektiv tid har också ett linjärt förhållande enligt Weber's princip, dvs. när medelvärdet ökar så ökar också variansen (Allan, 1998). Båda förhållandena har bekräftats experimentellt.



Figur 1 Scalar timing model (Church, 1984; Gibbon m.fl., 1984).

Problemet med biologisk tid är att den har svårt att förklara varför t.ex. uppmärksamhet påverkar tidsuppfattningen. Enligt Block (1990) finns det inte heller någon känd neurofysiologisk grund för biologisk tid. Block menar att biologisk tid därför tycks vara en alltför förenklad syn på de komplexa processer som ligger till grund för psykologisk tid. En alternativ syn är istället att tidsuppfattningen skapas i en konstruktiv kognitiv process. Den här typen av teorier brukar sammanfattas under benämningen kognitiv tid. Studier inom kognitiv tid visar bl.a. att tidsuppfattningen påverkas av:

- *Minne*: Ökat mental innehåll gör att tiden upplevs gå långsammare.
- *Uppmärksamhet*: När tillgänglig uppmärksamhet ökar så upplevs tiden gå långsammare (Coull m.fl., 2004; Zakay, 1998).
- *Frekvens av stimulus förändringar*: Med högre frekvens av stimulus förändringar så upplevs tiden gå långsammare.
- *Antalet stimuli*: När antalet stimuli ökar så upplevs tiden gå långsammare. Utan stimuli upplevs tiden gå väldigt fort.
- *Familjaritet*: Familjära stimuli gör att tiden går långsammare. Fyra naturliga men orelaterade språkljud presenterade i snabb följd kan korrekt identifieras om de presenteras med intervall på 25 millisekunder. Fyra godtyckliga ljud, t.ex. pip, dunsar eller väningar,

kan endast korrekt identifieras vid presentationsintervall på 150-200 millisekunder, eller ännu längre med otränade försökspersoner. (Michon, 1994b).

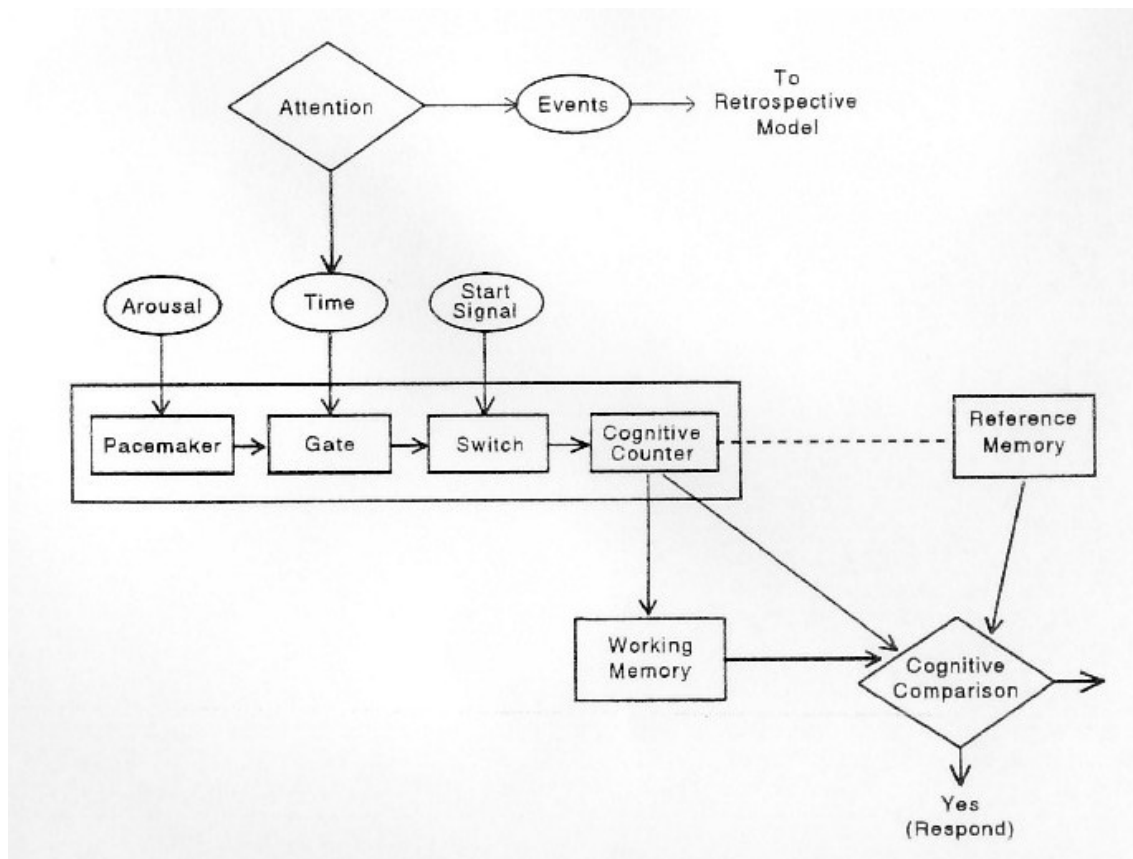
- *Komplexitet*: Tiden upplevs gå långsammare med ökad komplexitet (Ornstein, 1969).
- *Variation*: Fler rutiner i vardagslivet gör att tiden upplevs gå fortare.
- *Innehåll*: Tidsintervall som är fyllda upplevs gå fortare än tomma tidsintervall av samma längd.

En central teori inom kognitiv tid menar att tidsuppfattningen beror på antalet händelser som inkodats i minnet under tidsintervallet (Ornstein, 1969). Dvs. när kraven på lagringskapacitet ökar så upplevs tiden gå långsammare. I detta avseende finns ett samband mellan förmåga till bedömning av spatialt avstånd och temporala förlopp. På samma sätt som vi bedömer avståndet till ett föremål längre om det finns flera föremål mellan oss och föremålet, så bedömer vi ett tidsintervalls varaktighet längre om många händelser ägt rum under det (Dalenoot, 1997). Studier med auditiva, visuella och taktila stimuli har bekräftat teorin (Schiffman, 1990). Uppfattningen av spatiala avstånd och temporala relationer influerar även varandra i form av Tau- och Kappa-effekterna. Tau-effekten innebär att det upplevda spatiala avståndet mellan två stimuli ökar med tidsintervallet mellan stimuli. Kappa-effekten innebär det omvända förhållandet att det upplevda tidsintervallet mellan två stimuli ökar med det spatiala avståndet. Båda effekterna har visats för visuella, auditiva och taktila stimuli (Schiffman, 1990). Effekterna är tydligast i tidsintervallet 0,5 till 1 sekund (Huang & Jones, 1982). Ingen teori kan ännu förklara effekterna fullständigt, men både spatial och temporal information hanteras förmodligen av liknande kognitiva processer (Sarrazin m.fl., 2004).

Generellt sett kan biologisk tid förklara tidsuppfattningen av korta tidsintervaller och kognitiv tid tidsuppfattningen av längre tidsintervaller (Schiffman, 1990). Biologisk och kognitiv tid fungerar därför i olika tidsskalor. Kognitiv tid blir viktigare än biologisk tid vid ca 300 millisekunder. Biologisk och kognitiv tid behandlar också olika faktorer. Block (1990) menar att ett generellt kontextuellt ramverk kan sammanfatta interaktionerna mellan de fyra typer av faktorer som påverkar psykologisk tid:

- *Egenskaper hos individen som upplever tiden*: Kön, personlighet, intresse, temporalt perspektiv och tidigare erfarenheter.
- *Tidsperiodens innehåll*: Olika egenskaper hos händelser, som antal, komplexitet, modalitet, varaktighet etc.
- *Aktiviteter under tidsperioden*: Sträcker sig från relativt passiva till aktivt kontrollerade processer, som strategier vid informationsinhämtningsprocesser.
- *Förändringar i tidsrelaterat beteende*: Förekommer när olika temporala bedömningar utförs, exempelvis samtidigt, rytm, ordning, separation, eller varaktighet.

I ett försök att förena biologisk och kognitiv tid så föreslår Block och Zakey (1996) en modell de kallar ”attentional-gate model”. Modellen visas i Figur 2. Den viktigaste förändringen jämfört med ”scalar timing model” är att den lägger till ett extra steg efter pacemakern. Det här steget kallas för en ”attentional-gate” som gör att räkningen av pulserna beror på hur ofta uppmärksamheten riktas mot tidsuppfattningen istället för externa faktorer. Tyvärr har modellen ännu inte bekräftats experimentellt.



Figur 2 "Attentional-gate model" för prospektiv bedömning av tidsintervall (Block & Zakay, 1996)

Nya möjligheter att mäta neurologisk aktivitet i hjärnan har även gett nya förutsättningar att skapa en enhetlig modell för psykologisk tid. Nästa avsnitt beskriver därför kortfattat de viktigaste resultaten från neuropsykologisk forskning om psykologisk tid.

3 Neuropsykologisk forskning om temporal perception

Neuropsykologisk forskning om temporal perception är för närvarande ett väldigt aktivt område. Precis som för minnesforskningen har möjligheten att mäta hjärnaktiviteten vitaliserat området. Sannolikt är tidsuppfattningen mest relaterad till det episodiska minnet där kunskap om personliga erfarenheter lagras (Block, 1994). Studier visar att kunskapen om själva erfarenheten hanteras av mediala temporalloben (Block & Zakay, 2000). Kunskapen när erfarenheten inträffade hanteras däremot av dorsolateral prefrontal cortex som fungerar som ett temporal-arbetsminne. Men det temporala arbetsminnet används bara för att skapa en tidsuppfattning i sekundintervaller (Rammsayer m.fl., 2001). För millisekundintervaller är tidsuppfattningen mer beroende av sensoriska processer och är utanför kognitiv kontroll. Eftersom substansen dopamin är viktig för den neurala aktiviteten i prefrontal cortex påverkas tidsuppfattningen av droger som höjer eller sänker dopaminnivån. Dopamin agonister gör att tiden upplevs gå fortare medan dopamin antagonister gör att tiden upplevs gå långsammare (Hicks, 1992).

Modellerna för tidsuppfattning innehåller även funktioner för generering av pulser, lagring av målintervaller, jämförelse av tidsintervaller och betydelsen av uppmärksamhet för tidsuppfattningen. Pulserna baseras förmodligen på naturliga neurala oscillatorer (Macar, 1998). Thalamocortical neuronceller som reglerar vakenhet är kanske de mest kända men oscillerande neuronceller finns också i flera andra områden. Oscillationsperioderna sträcker sig från millisekunder till flera timmar. Oscilleringsmönstren registreras sedan av striatum som genererar själva pulsen (Coull m.fl., 2004). Mycket tyder på att målintervallet lagras i putamen för att sedan jämföras med det uppskattade tidsintervallet (Coull m.fl., 2004; Rao

m.fl., 2001). Rao m.fl. (2001) beskriver hur det uppskattade tidsintervallet lagras i premotor cortex men lagring påverkas av höger inferior parietal cortex som motsvarar tillgänglig uppmärksamhet för temporal perception. Själva jämförelsen av tidsintervaller sker sen i dorsolateral prefrontal cortex (Rao m.fl., 2001) eller i temporalloben (Tracy m.fl., 2000) beroende på vilken tidsuppfattning det är frågan om. Ibland används lilla hjärnan för att utnyttja lagrade kunskaper om tidsintervaller (Tracy m.fl., 2000). Eftersom uppfattningen av tidsintervaller varierar mycket med mätmetoden så är det inte förvånande att olika neurala områden är involverade. Men generellt sett hanterar äldre evolutionära delar prospektiv tidsuppfattning och nyare delar retrospektiv tidsuppfattning (Block & Zackay, 2000). Coull m.fl. (2004) beskriver också hur tidsuppfattningen är uppdelad i ordinär tidsskala med främre delen av "supplementary motor area" (preSMA) och en relativ tidsskala med frontal operculum, dorsal premotor cortex och basal ganglia. Sammanfattningsvis är flera temporala center involverade för olika former av tidsuppfattning. Hur alla temporala centra integreras till en enhet är fortfarande oklart men se Dawson (1994).

När de neurala områdenas roll för tidsuppfattningen börjar klarna så riktas uppmärksamheten mot den neurala representationen för att realisera funktionerna. Flera hypotetiska modeller för neurala arkitekturer har förslagits men först nyligen har mätningar börjat användas för att verifiera modellerna (se Durstewitz, 2004). Leon och Shadlen (2003) beskriver hur den neurala aktiviteten hos laterala intraparietala neuroner i bakre hjässloben korrelerar direkt med den upplevda tidsuppfattningen. Högre aktivitet gav längre upplevt tidsintervall. Sambandet var så tydligt att det även beskrev hur felaktig tidsuppfattningen var. Variationen ökade också proportionerligt med längden på upplevt tidsintervall enligt Webers lag. Macar och Vidal (2003) visar också hur "contingent negative variation" (CNV) ökar linjärt tills målintervallet är nått för att sedan minska.

4 Slutsatser

Sammanställningen visar att händelser synkroniseras centralt för alla modaliteter. Vilka processer som är involverade för att skapa tidsuppfattningen beror till stor del på hur långt tidsintervallet är. För millisekundintervaller dominerar sensoriska processer och kognitiva processer blir betydelsefulla först vid tidsintervall över 300 millisekunder. Tidsintervall runt ca 3 sekunder motsvarar det vi kallar nuet och är anpassat för skapa meningsfulla kognitiva enheter av naturliga sammanhang. Det är kanske ingen tillfällighet att 3 sekunder motsvarar Vierordts "indifference intervall" för korrekta bedömningar av tidsintervaller. Andra tidsintervall än 3 sekunder ger två olika former av missbedömningar. Kortare intervall tenderar att överskattas och kan därmed ge en för tidig reaktion. Längre intervall tenderar att underskattas och kan ge en för sen reaktion. Mycket tyder också på att liknande kognitiva processer används för temporal och spatial information oavsett modalitet. Bl.a. påverkas tids- och rumsuppfattningen av kraven på lagringskapacitet. Inom tidsintervall på 0,5 till 1 sekund påverkas också tidsuppfattningen av spatiala relationer och rumsuppfattningen av temporala händelser. Slutligen gör den upplevda objektiviteten hos spatiala relationer att de används för att även beskriva temporala relationer.

Tidiga teorier för psykologisk tidsuppfattning utgår från att hjärnan har en biologisk klocka som mäter tidsintervaller. Modellen förklarar bl.a. hur tidsuppfattningen påverkas av kroppstemperatur, ålder, droger och trötthet. Men en biologisk klocka har svårt att förklara varför tidsuppfattningen påverkas av t.ex. uppmärksamhet. Skapandet av tidsuppfattningen måste därför även ses som en konstruktiv kognitiv process. Flera faktorer påverkar den här processen som t.ex. minneskrav, uppmärksamhet, antalet stimuli, frekvens av stimulusförändringar, komplexitet och innehåll i tidsintervall. Flera av funktionerna i biologisk och kognitiv tid har lokaliserats med neuropsykologi och till viss del även förklarats.

Eftersom många faktorer i uppgiften påverkar tidsuppfattningen behövs en noggrann temporal uppgiftsanalys. Problemet är att de renodlade uppgifterna inom forskningen inte är helt representativa för mer komplexa och dynamiska situationer. Modelleringen av psykologisk tidsuppfattning behöver därför integreras med bl.a. dynamiskt beslutsfattande (se Brehmer, 1992). Den subjektiva tidsuppfattningen är inte heller det enda referenssystemet för temporala bedömningar. De Keyser (1995) beskriver flera andra viktiga referenssystem som konventioner, tillståndsförändringar och kontextuella faktorer. Trots detta finns det flera exempel på hur klockor används för att stödja bedömningen av förloppen i fjärrluftstrid. Bedömningen av tid är även viktig för mekaniserad strid (Hellgren, 2003). Det behövs därför fortsatta studier av den exakta rollen för subjektiv tidsuppfattning i militära uppdrag.

5 Referenser

- Adkins, C. J. (1972). Verbal estimations of time at four spatial distances. *Perceptual & Motor Skills*, 35, 411-418.
- Allan, L. G. (1998). The influence of scalar timing on human timing research. *Behavioural Processes*, 44, 101-117.
- Baddeley (1966). Citerad i H. R. Schiffman (1990), *Sensation and Perception an Integrated approach*.
- Block, R. A. (1990). Models of psychological time. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time* (pp. 1-35). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Block, R. A. (1994). Cognition. In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Block, R. A., & Patterson, R. (1994). Simultaneity, successiveness, and temporal-order judgments. In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Block, R. A., & Zakay, D. (1996). Models of psychological time revisited. In H. Helfrich (Ed.), *Time and Mind*. Hofrege & Huber Publishers.
- Block, R. A., & Zakay, D. (2000). Psychological time. In R. Bucci, V. di Gesù, & M. Saniga (Eds.), *Studies on the structure of time: from physics to psycho(patho)logy*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Block, R. A., Zakay, D., & Hancock, P. A. (1998). Human aging and duration judgments: A meta-analytic review. *Psychology and Aging*, 13, 584-596.
- Brehmer, B. (1992). Dynamic decision making: Human control of complex systems. *Acta Psychologica*, 81, 211-241.
- Church, R. M. (1984). Properties of the internal clock. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 566-582.
- Coull, J. T., Vidal, F., Nazarian, B., & Macar, F. (2004). Functional anatomy of the attentional modulation of time estimation. *Science*, 303, 1506-1508.
- Dalenoort, G. J. (1997). Cognitive aspects of the representation of time. In H. Atmanspacher & E. Ruhnau (Eds.), *Time, Temporality, Now* (pp. 179-188). Berlin: Springer.
- Dawson, K. A. (2004). Temporal organization of the brain. *Brain and Cognition*, 54, 75-94.
- De Keyser, V. (1995). Time in ergonomics research. *Ergonomics*, 8, 1639-1660.
- Durstewitz, D. (2004). Neural representation of interval time. *Neuroreport*, 15(5), 745-749.
- Frankenhaeuser, M. (1959). *Estimation of time: An experimental study*. Stockholm, Almqvist & Wiksell.
- Gibbon, J., Church, R. M., & Meck, W. H. (1984). Scalar timing in memory. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 423, 52-77.
- Grondin, S. (2001). From physical time to the first and second moments of psychological time. *Psychological Bulletin*, 127(1), 22-44.
- Hicks, R. E. (1992). Prospective and retrospective judgments of time: A neurobiological analysis. In Macar, Pouthas, & Friedman (Eds.), *Time, action, and cognition: Towards bridging the gap*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.

- Hellgren, J. (2003). *Analys av tidsrelaterade funktioner i SLB*. Examensarbete Nr. 2003:245 CV. Luleå, Sverige: Luleå tekniska universitet.
- Hoagland, H. (1933). The psychological control of judgments of duration: Evidence for a chemical clock. *Journal of Experimental Psychology*, 9, 267-287.
- Huang, Y. L., & Jones, B. (1982). On the interdependence of temporal and spatial judgments. *Perception & Psychophysics*, 32(1), 7-14.
- Leon, M. I., & Shadlen, M. N. (2003). Representation of Time by Neurons in the Posterior Parietal Cortex of the Macaque. *Neuron*, 38, 317-327.
- Macar, F. (1998). Neural bases of internal timers: A brief overview. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 17(4-5), 847-865.
- Macar, F., & Vidal, F. (2003). The CNV peak: An index of decision making and temporal memory. *Psychophysiology*, 40(6), 950-954.
- Michon, J. A. (1990). Implicit and explicit representations of time. In R. A. Block (Ed.), *Cognitive models of psychological time*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Michon, J. A. (1994a). Psychology: Representations of time. In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Michon, J. A. (1994b). Time perception. In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Michon, J. A. (1994c). Psychological present. In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Miró, E., Carmen Cano, M., Espinosa-Fernández, L., & Buéla-Casal, G. (2003). Time estimation during prolonged sleep deprivation and its relation to activation measures. *Human Factors*, 45(1), 148-159.
- Ornstein, R. E. (1969). *On the experience of time*. Harmondsworth, England: Penguin.
- Pöppel, E. (1997). The brain's way to create "nowness". In H. Atmanspacher & E. Ruhnau (Eds.), *Time, Temporality, Now* (pp. 107-120). Berlin: Springer.
- Rammsayer, T. H., Hennig, J., Haag, A., & Lange, N. (2001). Effects of noradrenergic activity on temporal information processing in humans. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54B(3), 247-258.
- Rao, S. M., Mayer, A. R., & Harrington, D. L. (2001). The evolution of brain activation during temporal processing. *Nature neuroscience*, 4(3), 317-323.
- Sarrazin, J.-C., Giraudo, M.-D., Pailhous, J., & Bootsma, R. J. (2004). Dynamics of Balancing Space and Time in Memory: Tau and Kappa Effects Revisited. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception And Performance*, 30(3), 411-430.
- Schiffman, H. R. (1990), *Sensation and Perception: An integrated approach*. New York: Wiley.
- Tracy, J. I., Faro, S. H., Mohamed, F. B., Pinsk, M., & Pinus, A. (2000). Functional localization of a "time keeper" function separate from attentional resources and task strategy. *NeuroImage*, 11, 228-242.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock". *Psychological Monographs*, 77(Whole no.576).
- Zakay, D. (1994). Temporal judgment (methods). In S. L. Macey (Ed.), *Encyclopedia of time*. New York: Garland Publishing.
- Zakay, D. (1998). Attentional allocation policy influences prospective timing. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(1), 114-118.

Analys av temporal hotsituation i fjärrluftstrid

1 Inledning

Komplexiteten och dynamiken i fjärrluftstrid gör att det kan vara svårt för förare att integrera all information för att få en bra uppfattning om träffsannolikheter och alternativ för att möta robothot. Någon form av temporal information verkar vara ett lovande sätt att integrera all information till gemensam hotnivå. Eftersom många faktorer påverkar träffsannolikheten så analyserades ett antal skottsituationer för att få en preliminär uppfattning om vilka variabler som kan vara relevanta. Analysen begränsas därför till relationen mellan egen plattform (anfallare) och mål vid robotskott samt om roboten träffade eller inte. Tyvärr fanns det ingen möjlighet att genomföra temporala analyser i tid för publicering eftersom programkoden med robotprestanda var hemlig. Skjutgränserna i de temporala analyserna kunde därför inte beräknas utan analysen begränsas till kinematiska variabler.

2 Procedur

Fjärrluftstriderna genomfördes i Flygvapnets Luftstridssimuleringscenter (FLSC) av oerfarna icke-svenska flygförare som ett led i deras grundutbildning i fjärrluftstrid. Syftet i de här fjärrluftstriderna vara att lära sig principiella kunskaper för anfall snarare än att möta robothot. Målen flög därför i huvudsak på rakbana och gjorde få undanmanövrer. Totalt genomfördes 10 försöksomgångar med 26 flygplan i varje omgång. Uppdraget var uppdelat i två områden, norr och söder, där en rote i varje område ansvarade för skydda luftrummet mot intrång.

Analysen utfördes på skott med radarrobotar. Några skott vara anomalier och kunde inte analyseras. Totalt analyserades 95 skott. Variabler för höjder och hastigheter i skottsituationerna kompletterades med höjdskillnaden, dvs. egen höjd minus målets höjd, och närmandehastigheten, dvs. summan av egen och målets hastighet. För kursskillnad användes absolutbeloppet av skillnaden mellan egen och målets kurs, dvs. den varierade mellan 0° för samma kurs och 180° för mötande kurs. Även för skottvinkeln användes absolutbeloppet, dvs. den beskrev hur många grader målets position var från den egna kursen.

3 Resultat

3.1 Analys av situationsvariabler

	Medelvärde	Minimum	Maximum	Standardavvikelse
Avstånd (m)	35.969	5.133	117.578	20.995
Egen höjd (m)	9.403	626	15.677	3.318
Målets höjd (m)	5.434	997	13.660	3.825
Höjdskillnad (m)	3.968	-5.476	12.652	4.078
Egen hastighet (m/s)	381	146	565	94
Målets hastighet (m/s)	292	187	483	45
Närmandehastighet (m/s)	673	382	907	104
Kursskillnad (°)	130	0,49	180	53
Skottvinkel (°)	27	0,28	337	56

	Signifikanta korrelationer ($p < 0,05$) mellan situationsvariabler					
	Egen höjd	Målets höjd	Höjdskillnad	Målets hastighet	Närmandehastighet	Kurskillnad
Avstånd	0,40	0,50		0,28	0,29	0,43
Egen höjd		0,35	0,48	0,21	0,26	0,37
Målets höjd			-0,65	0,62	0,28	
Höjdskillnad				-0,41		0,30
Egen hastighet					0,90	0,27
Målets hastighet					0,43	
Närmandehastighet						0,25

3.2 Analys av prestation

Totalt sköts 95 skott varav 58 träffade och 37 bommade, vilket ger en träffsannolikhet på 61,1%.

För att få en uppfattning om sambandet mellan träffresultat gjordes även en korrelationsanalys. Eftersom träffresultat är dikotomisk variabel kan korrelationsvärdena inte tolkas i någon absolut mening utan endast vid jämförelse av hur situationsvariablerna korrelerar med träffresultat.

	Signifikanta korrelationer ($p < 0,05$) mellan situationsvariabler och träffresultat
Målets höjd	-0,44
Höjdskillnad	0,31
Målets hastighet	-0,23
Avstånd	-0,20

Det fanns inga signifikanta korrelationer mellan träffresultat och egen höjd och hastighet, samt närmandehastighet.

3.3 Variansanalys av träffresultat och situationsintervaller

För att få en bättre uppfattning om situationsvariablernas inbördes samband och hur de påverkar träffresultatet så delades alla variablerna in i ett antal intervaller. Klassgränserna mellan intervallerna valdes för att efterlikna frekvensfördelningen av avfyrningar över situationsvariablerna och så att ungefär minst tio avfyrningar hamnade i varje klass. Inspektion av frekvensfördelningen för avfyrningar över olika avstånd, höjdskillnad, egen hastighet och närmandehastighet visar en normalfördelning runt medelvärdet. Avståndet klassades därför med gränserna 20.000, 40.000 och 60.000 meter, egen hastighet med 300, 400 och 500 m/s, samt närmandehastigheten med 500, 600, 700 och 800 m/s. Preliminära analyser visade att ingen robot bommade när höjdskillnaden var större än 10.000. Höjdskillnadsintervallerna klassades därför med 0 och 5.000 meter. Inspektion av frekvensfördelningen för avfyrning över olika egen höjder och målets hastighet visar att mer än 80 % av avfyrningarna skedde jämnt fördelade inom specifika intervaller. För egen höjd så skedde majoriteten av avfyrningar mellan 6000 och 14000 meter och för målets hastighet mellan 250 och 300 m/s. Egen höjd klassades därför med 6.000, 8.000, 10.000 och 12.000 meter och målets hastighet med 250 och 300 m/s. Inspektion av frekvensfördelningen för avfyrningar över olika målhöjder visar att målen i huvudsak antingen flög under 2000 meter eller mellan 6000 och 8000 meter. Målets höjd klassades därför med klasserna låg och hög beroende på om höjden var under eller över 4000 meter.

	Klassgränser	Antal situationsintervaller
Avstånd (m)	20.000, 40.000, 60.000	4
Egen höjd (m)	6.000, 8.000, 10.000, 12.000	5
Målets höjd (m)	4.000	2
Höjdskillnad (m)	0, 5.000	3
Egen hastighet (m/s)	300, 400, 500	4
Målets hastighet (m/s)	250, 300	3
Närmandehastighet (m/s)	500, 600, 700, 800	5
Kursskillnad (°)	90, 160, 170	4
Skottvinkel (°)	10, 20, 30, 40	5

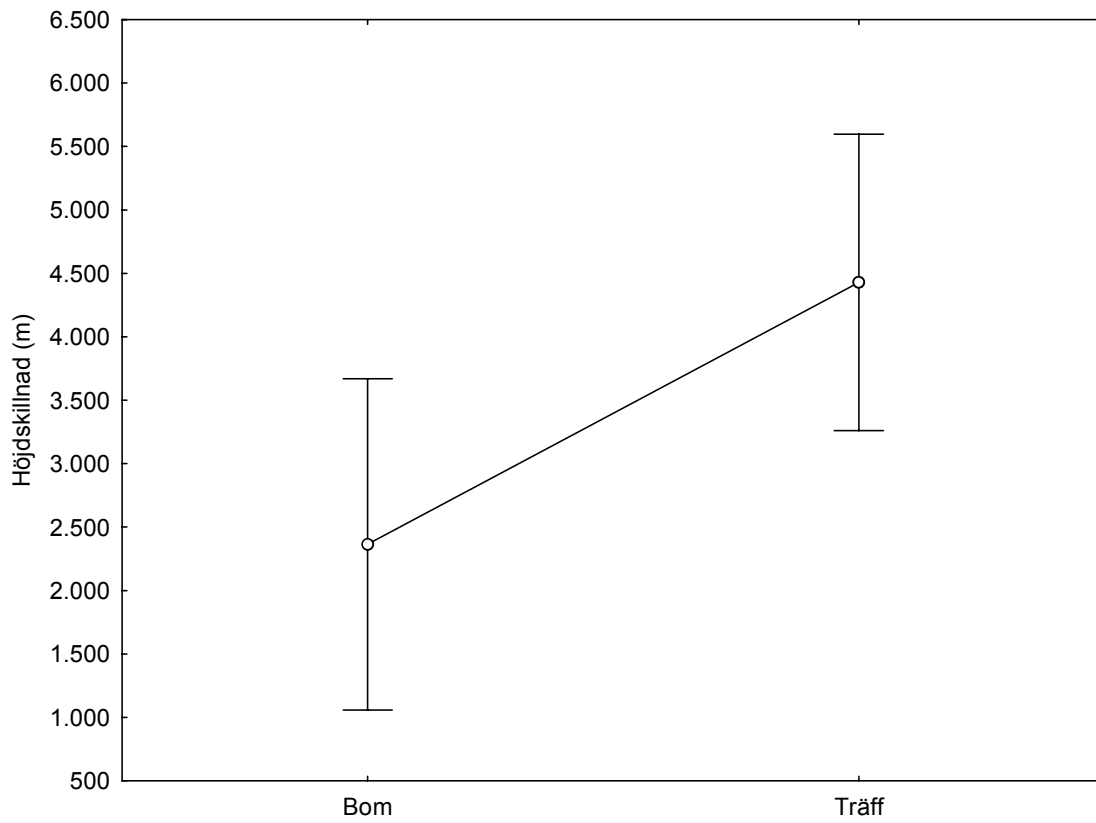
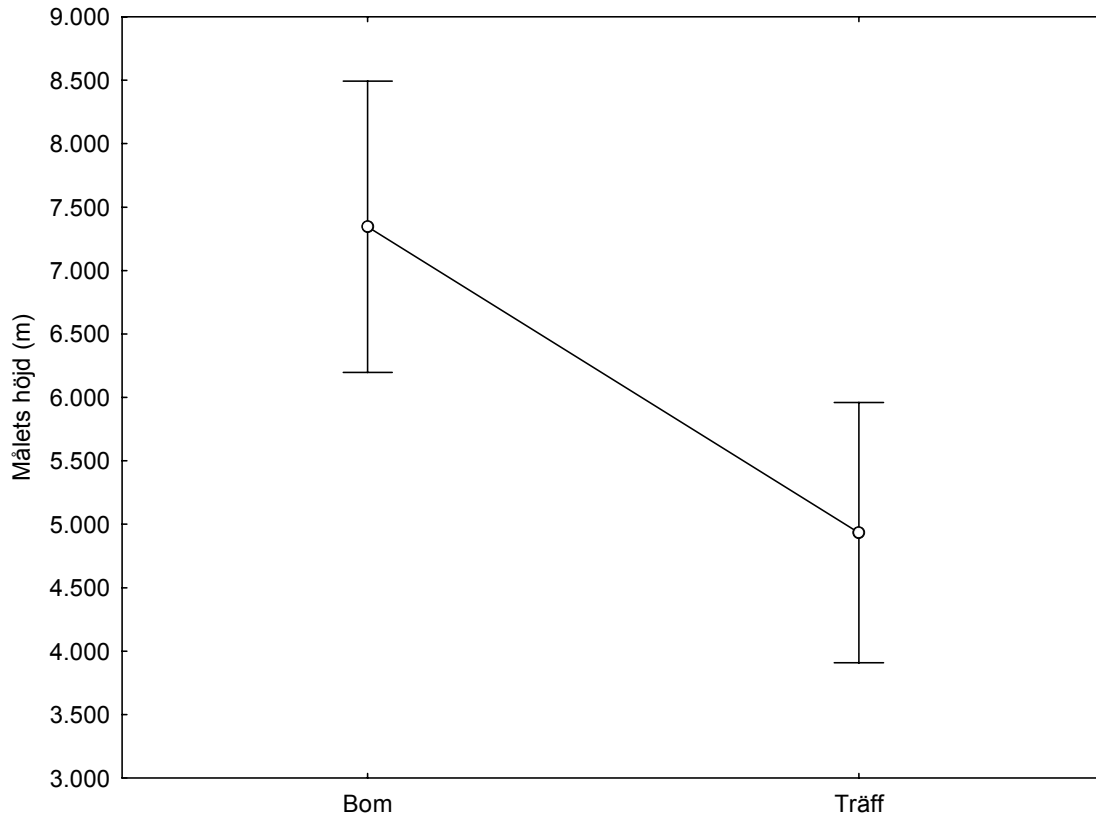
Designen var genomgående 2 träffresultat (bom och träff) gånger antalet situationsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Se Kirk (1995) för en introduktion till variansanalys.

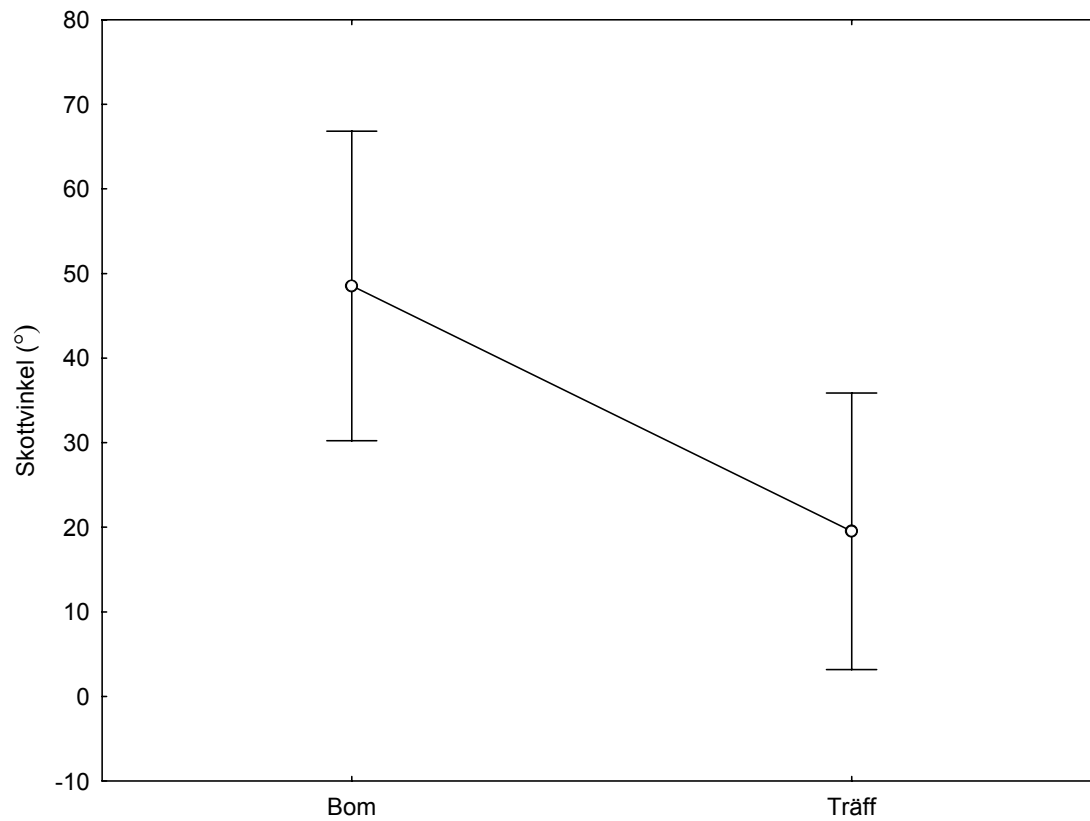
3.3.1 Variansanalys av träffresultat och avståndsintervaller

Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 4 avståndsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för avståndsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och avståndsintervaller.

Signifikanta skillnader mellan träffresultat	F 1/87	p<
Målets höjd	9,70	0,01
Höjdskillnad	5,49	0,05
Skottvinkel	5,52	0,05

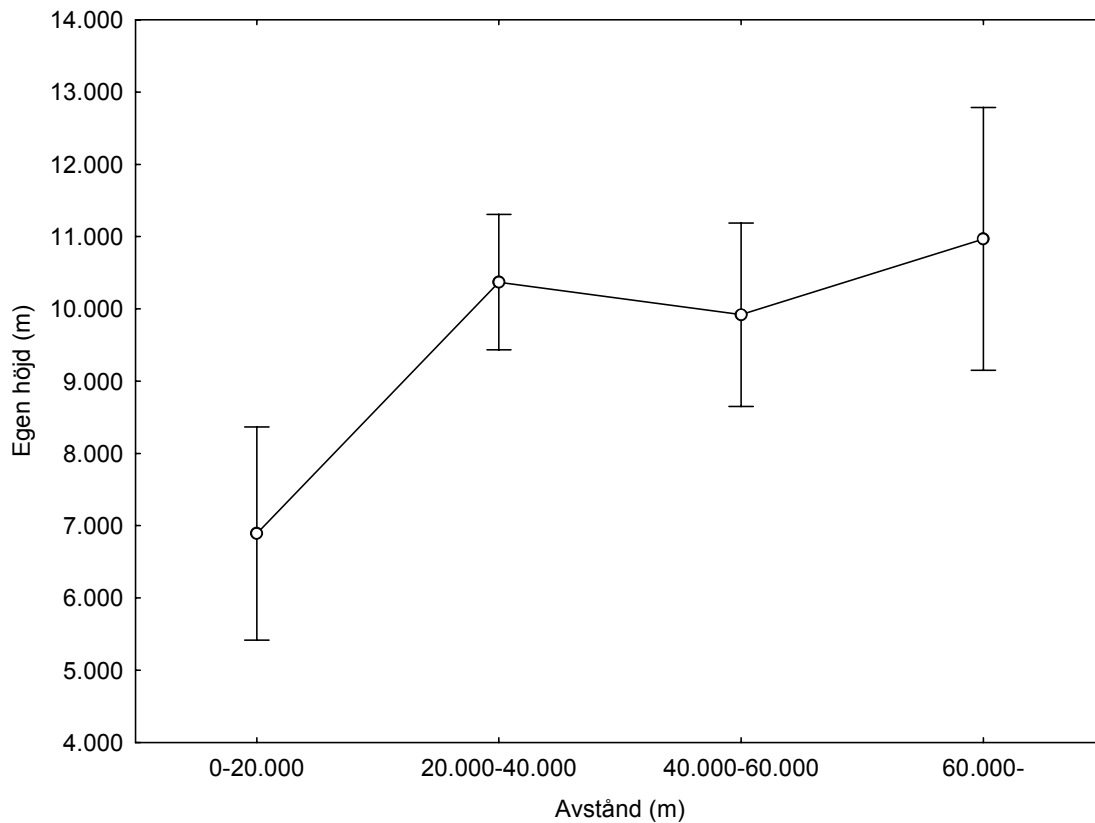
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultaten för egen höjd, egen och målets hastighet, närmandehastighet, samt kursvinkel.



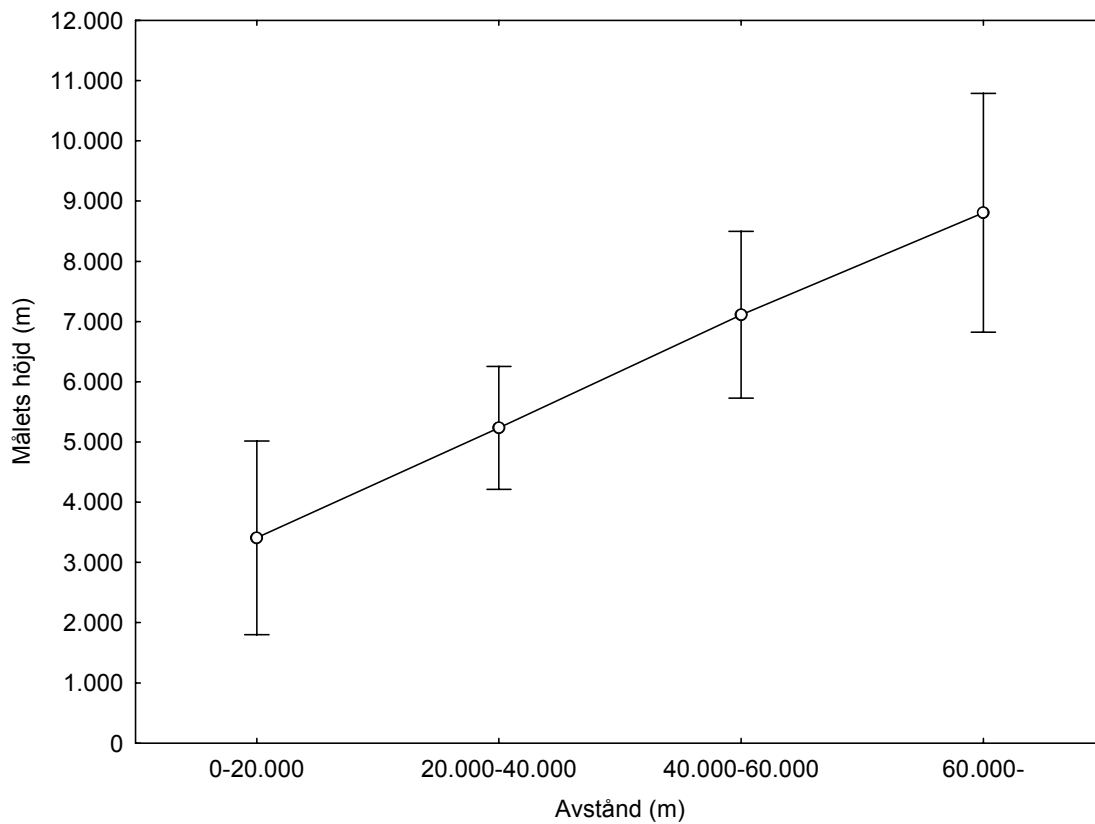


Signifikanta skillnader mellan avståndsintervaller	F 3/87	p<
Egen höjd	6,11	0,001
Målets höjd	7,53	0,001
Höjdskillnad	2,97	0,05
Kursskillnad	5,37	0,01
Skottvinkel	6,84	0,001

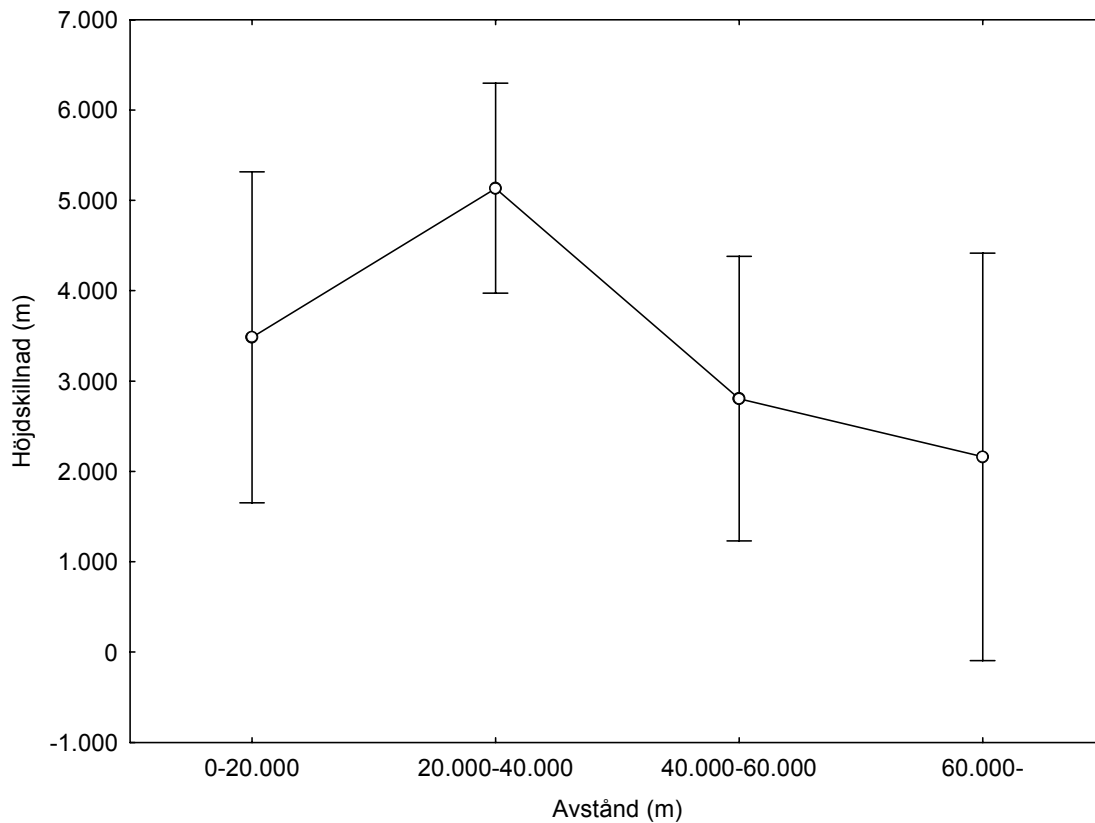
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan avståndsintervaller för egen och målets hastighet, närmandehastighet, samt skottvinkel.



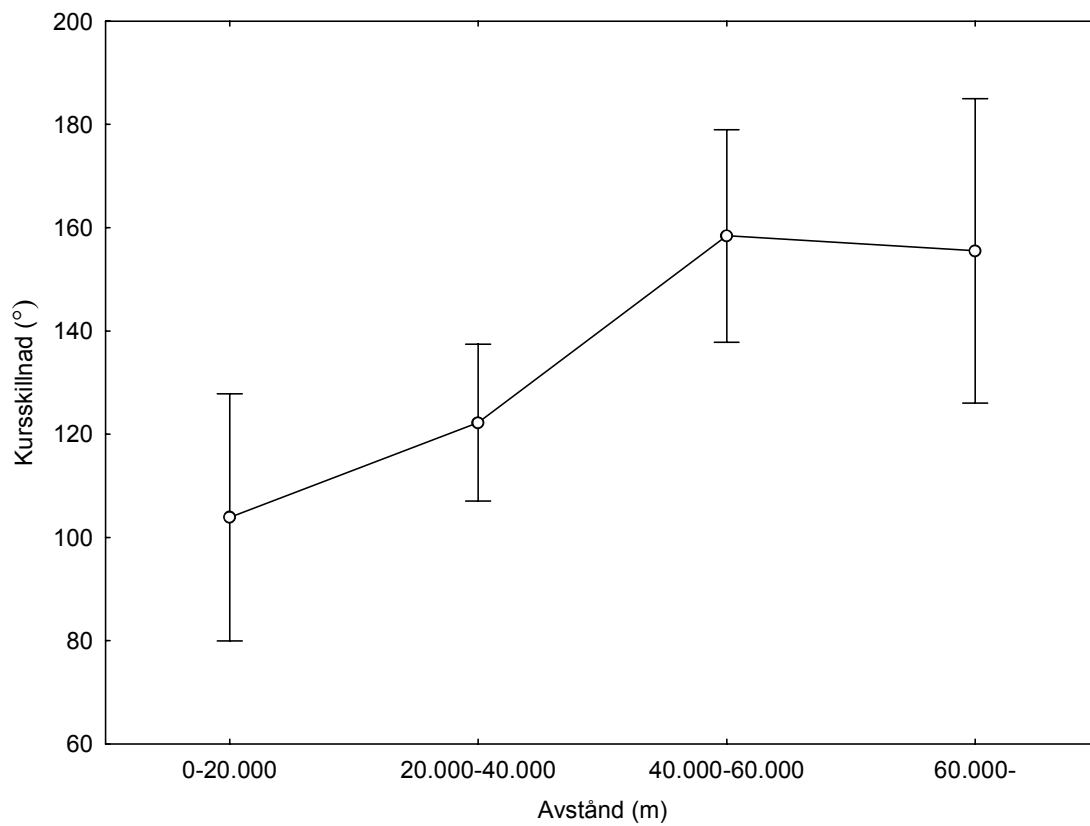
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-20.000 meter och övriga klasser.



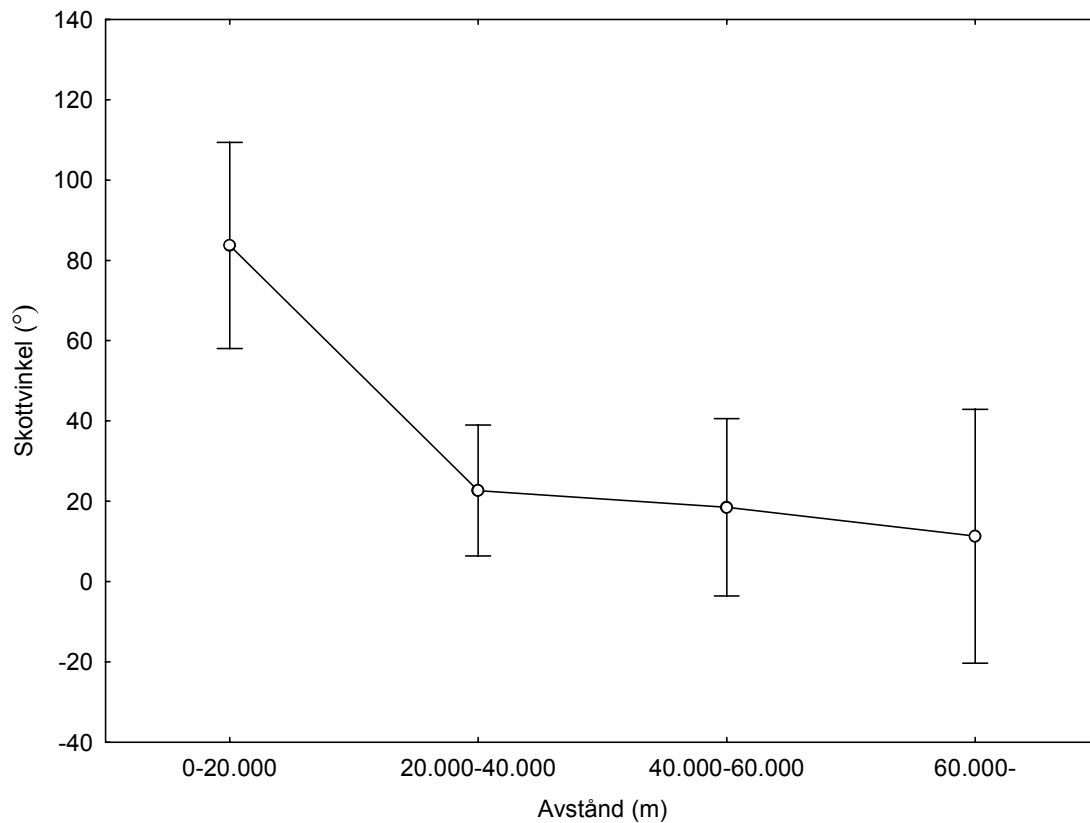
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-20.000 meter och avstånd över 40.000 meter samt mellan klassen 20.000-40.000 meter och över 60.000 meter.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 20.000-40.000 meter och avstånd över 60.000 meter.

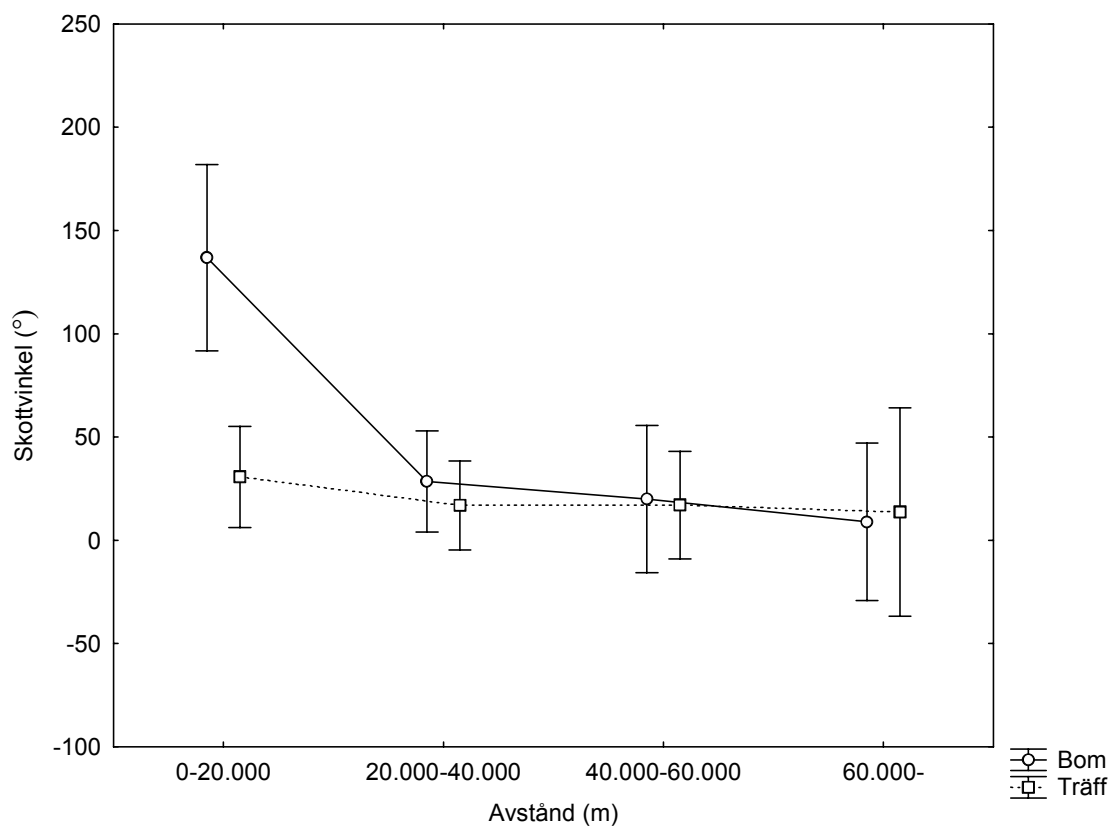


Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-20.000 meter och avstånd över 40.000 meter samt mellan klasserna 20.000-40.000 och 40.000-60.000 meter.



Tukey HSD gav inga signifikanta effekter.

Det fanns även en signifikant skillnad för hur skottvinkel varierade med interaktionen av träffresultat och avståndet ($F_{3/87}=4,14$, $p<0,01$).



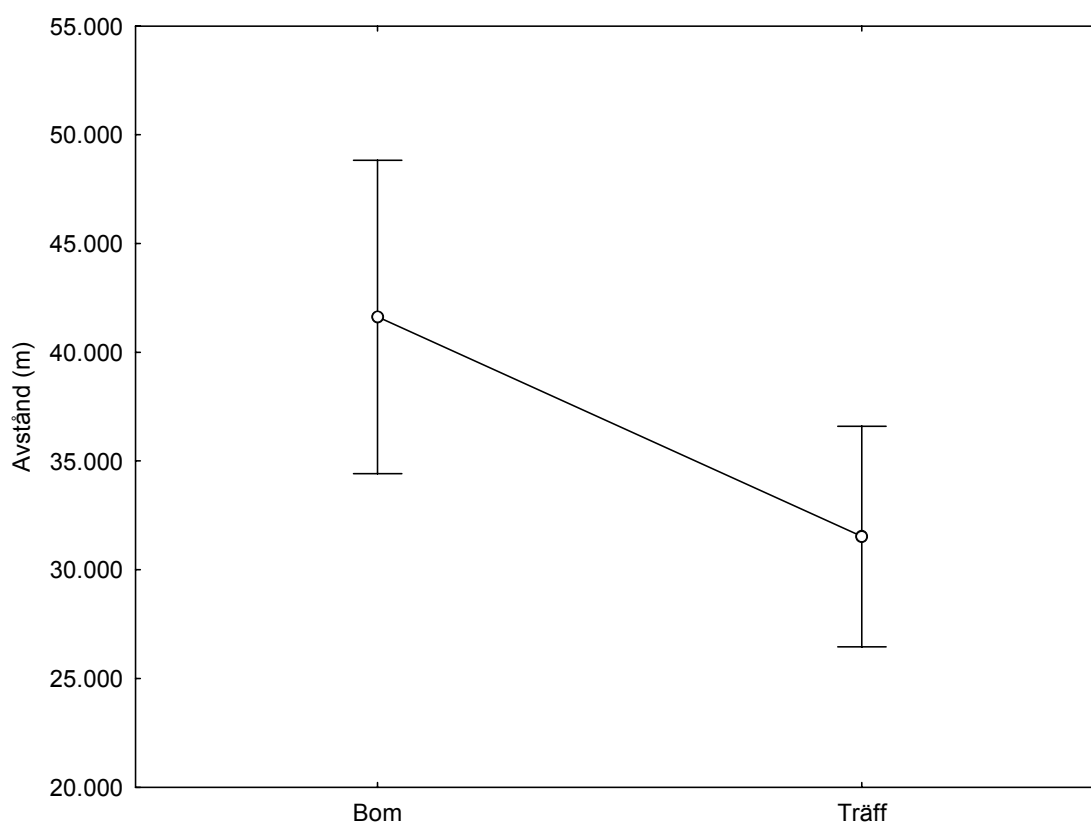
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen bom vid 0-20.000 meter och alla övriga klasser.

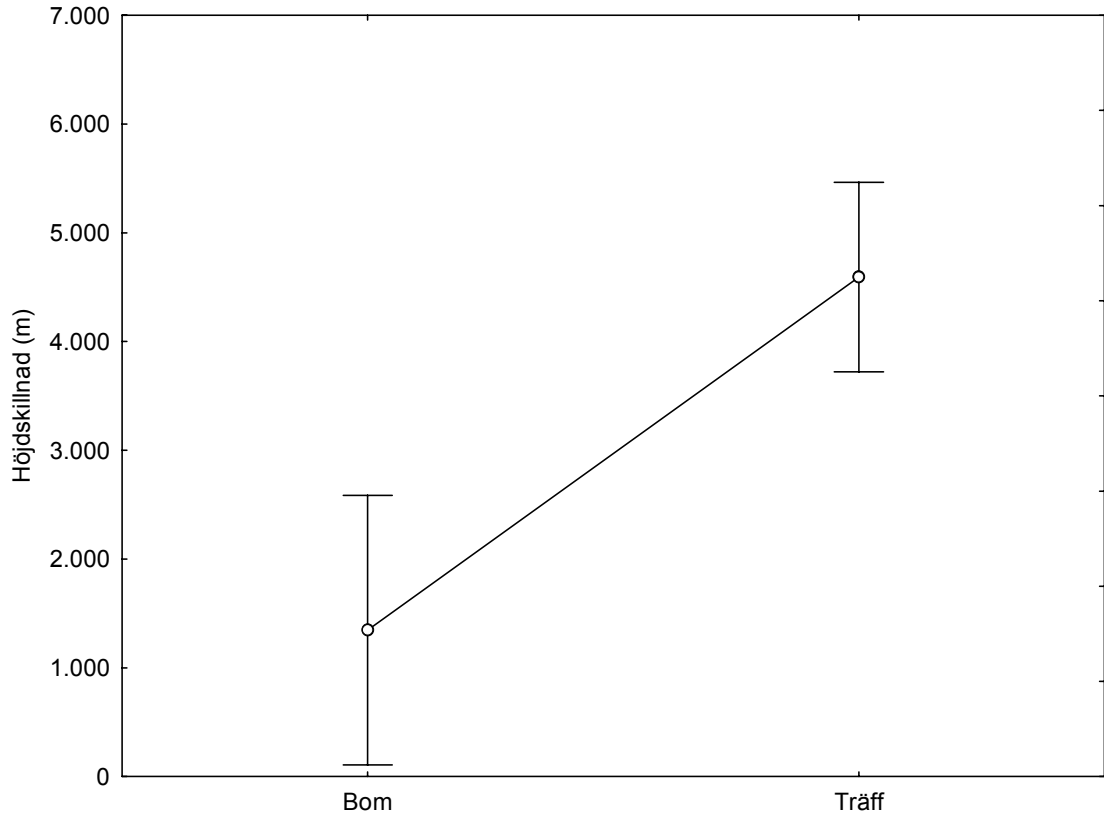
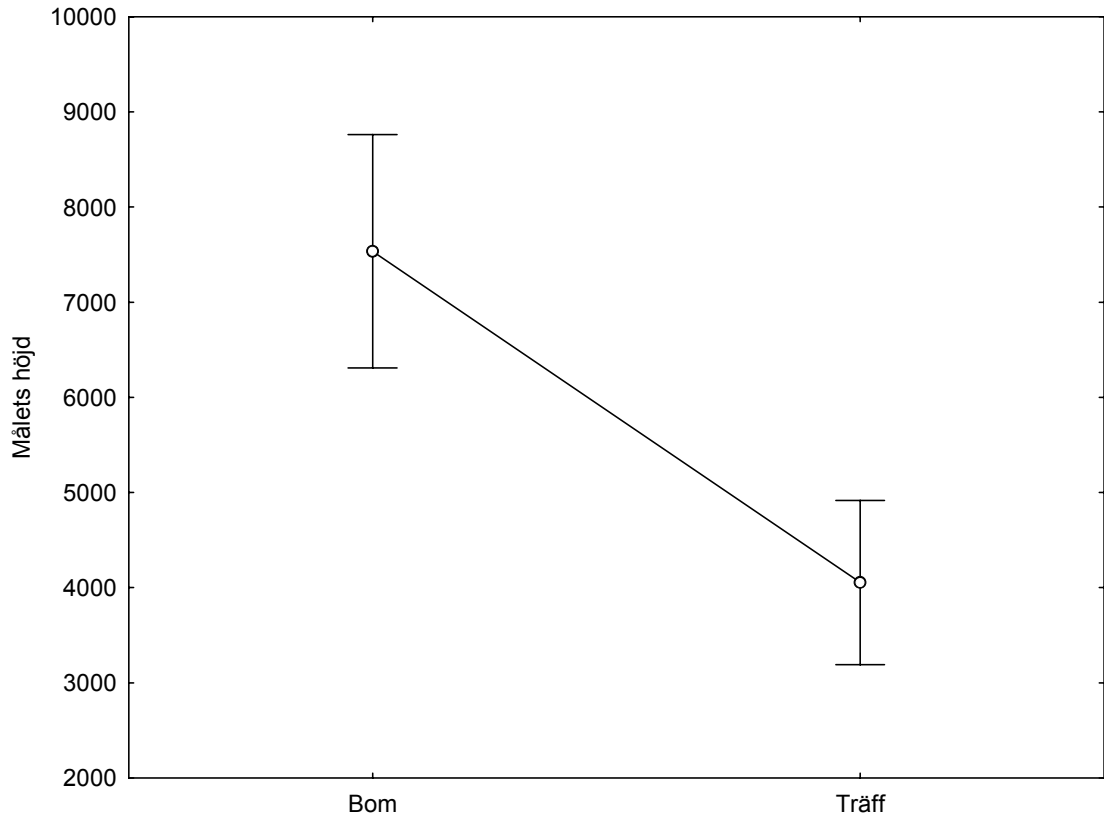
3.3.2 Variansanalys av träffresultat och egna höjdintervaller

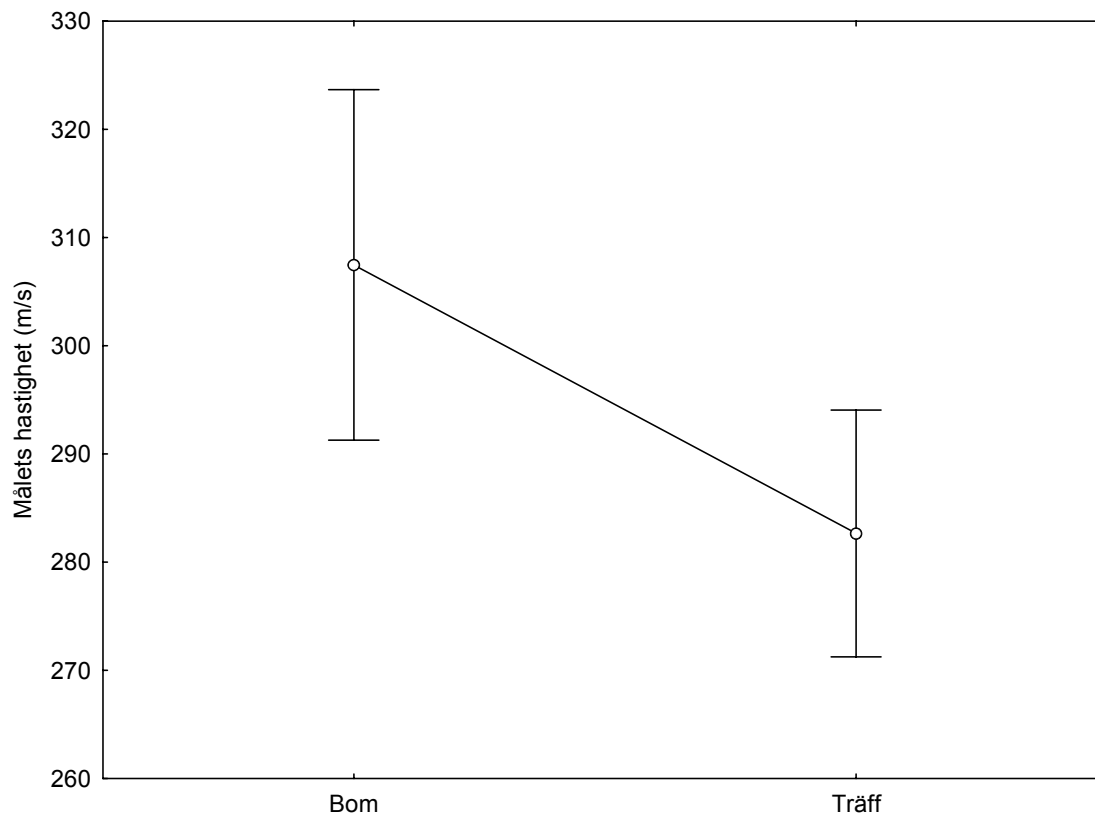
Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 5 egna höjdintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för egna höjdintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och egna höjdintervaller.

Signifikanta skillnader mellan träffresultat	F 1/85	p<
Avstånd	5,20	0,05
Målets höjd	21,3	0,001
Höjdskillnad	18,1	0,001
Målets hastighet	6,20	0,05

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultat för egen hastighet, närmandehastighet, kursskillnad och skottvinkel.

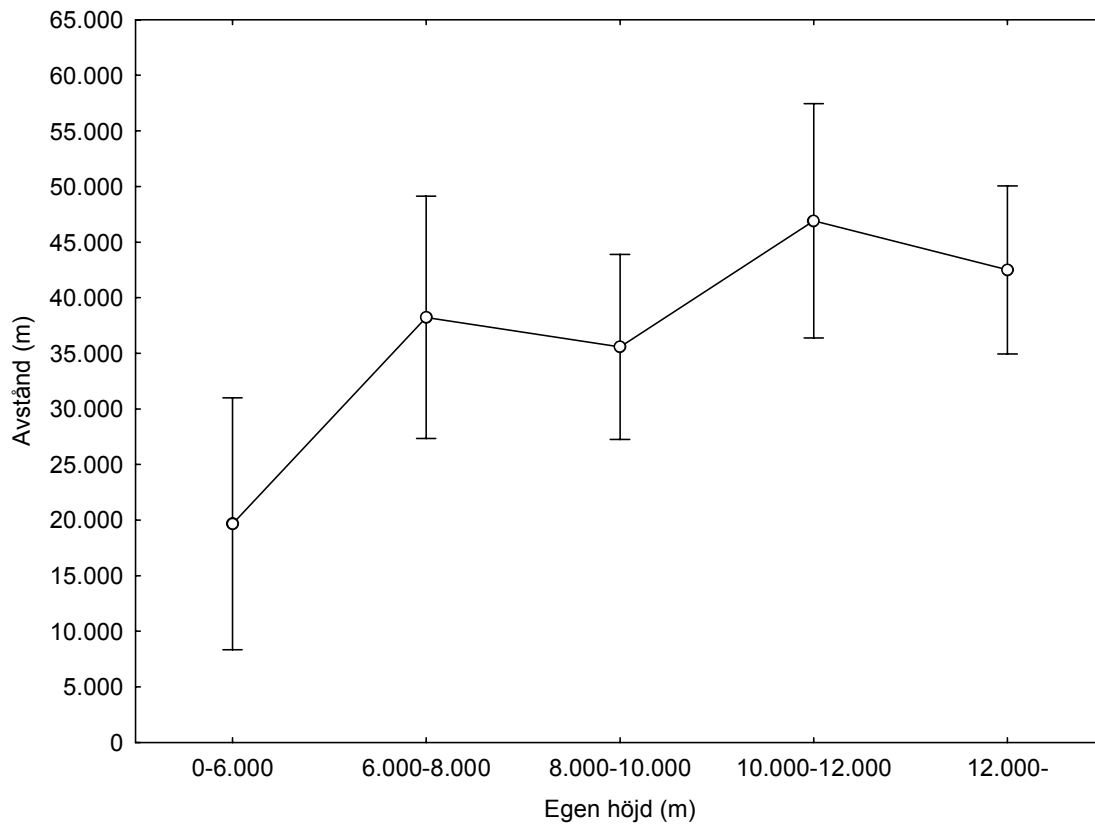




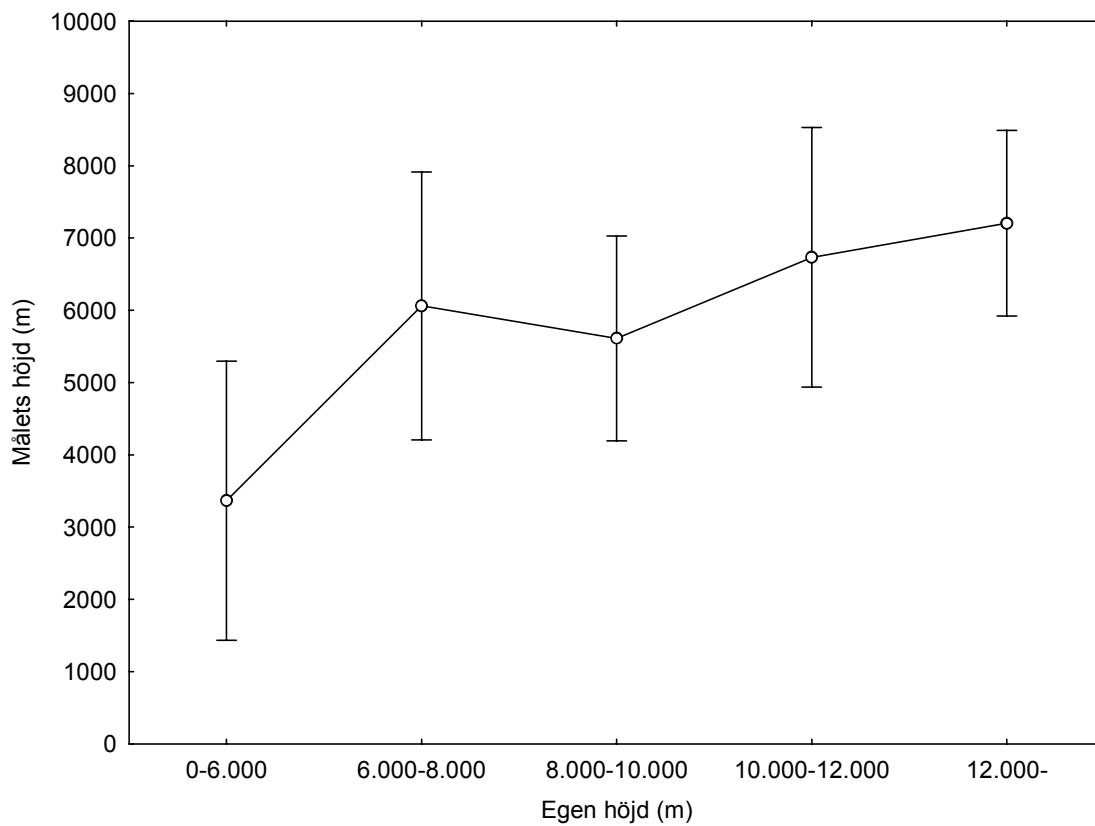


Signifikanta skillnader mellan egna höjdintervaller	F 4/85	p<
Avstånd	3,72	0,01
Målets höjd	2,94	0,05
Höjdskillnad	7,55	0,001
Egen hastighet	5,85	0,001
Närmandehastighet	4,03	0,01
Kursskillnad	6,40	0,001

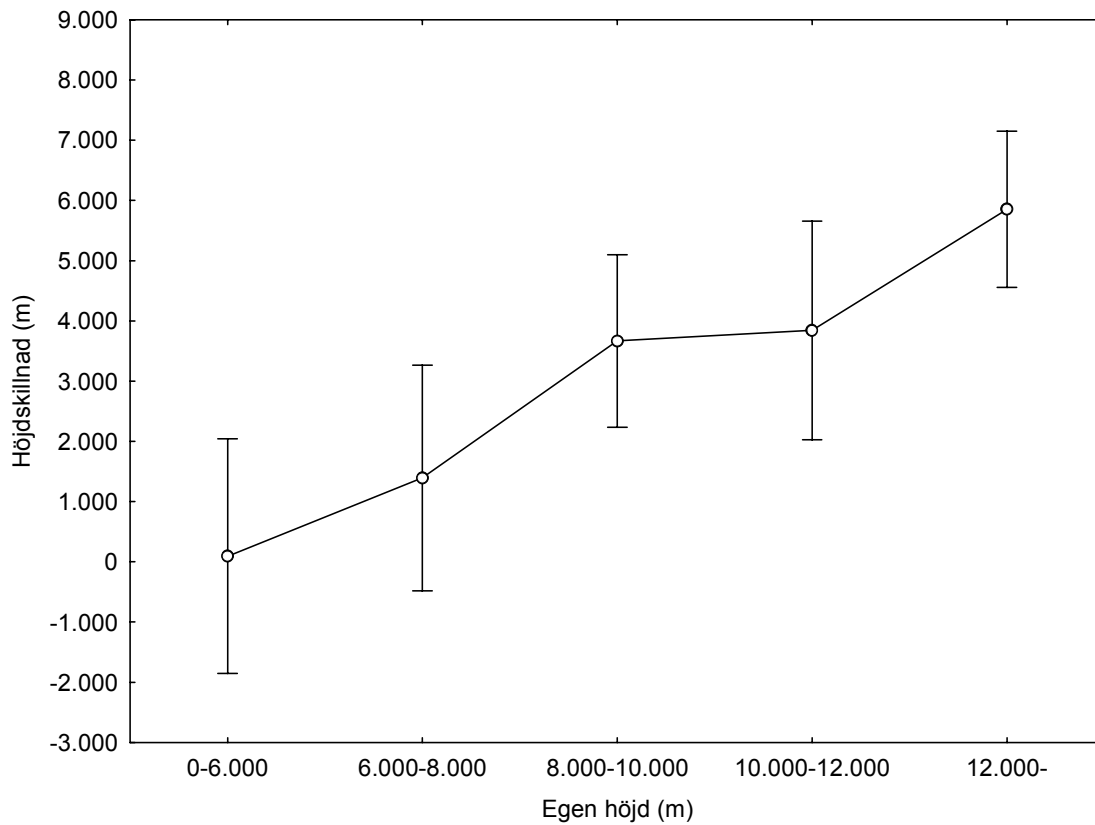
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan egna höjdintervaller för målets hastighet och skottvinkel.



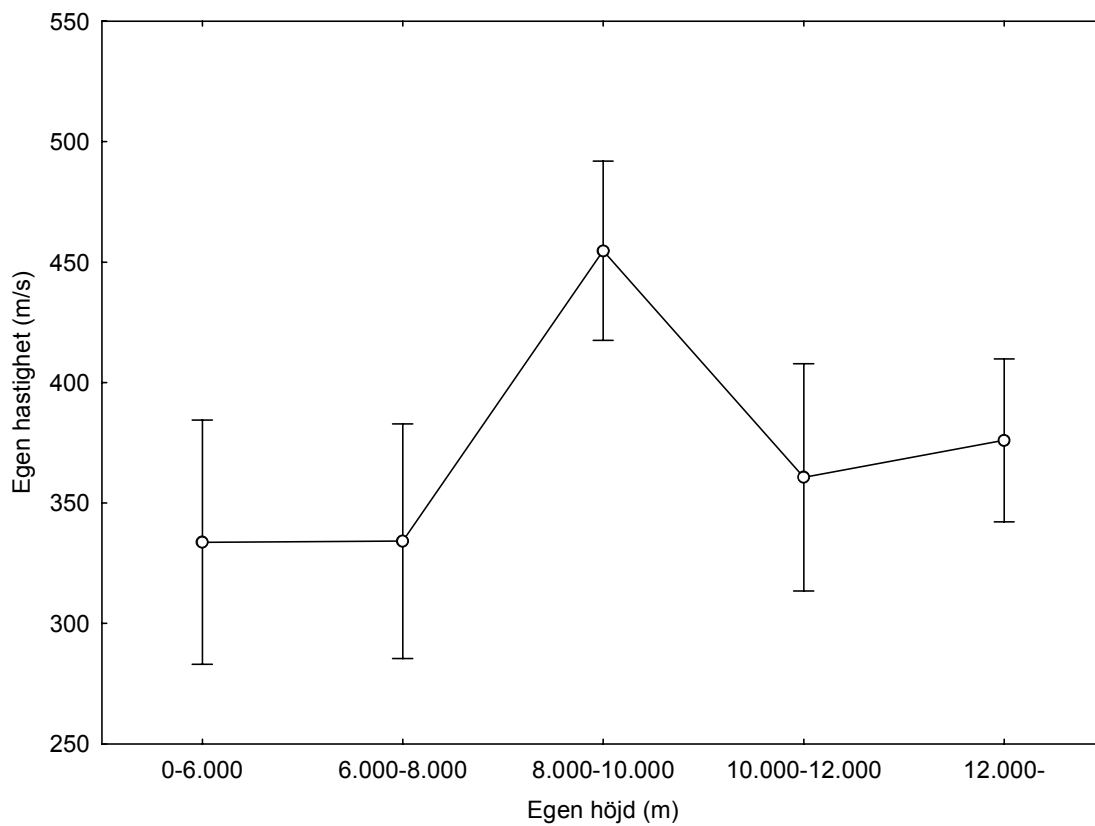
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-6.000 meter och egen höjd över 8.000 meter.



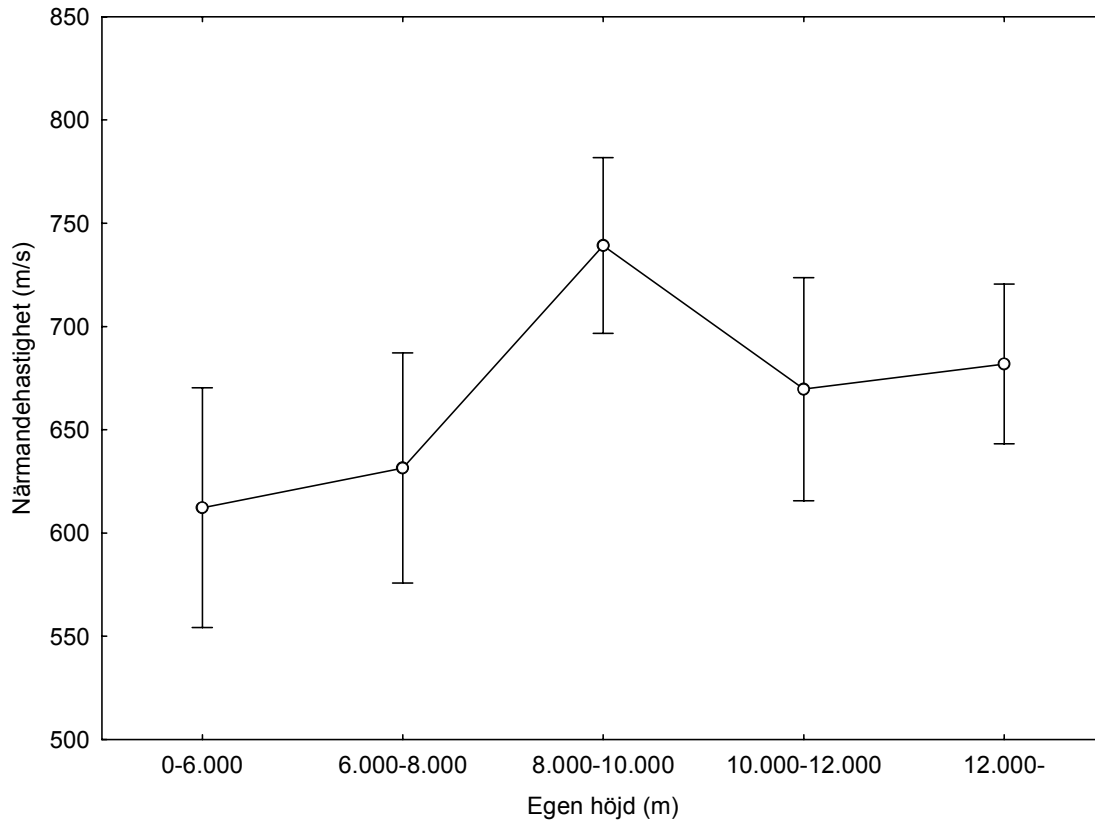
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-6.000 meter och egen höjd över 12.000 meter.



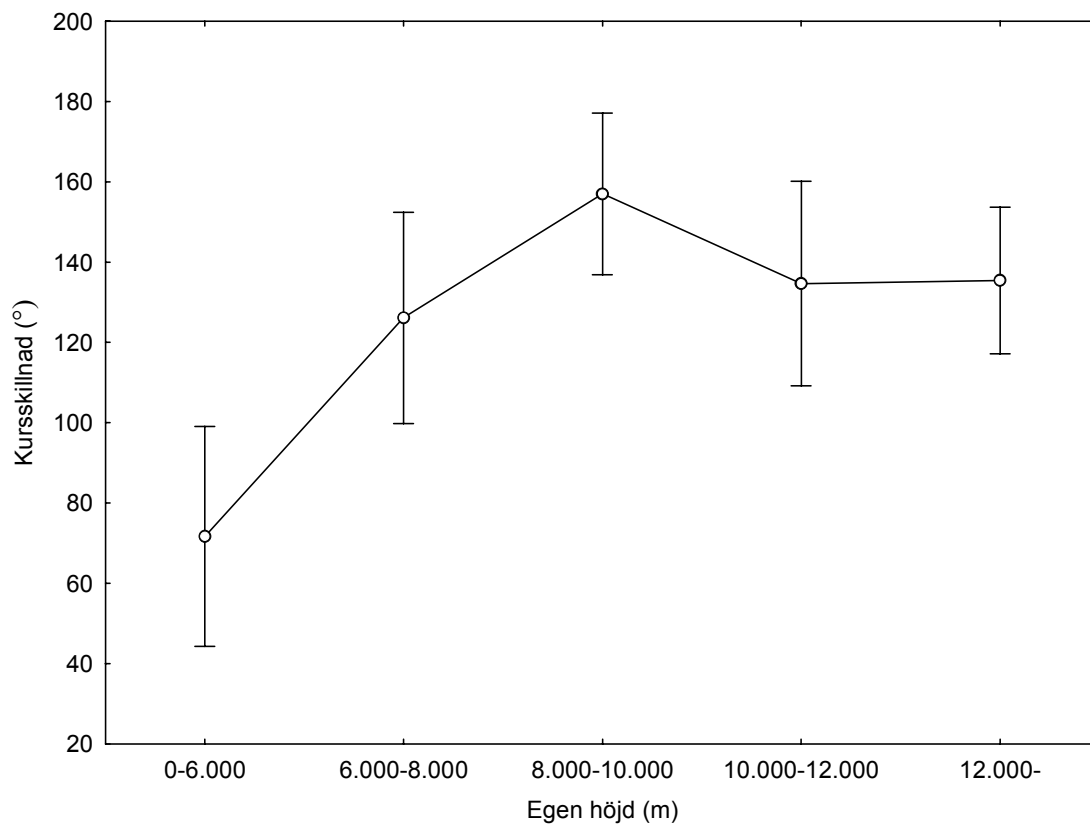
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-6.000 meter och egen höjd över 10.000 meter, samt mellan klassen 6.000-8.000 meter och egen höjd över 12.000 meter.



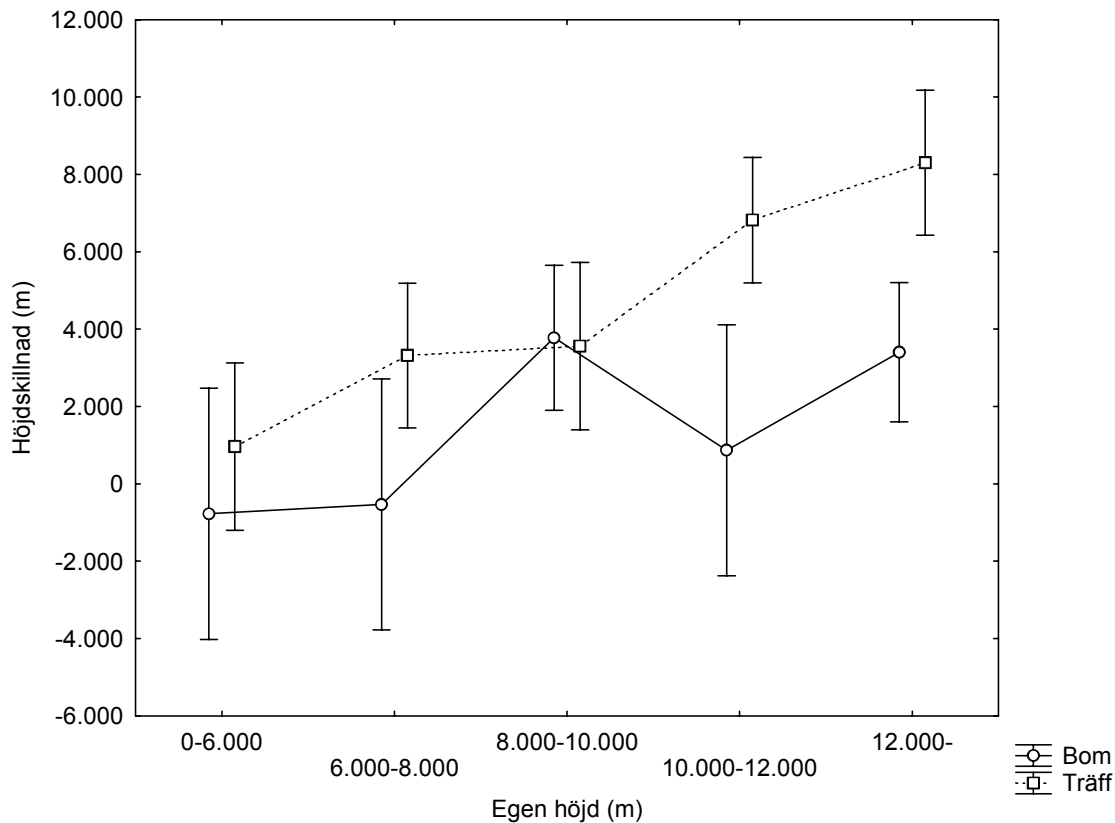
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 8.000-10.000 meter och egen höjd under 8.000, samt över 12.000 meter.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 8.000-10.000 meter och egen höjd under 8.000.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-6.000 meter och alla övriga klasser. Det fanns även en signifikant skillnad för hur höjdskillnaden varierade med interaktionen av träffresultat och egna höj dintervaller ($F_{4/85}=2,57$, $p<0,05$).



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen träff vid över 12.000 meter och alla andra klasser förutom träff vid 10.000-12.000 meter, samt mellan träff vid 10.000-12.000 meter och bommar under 8.000 meter, bommar vid 10.000-12.000 meter och träff vid 0-6.000 meter.

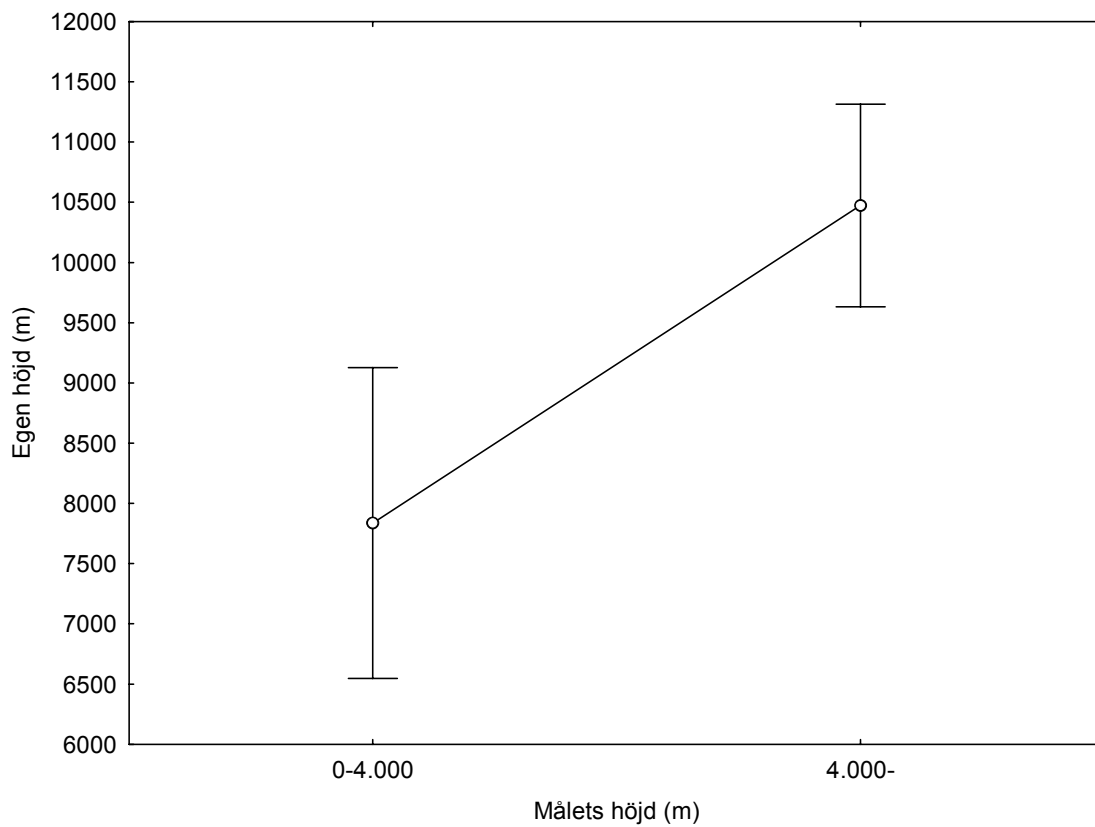
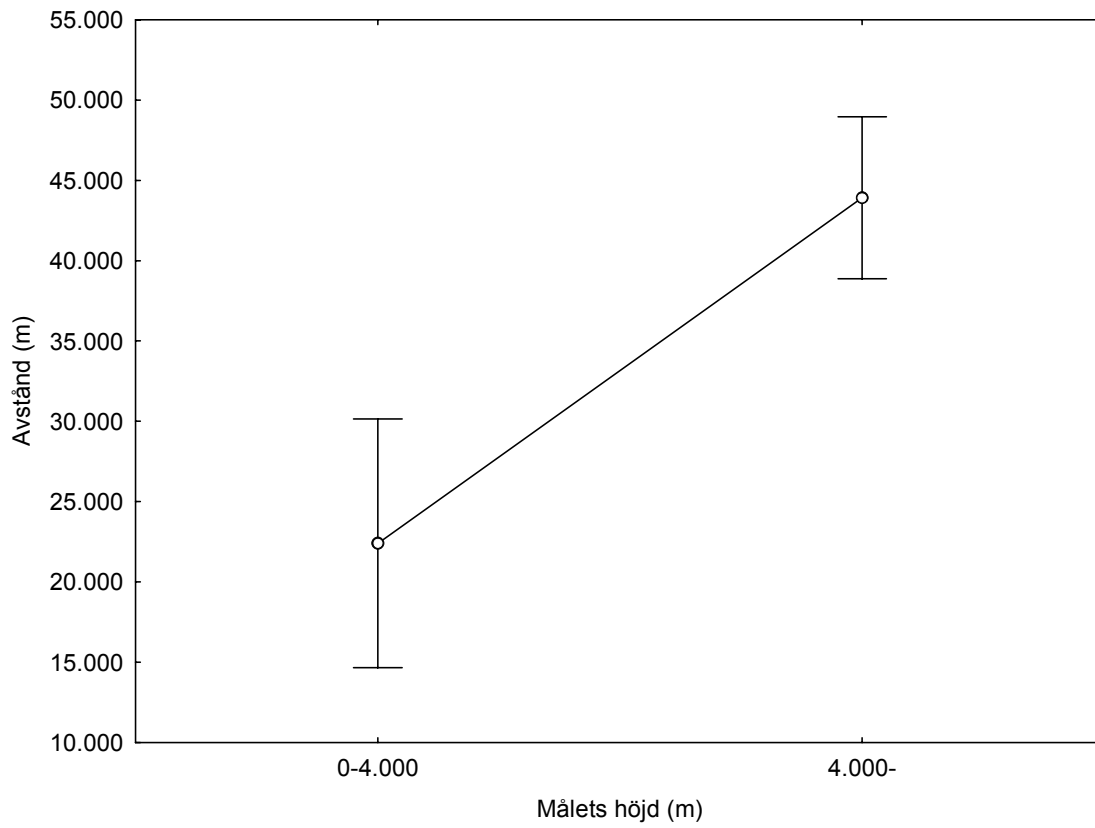
3.3.3 Variansanalys av träffresultat och målets höjdintervaller

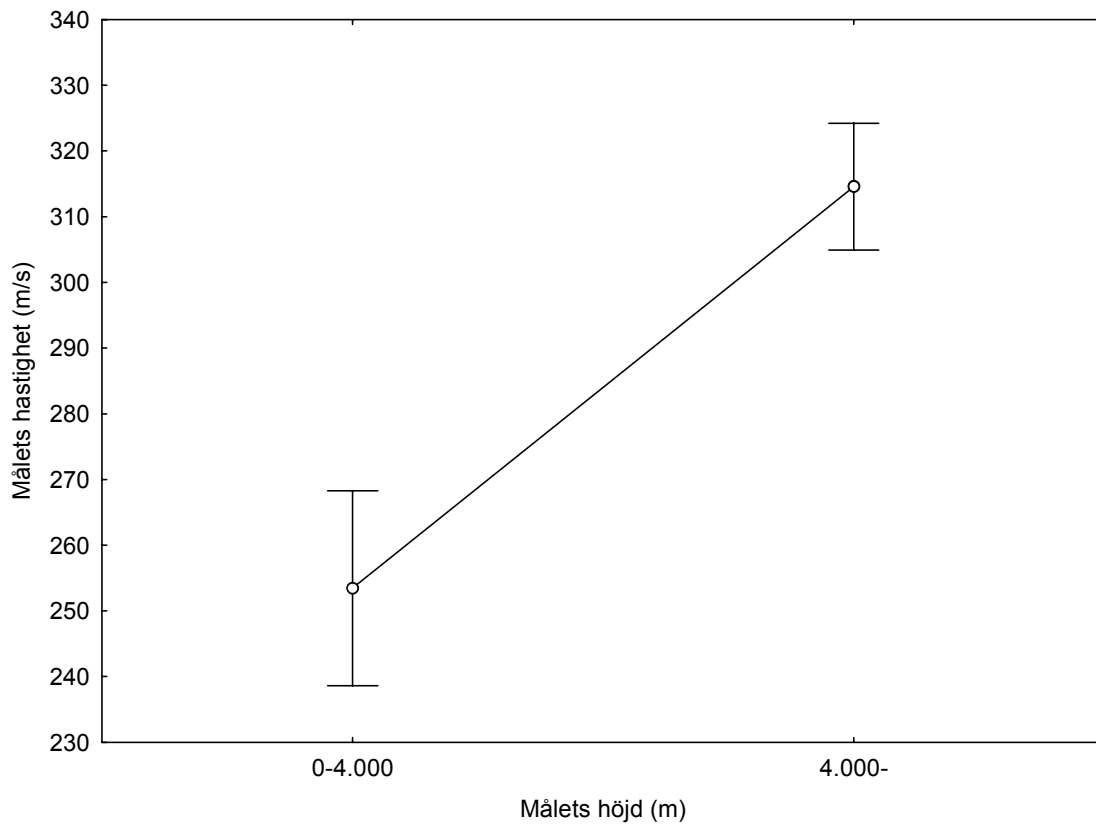
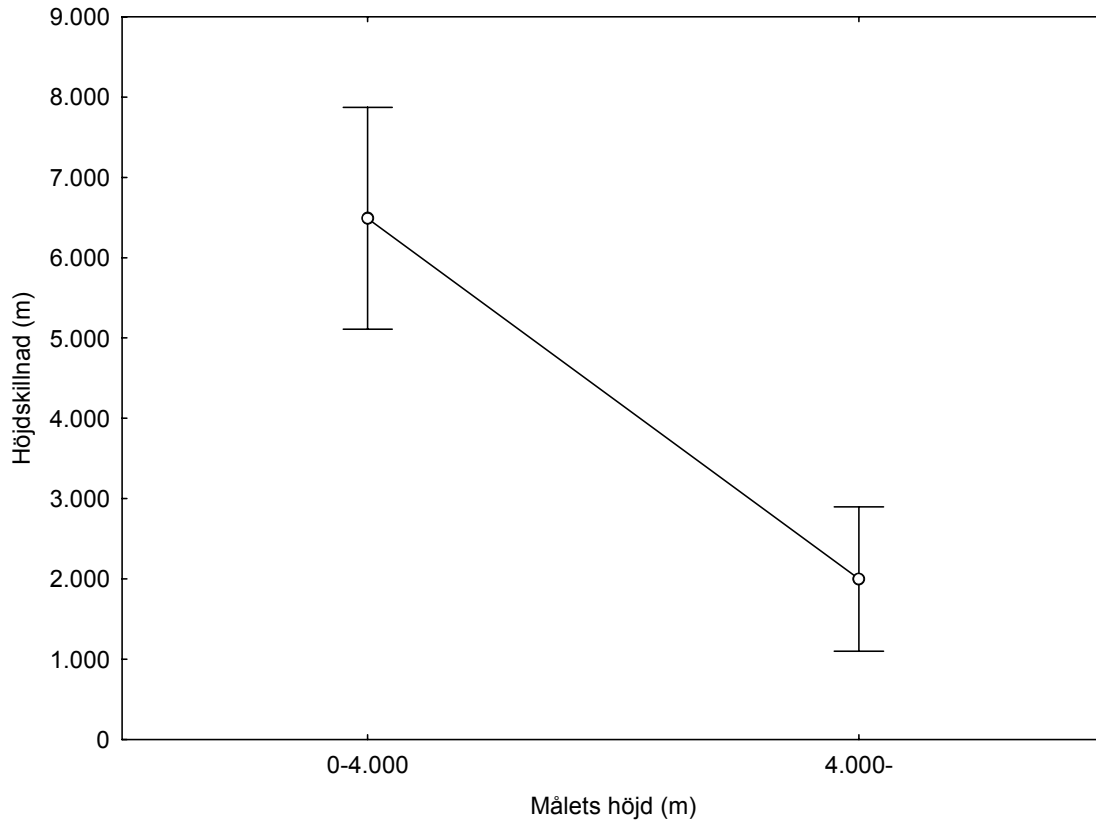
Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 2 målets höjdintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för målets höjdintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och målets höjdintervaller.

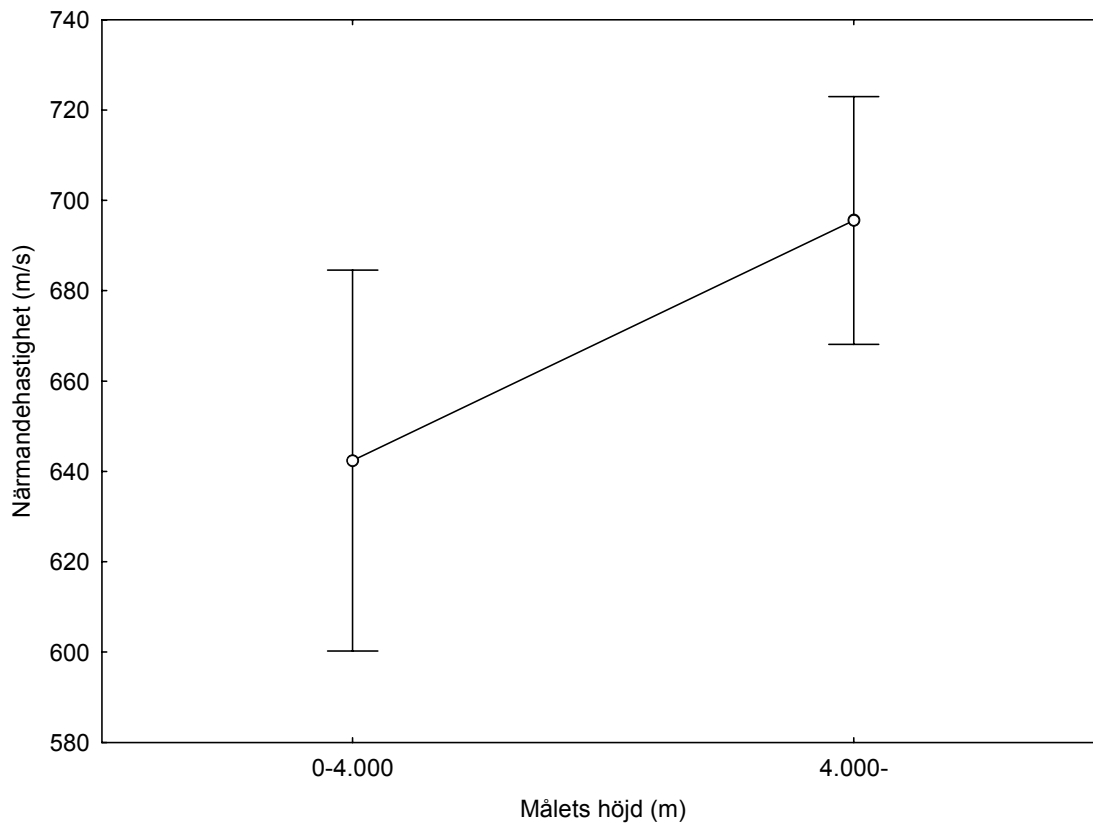
Det fanns inga signifikanta skillnader mellan träffresultat för några situationsvariabler.

Signifikanta skillnader mellan målets höjdintervaller	F 1/91	p<
Avstånd	21,3	0,001
Egen höjd	11,6	0,001
Höjdskillnad	29,3	0,001
Målets hastighet	47,0	0,001
Närmandehastighet	4,41	0,05

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan målets höjdintervaller för egen hastighet, kursskillnad och skottvinkel.







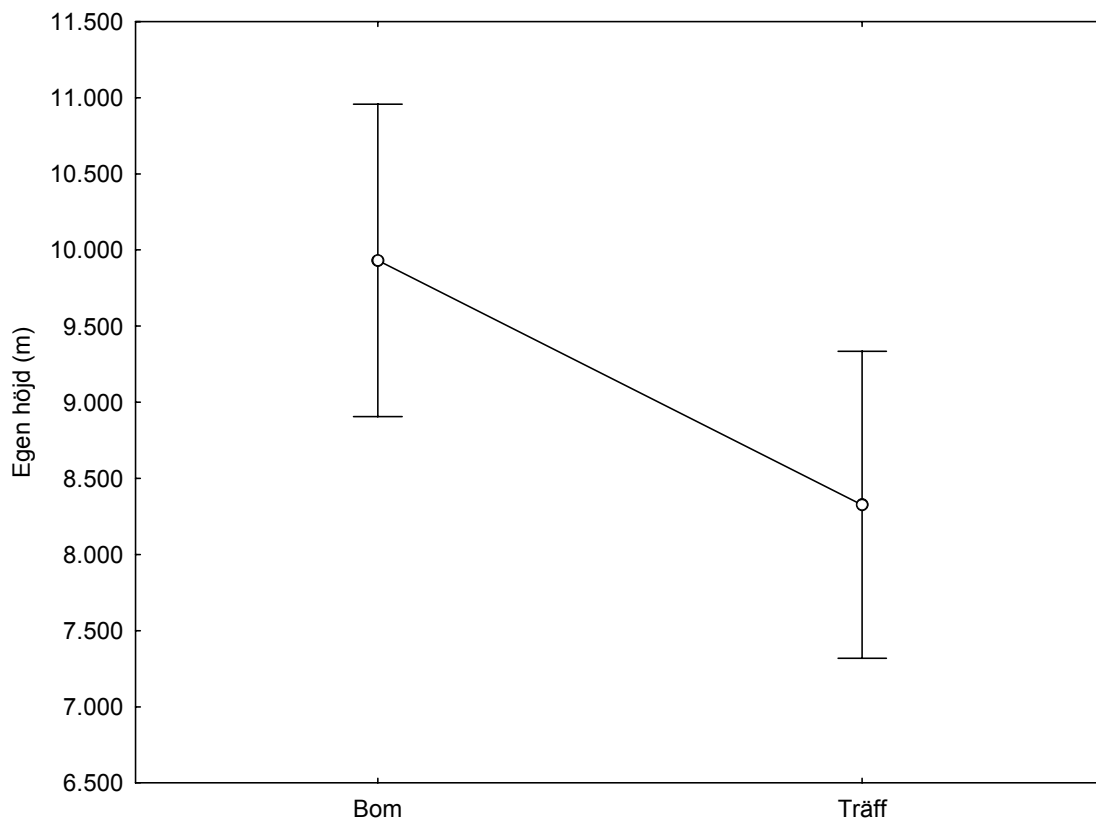
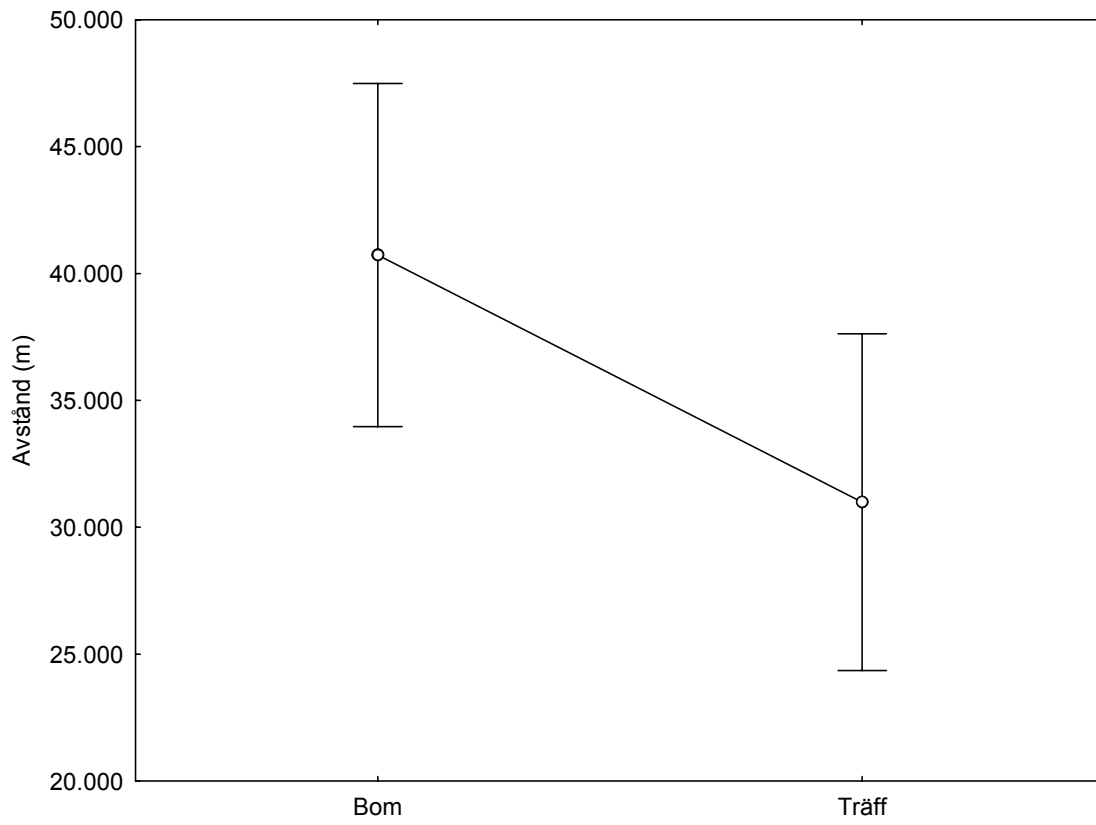
Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och målets höjdintervaller.

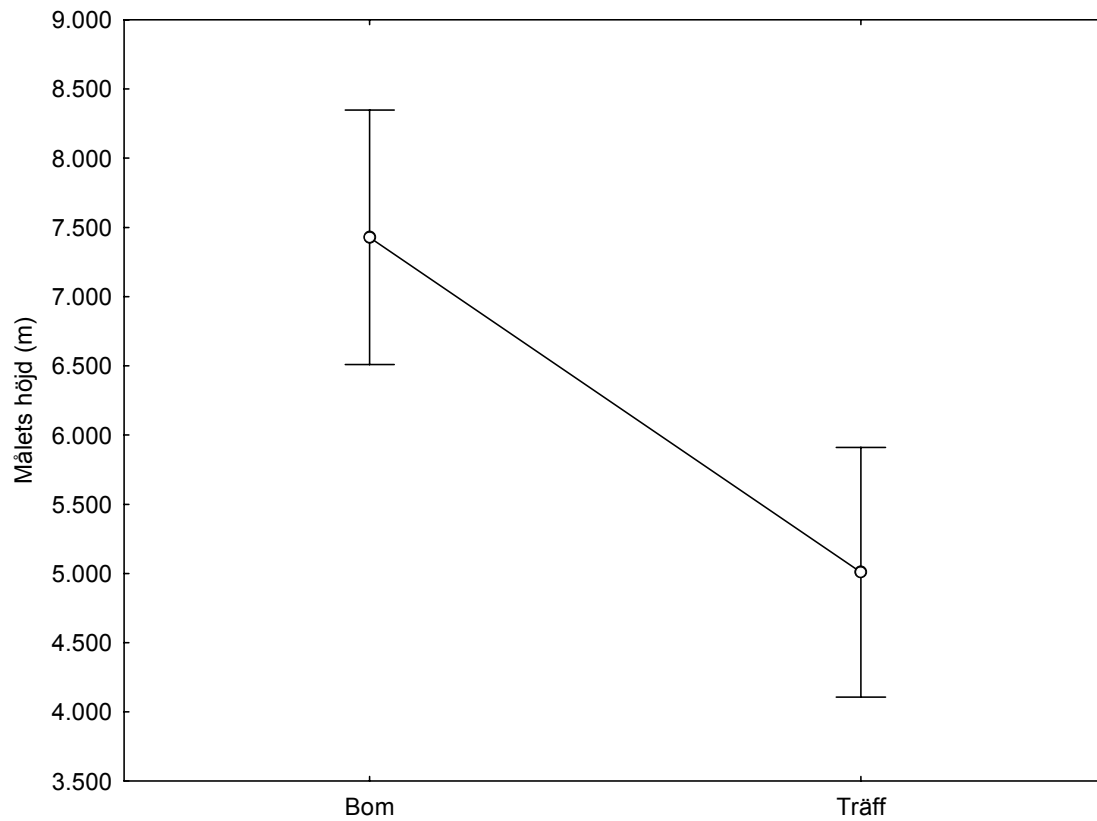
3.3.4 Variansanalys av träffresultat och höjdskillnadsintervaller

Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 3 höjdskillnadsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för höjdskillnadsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och höjdskillnadsintervaller.

Signifikanta skillnad mellan träffresultat	F 1/89	p<
Avstånd	4,17	0,05
Egen höjd	4,92	0,05
Målets höjd	13,9	0,001

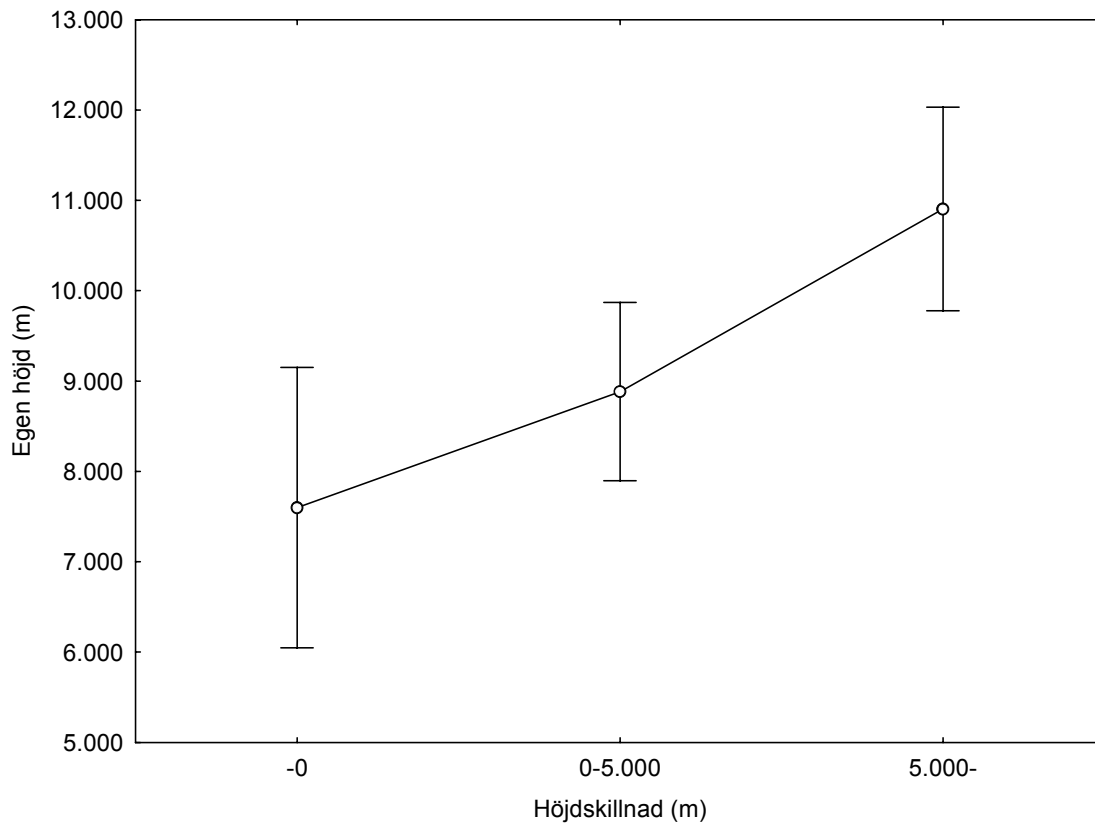
Det fanns ingen signifikant mellan träffresultat för egen och målets hastighet, närmandehastighet, kursskillnad och skottvinkel.



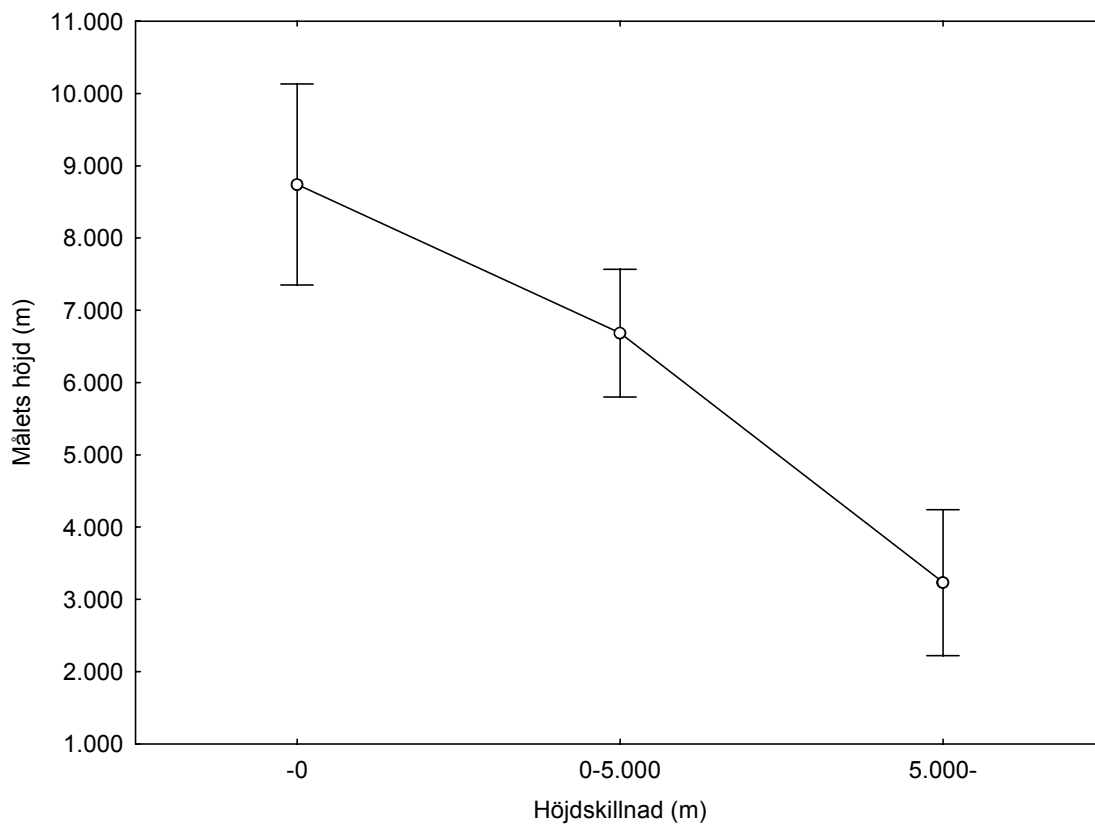


Signifikant skillnad mellan höjdskillnadsintervaller	F 2/89	p<
Egen höjd	6,71	0,01
Målets höjd	23,6	0,001
Målets hastighet	8,17	0,001
Kursskillnad	3,76	0,05

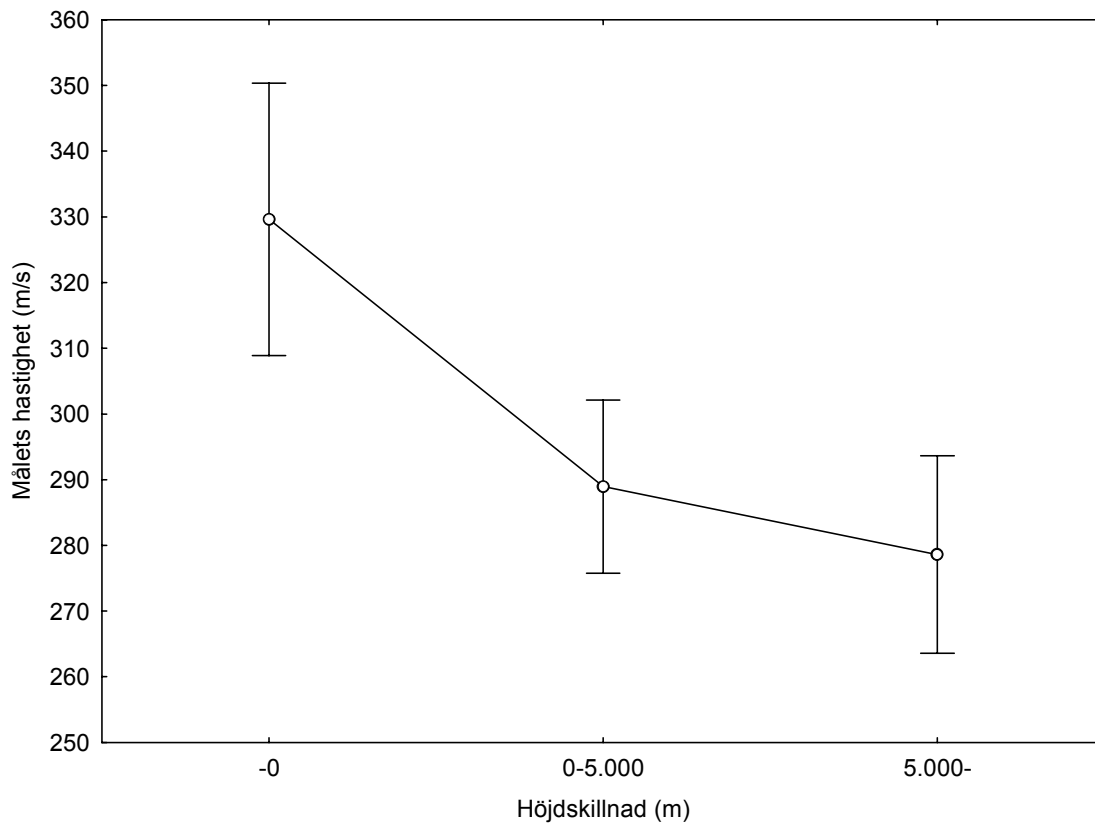
Det fanns ingen signifikant mellan höjdskillnadsintervaller för avstånd, egen hastighet, närmandehastighet och skottvinkel.



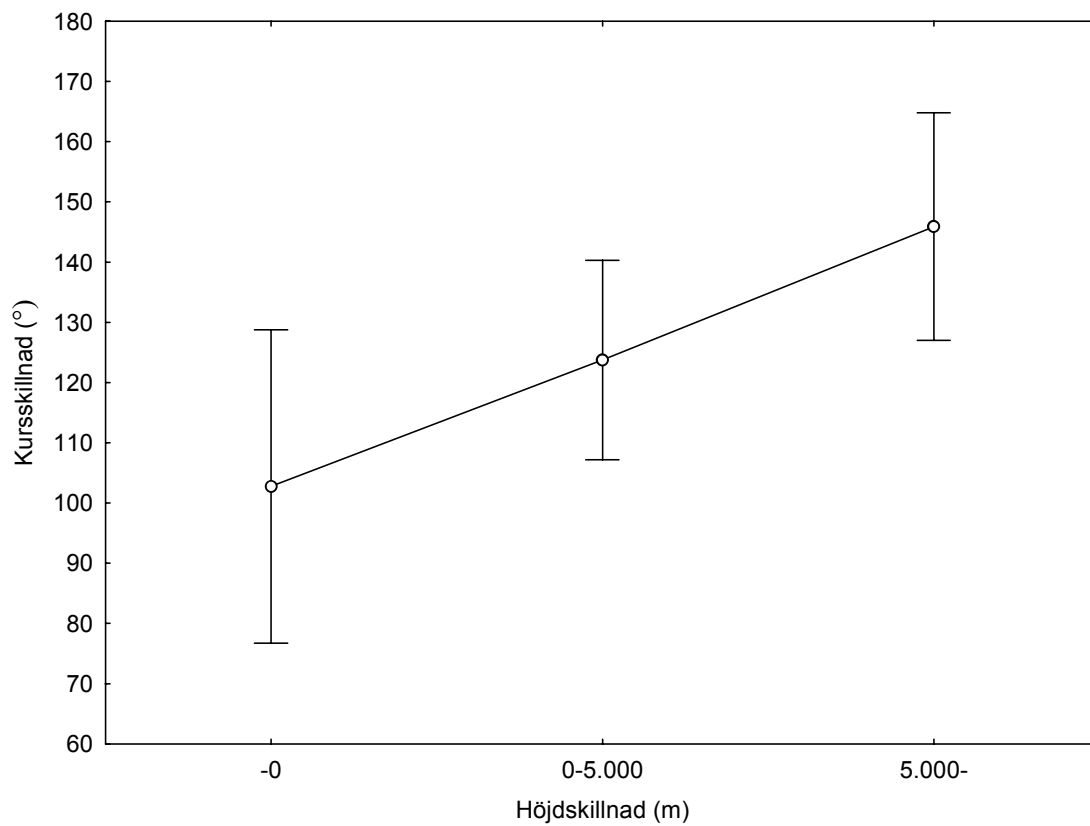
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan höjdskillnad över 5.000 meter och höjdskillnader under 5.000 meter.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan alla höjdskillnader.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan höjdskillnader under 0 meter och höjdskillnader över 0 meter.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan under 0 meter och höjdskillnad över 5.000 meter.

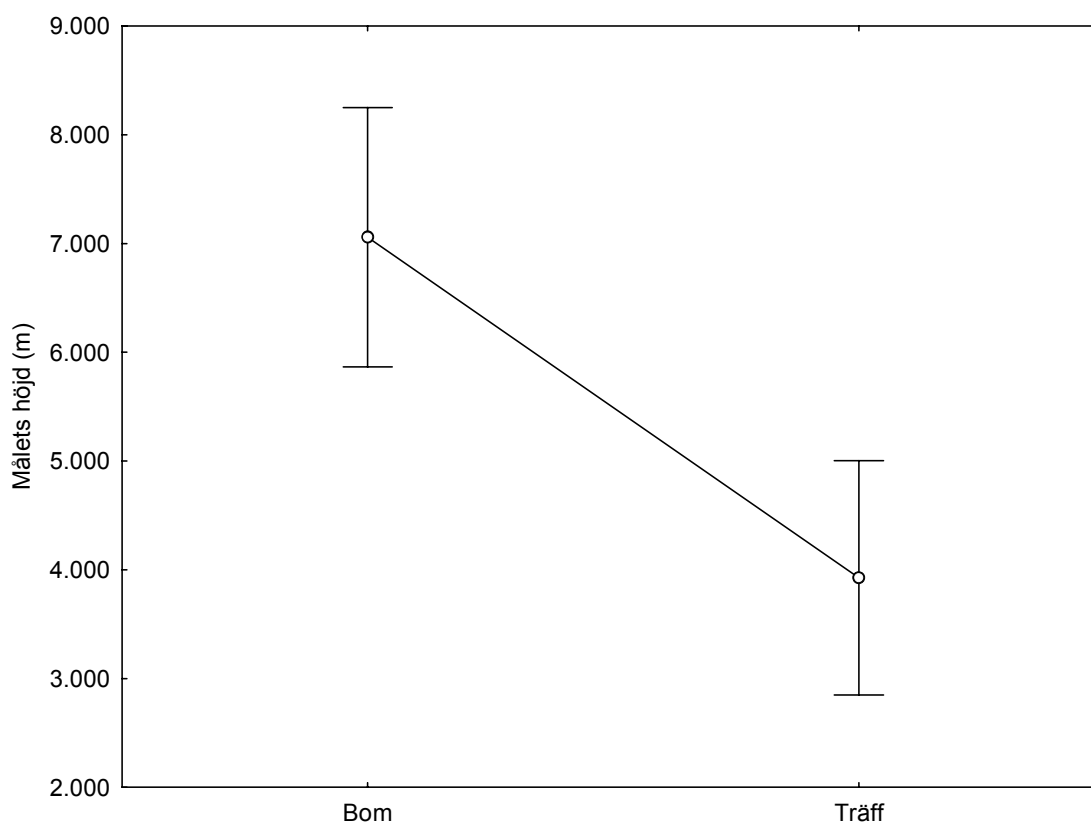
Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och höjdskillnadsintervaller.

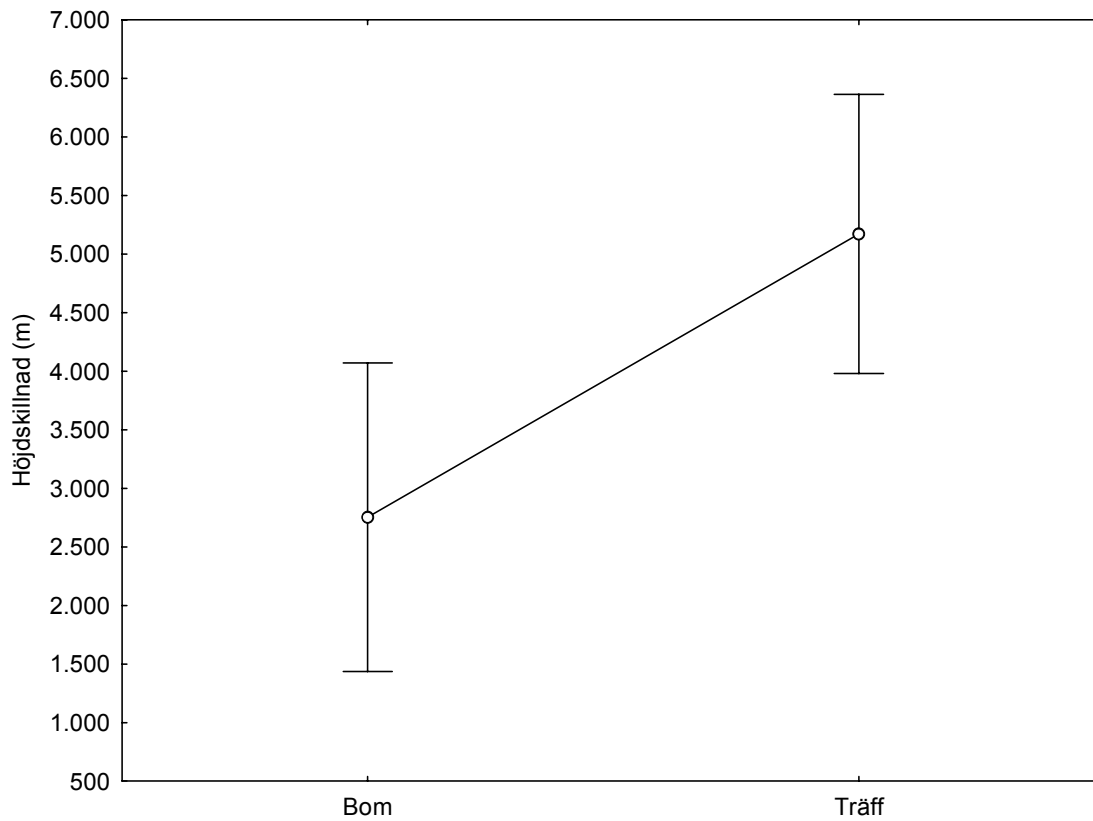
3.3.5 Variansanalys av träffresultat och egna hastighetsintervaller

Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 4 egna hastighetsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för egna hastighetsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och egna hastighetsintervaller.

Signifikant skillnad mellan träffresultat	F 1/87	p<
Målets höjd	15,0	0,001
Höjdskillnad	7,33	0,01

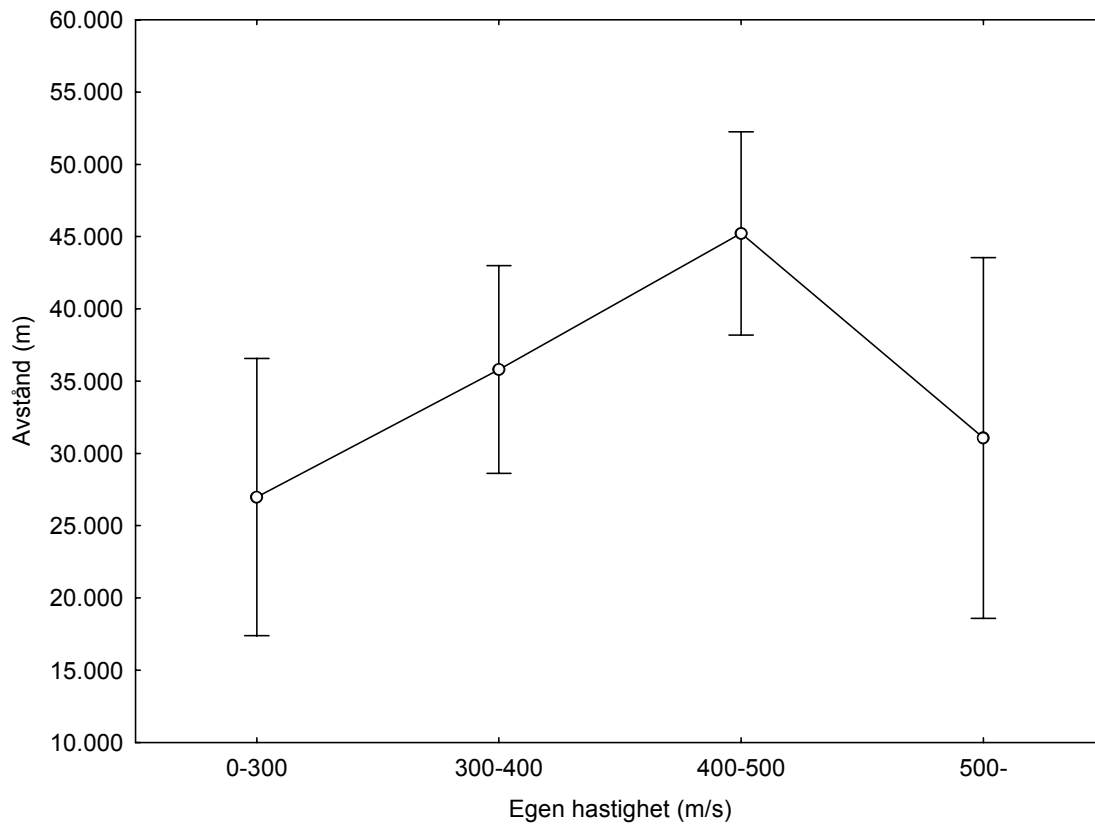
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultat för avstånd, egen höjd, målets hastighet, närmandehastighet, kursskillnad och skottvinkel.



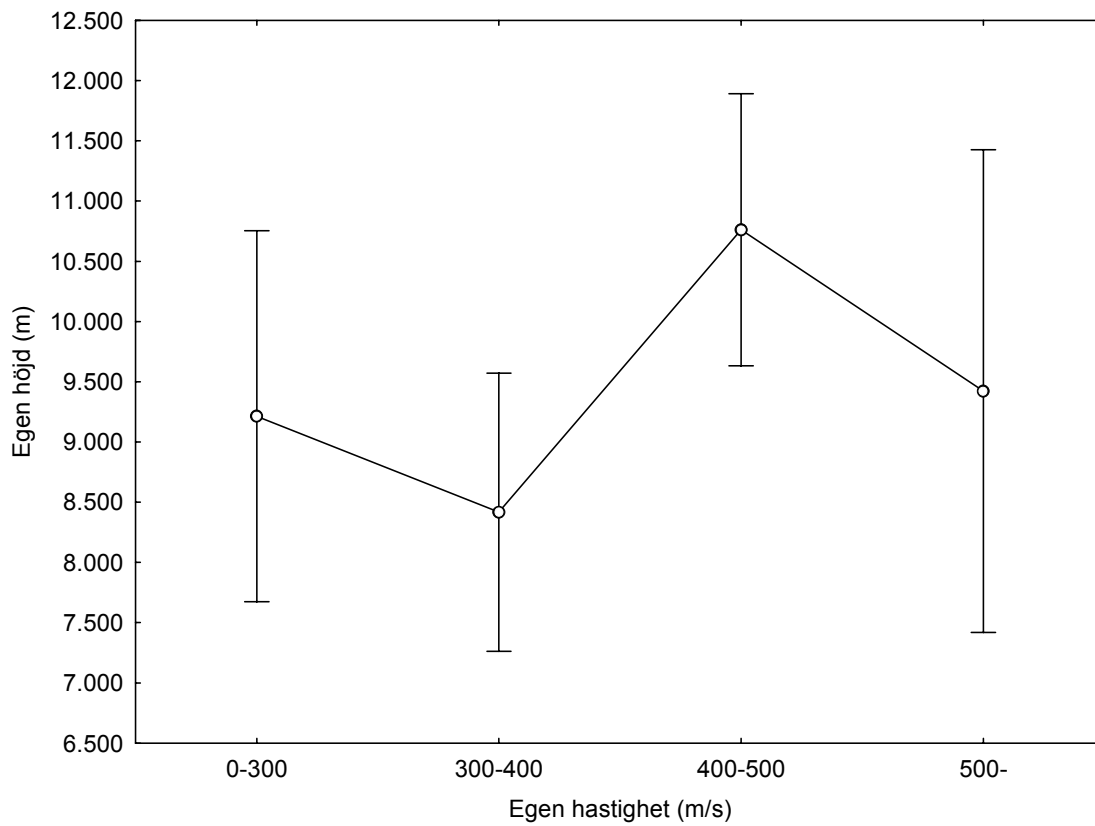


Signifikant skillnad mellan egna hastighetsintervaller	F 3/87	p<
Avstånd	3,57	0,05
Egen höjd	2,85	0,05
Närmandehastighet	85,7	0,001

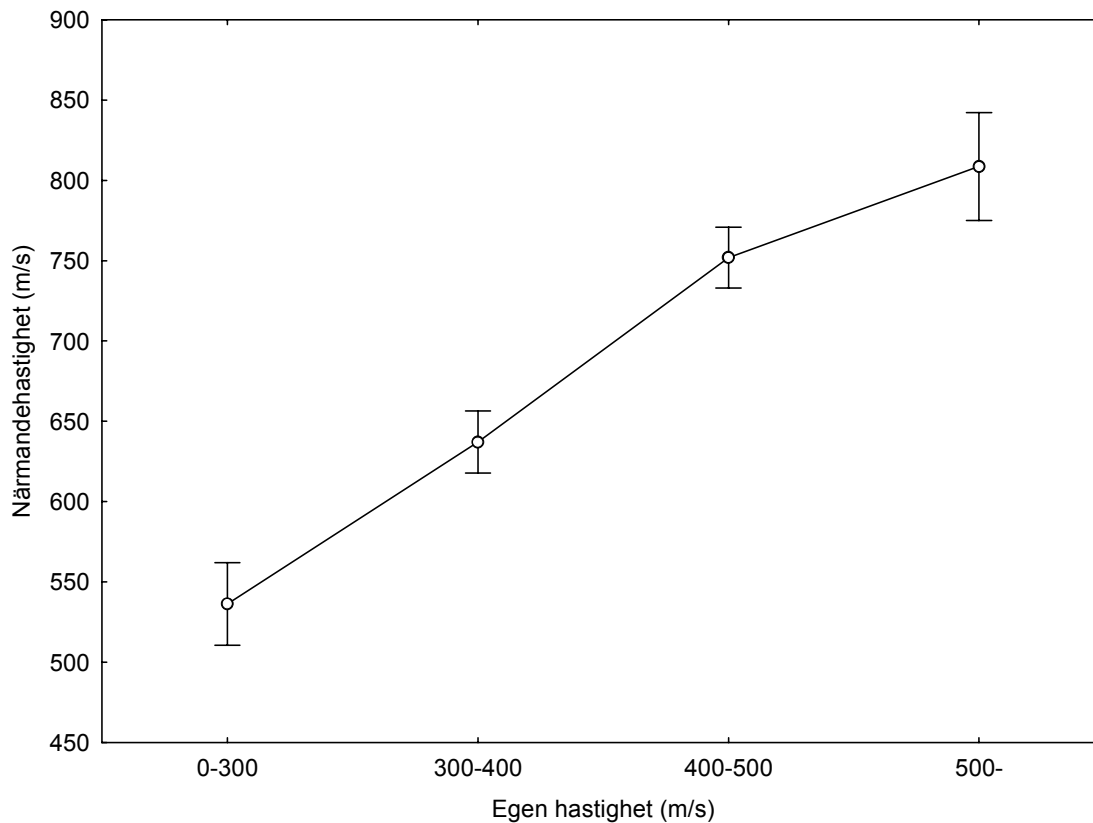
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan egna hastighetsintervaller för målets höjd, höjdskillnad, målets hastighet, kursskillnad och skottvinkel.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan 0-300 m/s och 400-500 m/s.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan 300-400 m/s och 400-500 m/s.



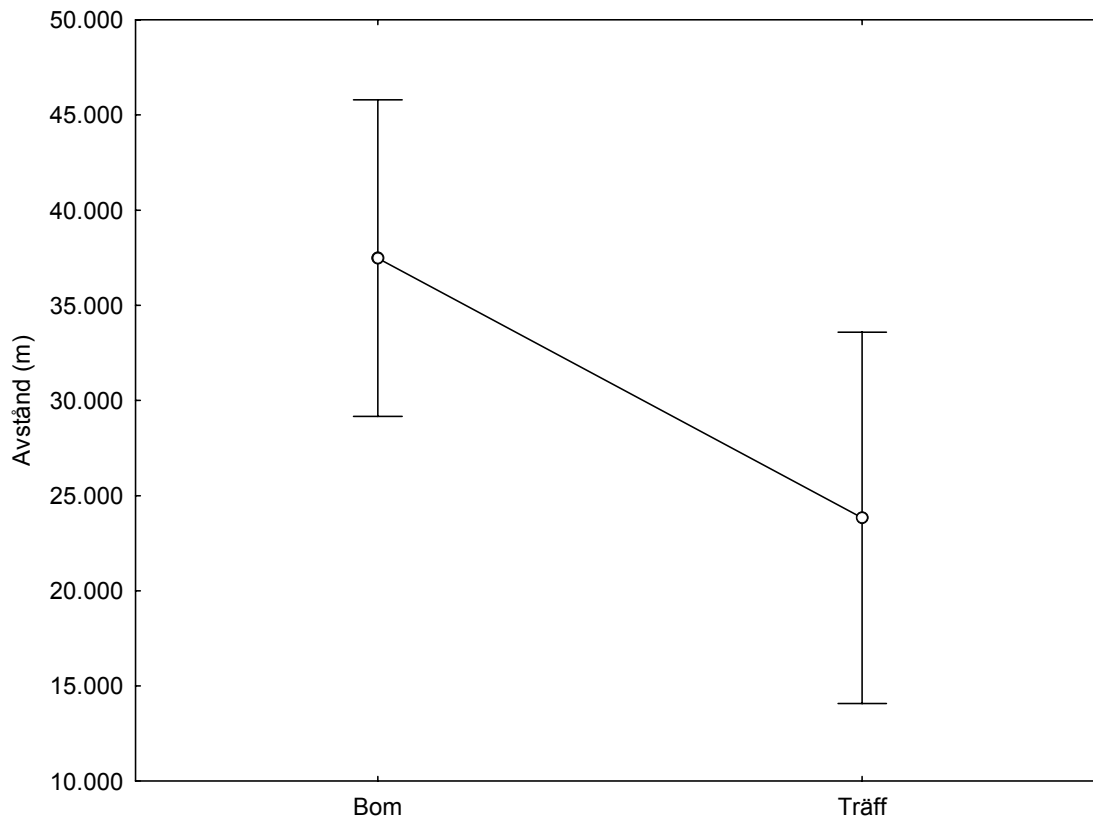
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan alla klasser.

Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och egna hastighetsintervaller.

3.3.6 Variansanalys av träffresultat och målens hastighetsintervaller

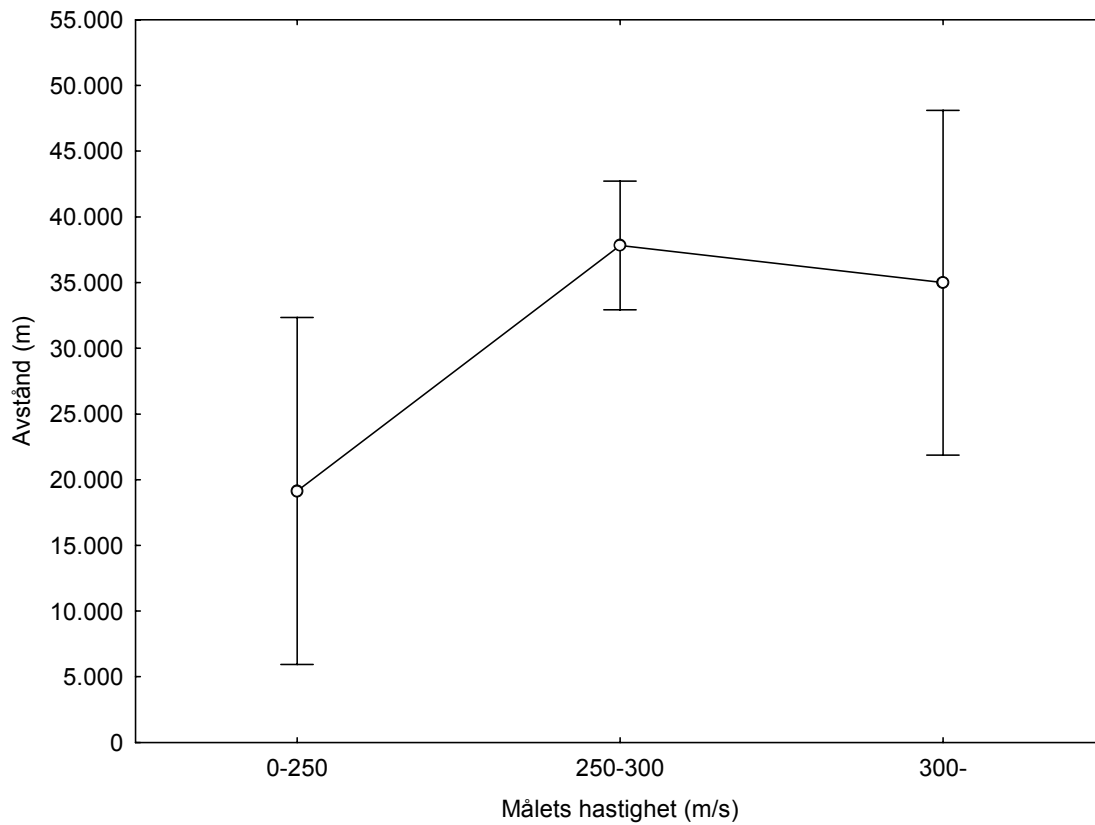
Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 3 målens hastighetsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för målens hastighetsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och målens hastighetsintervaller.

Det fanns endast signifikant skillnad mellan träffresultat för avstånd ($F_{1/89}=4,47$, $p<0,05$). Inga andra situationsvariabler gav en signifikant skillnad mellan träffresultat.

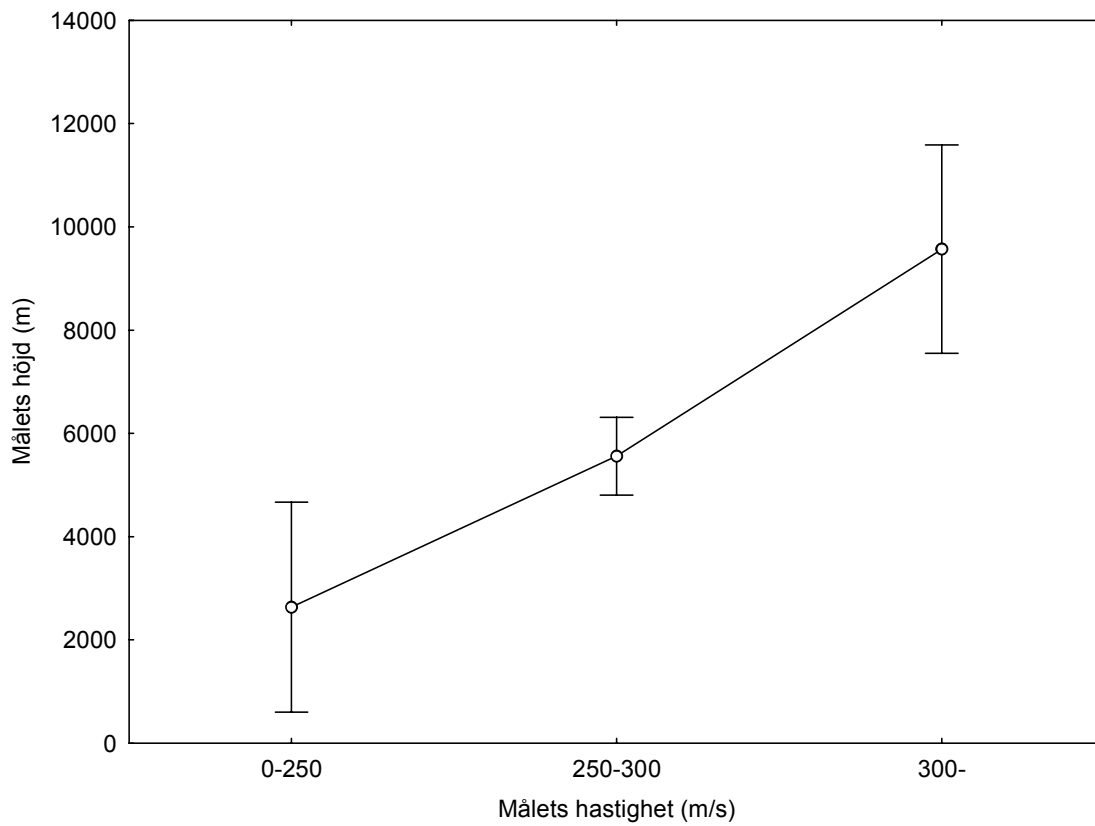


Signifikant skillnad mellan målets höjdintervaller	F 2/89	p<
Avstånd	3,48	0,05
Målets höjd	11,8	0,001
Höjdskillnad	3,26	0,05
Närmandehastighet	7,38	0,01
Kursskillnad	5,71	0,01

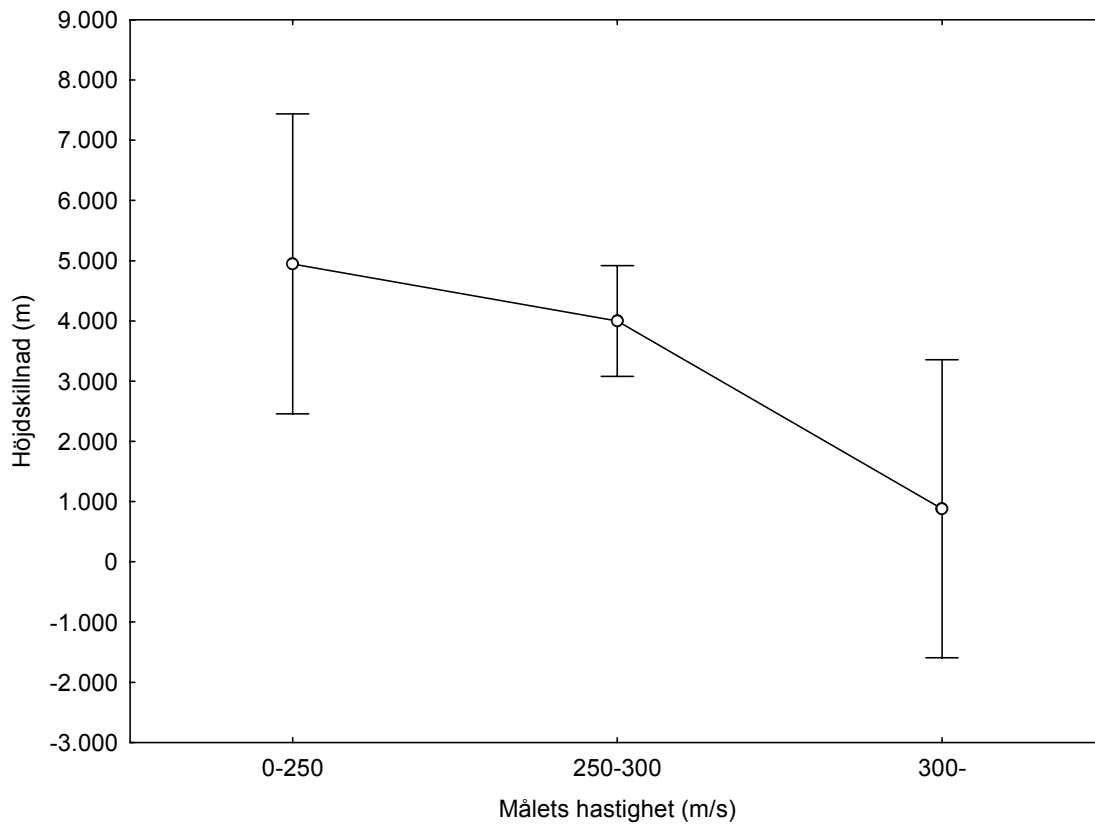
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan målets hastighetsintervaller för egen höjd och hastighet, samt skottvinkel.



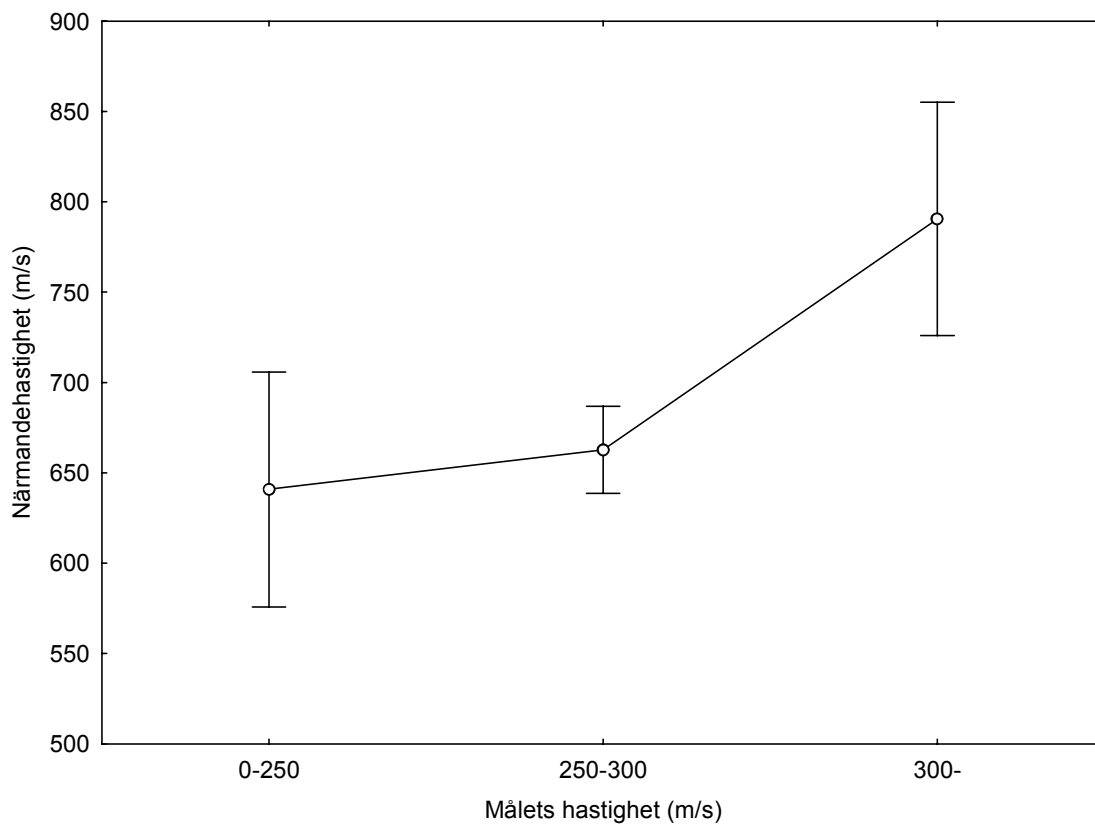
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan 0-250 m/s och alla övriga klasser.



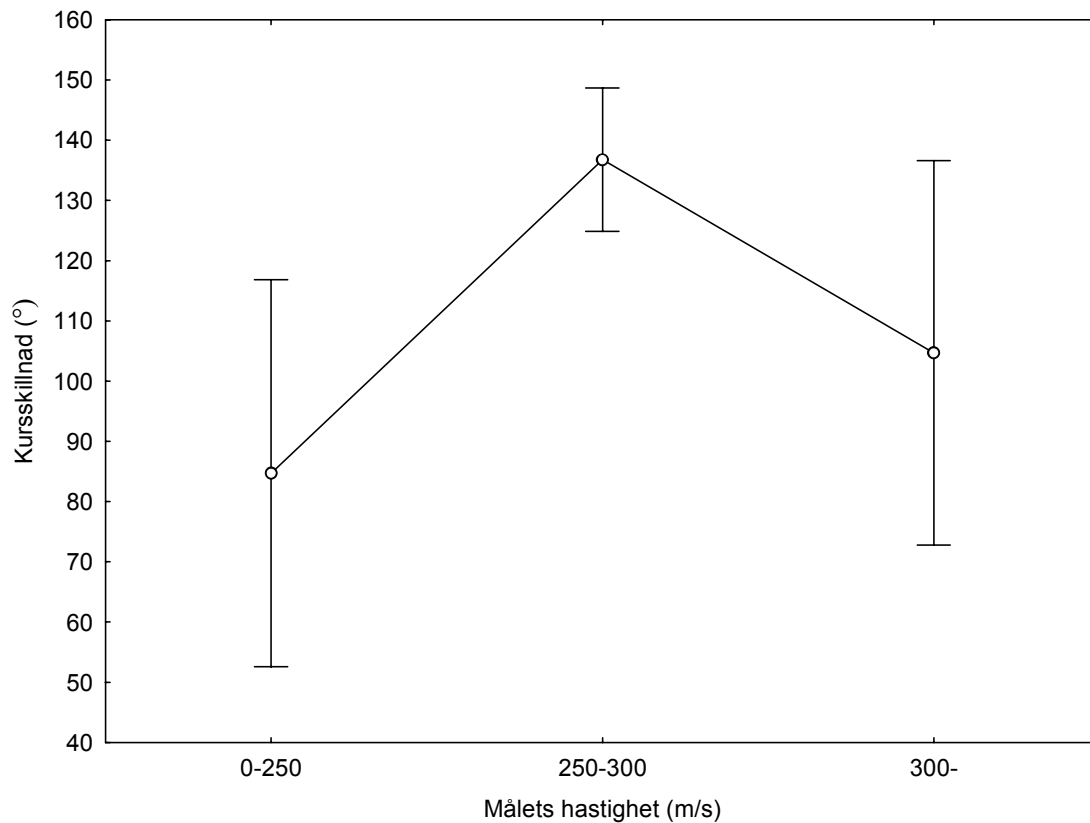
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan målets hastighet över 300 m/s och alla övriga klasser.



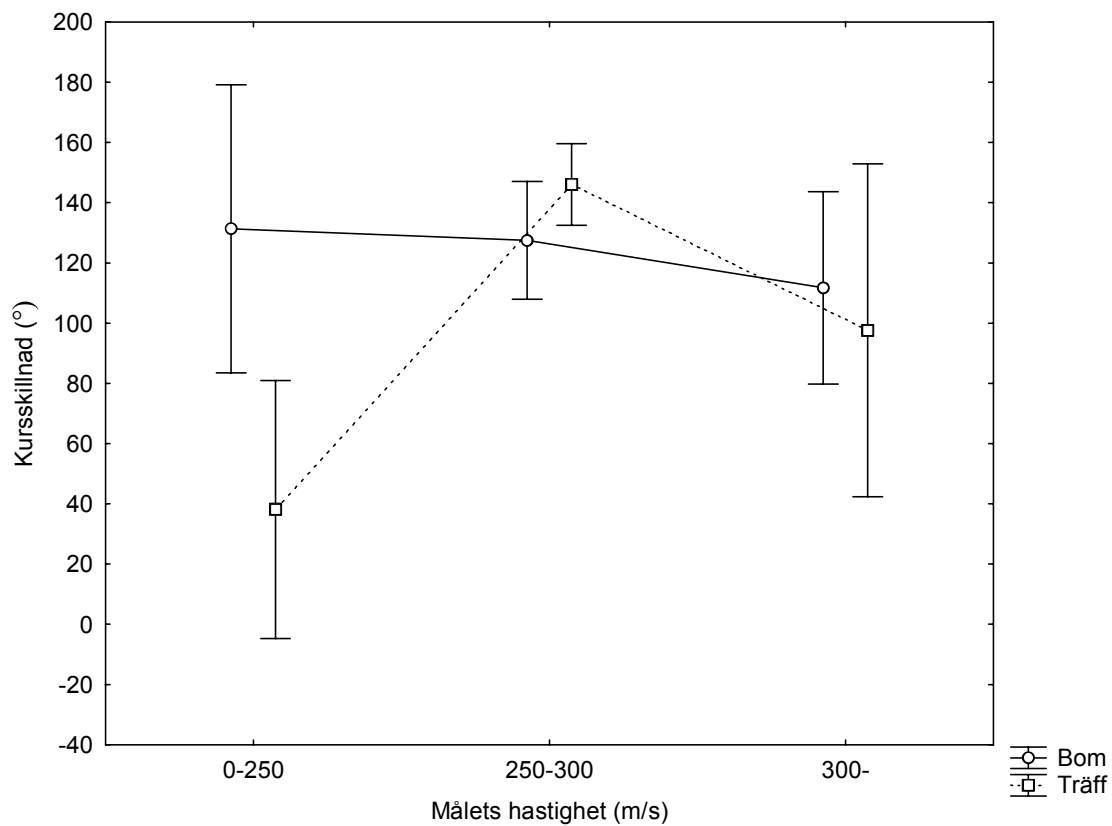
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan målets hastighet över 300 m/s och alla övriga klasser.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan målets hastighet över 300 m/s och alla övriga klasser.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan 0-250 m/s och 250-300 m/s. Det fanns även en signifikant skillnad för hur kursskillnaden varierade med interaktionen av träffresultat och målets hastighetsintervaller ($F_{2/89}=5,41$, $p<0,01$).



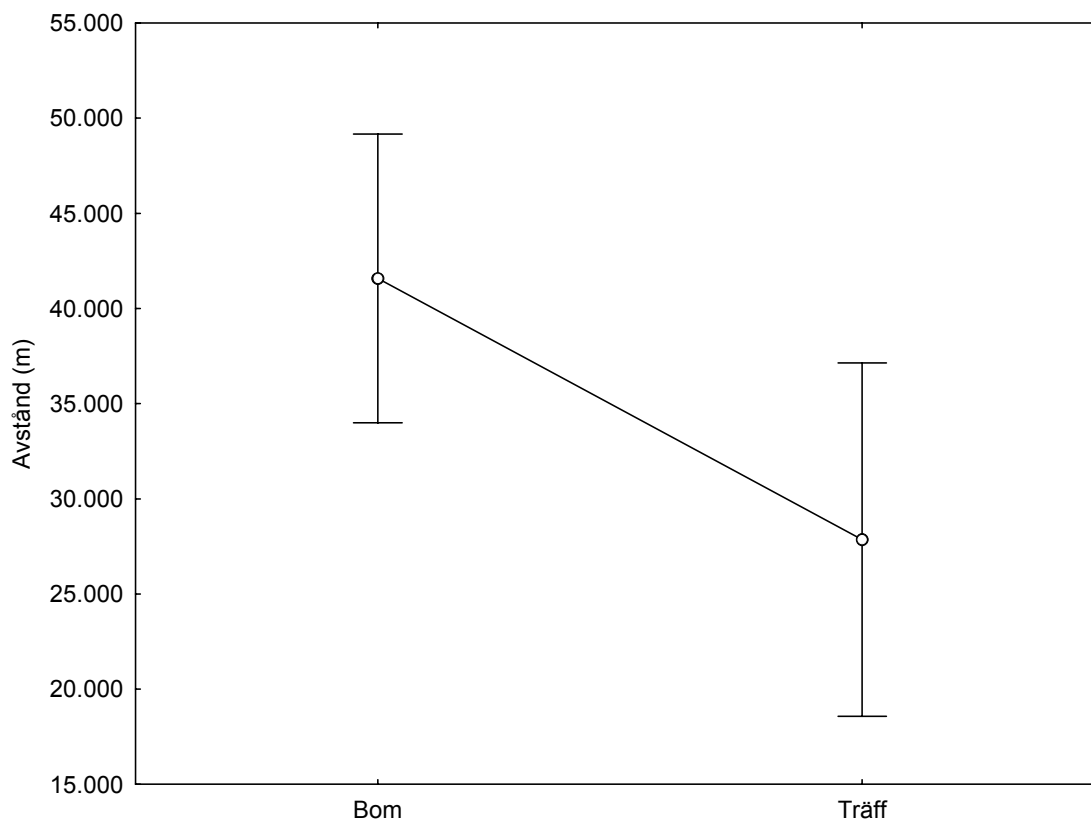
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen bom vid 0-250 m/s och 250-300 m/s för både träff och bom.

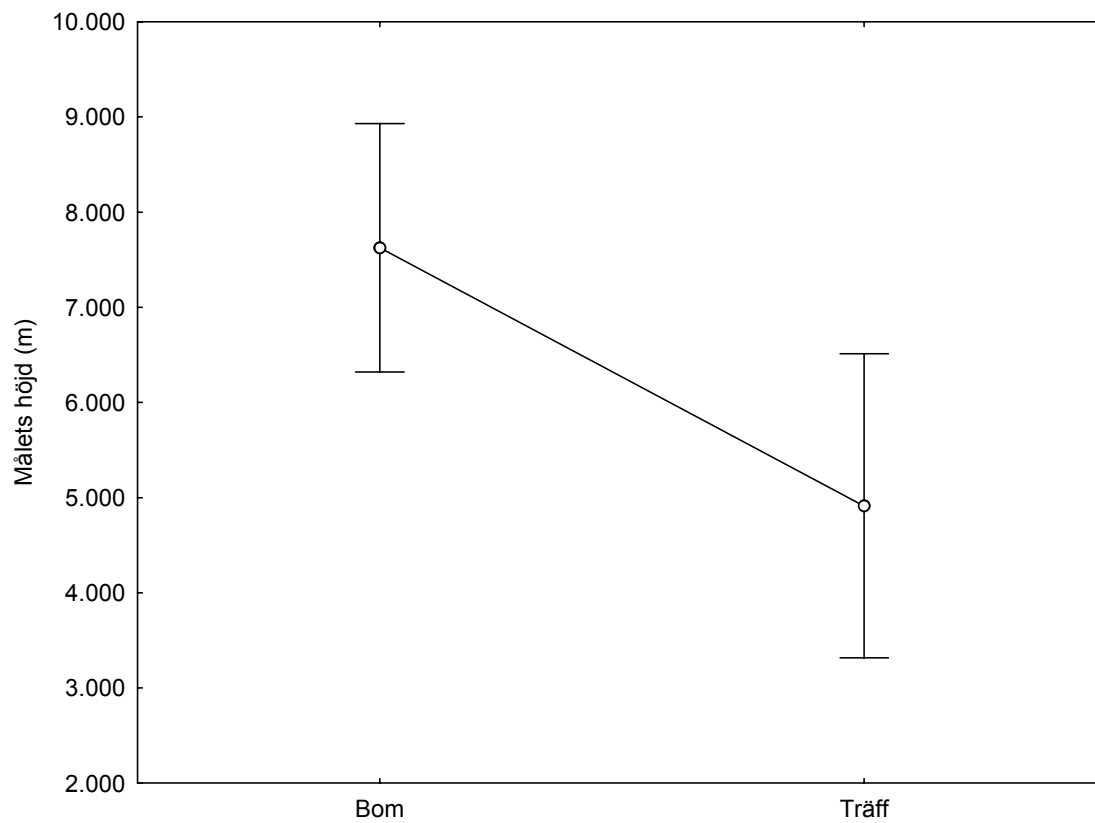
3.3.7 Variansanalys av träffresultat och närmandehastighetsintervaller

Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 5 närmandehastighetsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för närmandehastighetsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och närmandehastighetsintervaller.

Signifikant skillnad mellan träffresultat	F 1/85	p<
Avstånd	5,18	0,05
Målets höjd	6,83	0,05

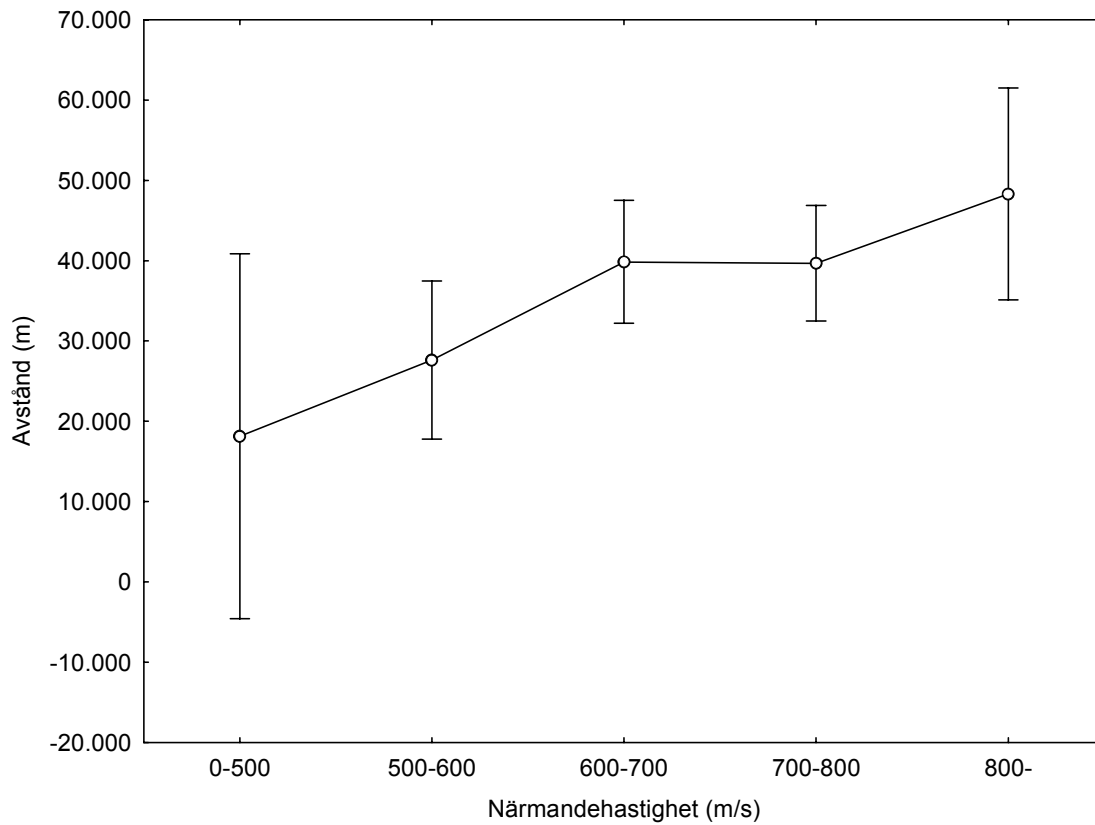
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultat för egen höjd, höjdskillnad, egen och målets hastighet, kurskillnad och skottvinkel.



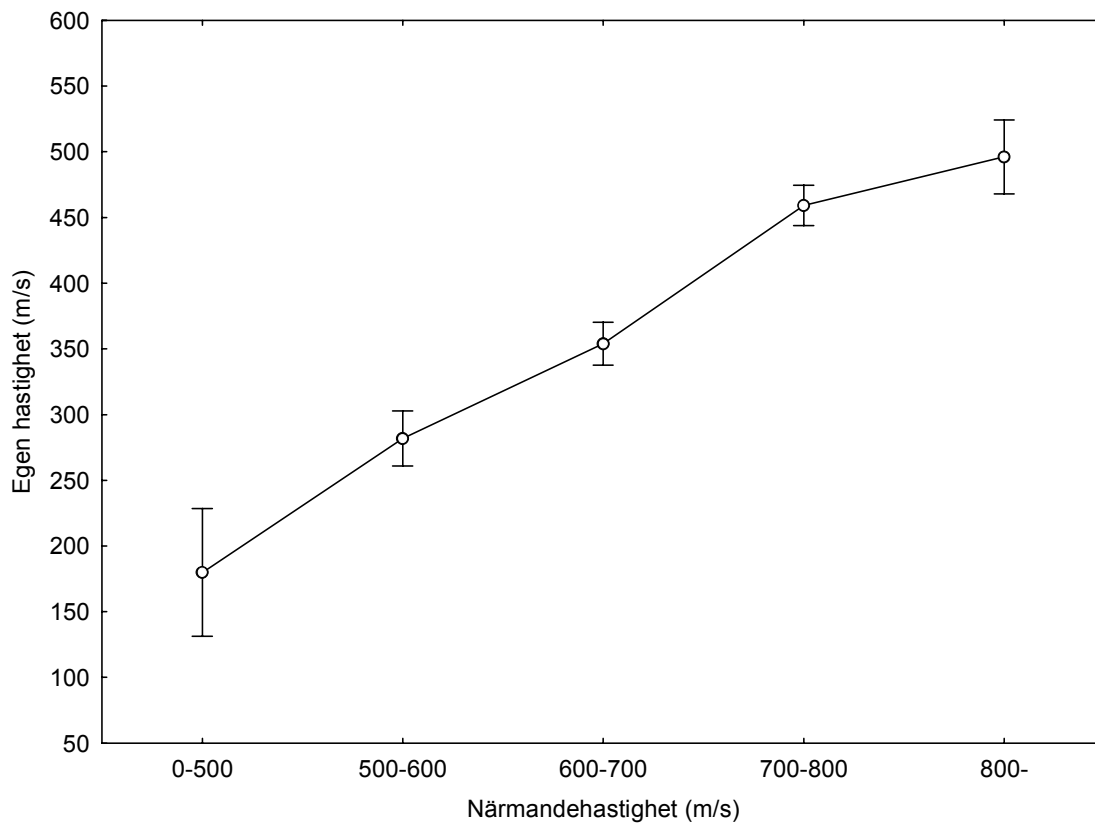


Signifikant skillnad mellan närmandehastighetsintervaller	F 4/85	p<
Avstånd	2,56	0,05
Egen hastighet	83,4	0,001
Målets hastighet	4,30	0,01
Kursskillnad	3,04	0,05

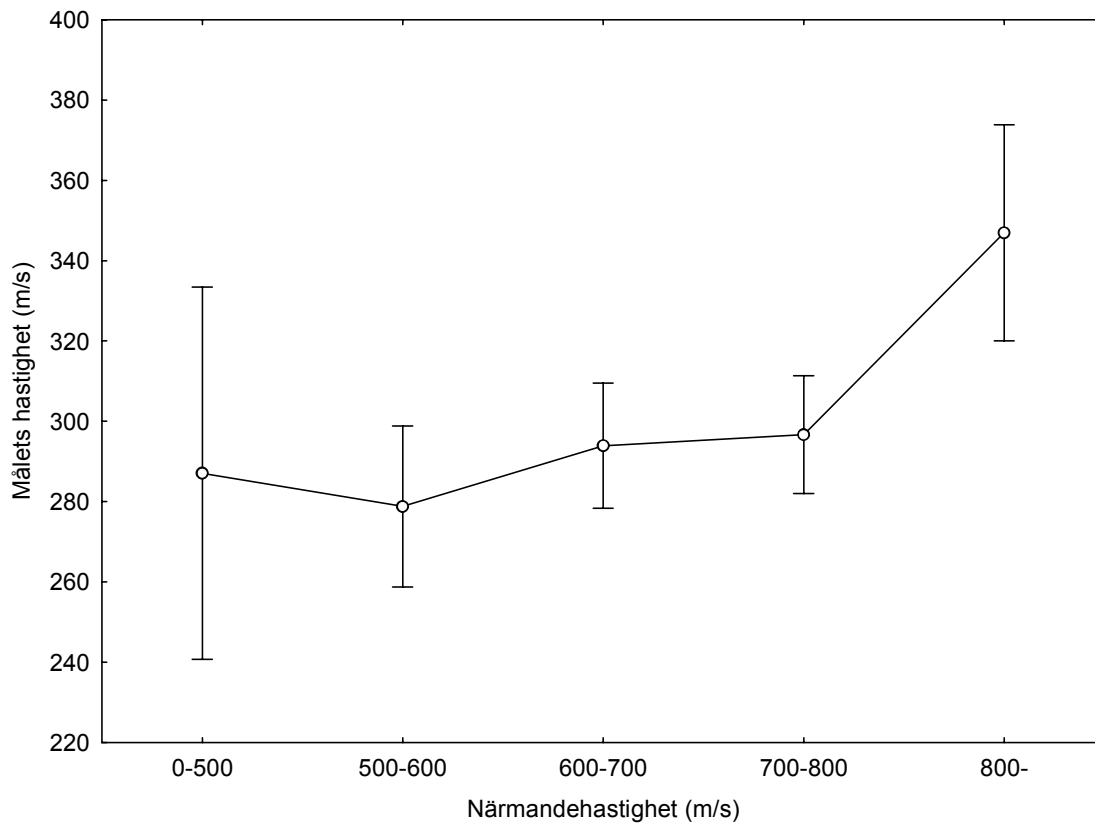
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan närmandehastighetsintervaller för egen och målets höjd, höjdskillnad, samt skottvinkel.



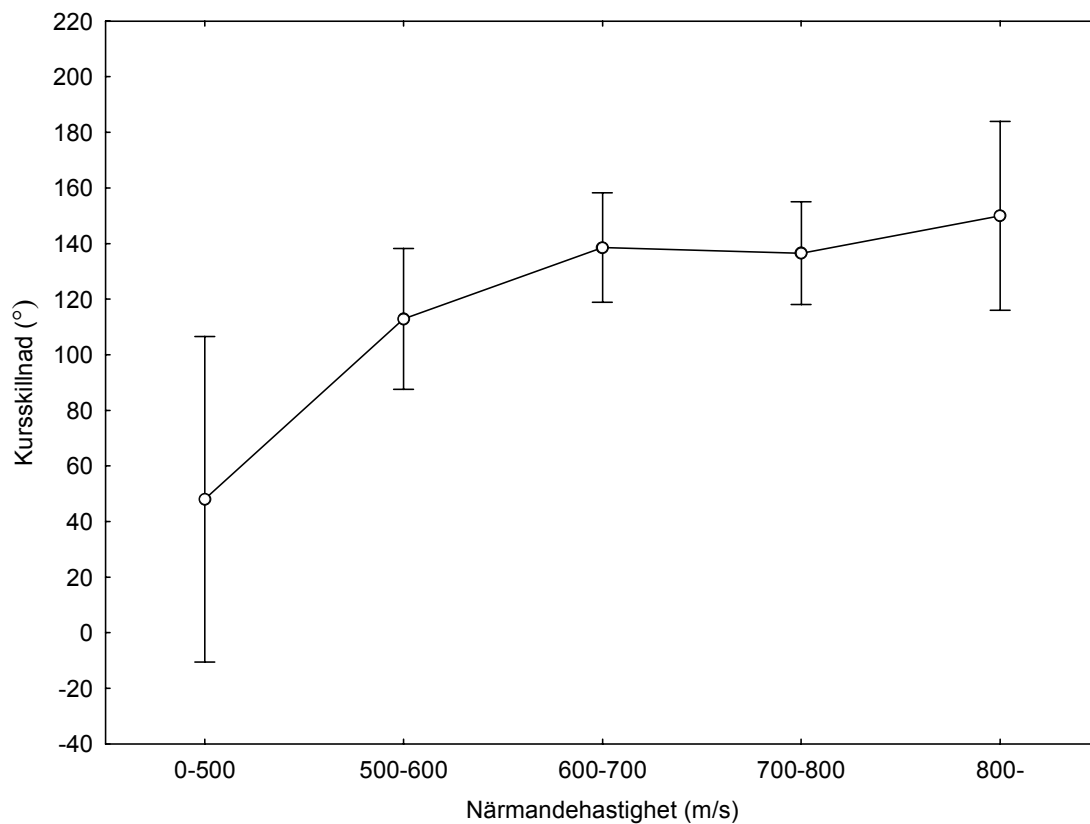
Tukey HSD gav inga signifikanta effekter.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan alla klasser förutom mellan 700-800 m/s och över 800 m/s.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen över 800 m/s och klasser från 500 till 800 m/s.



Tukey HSD gav inga signifikanta effekter.

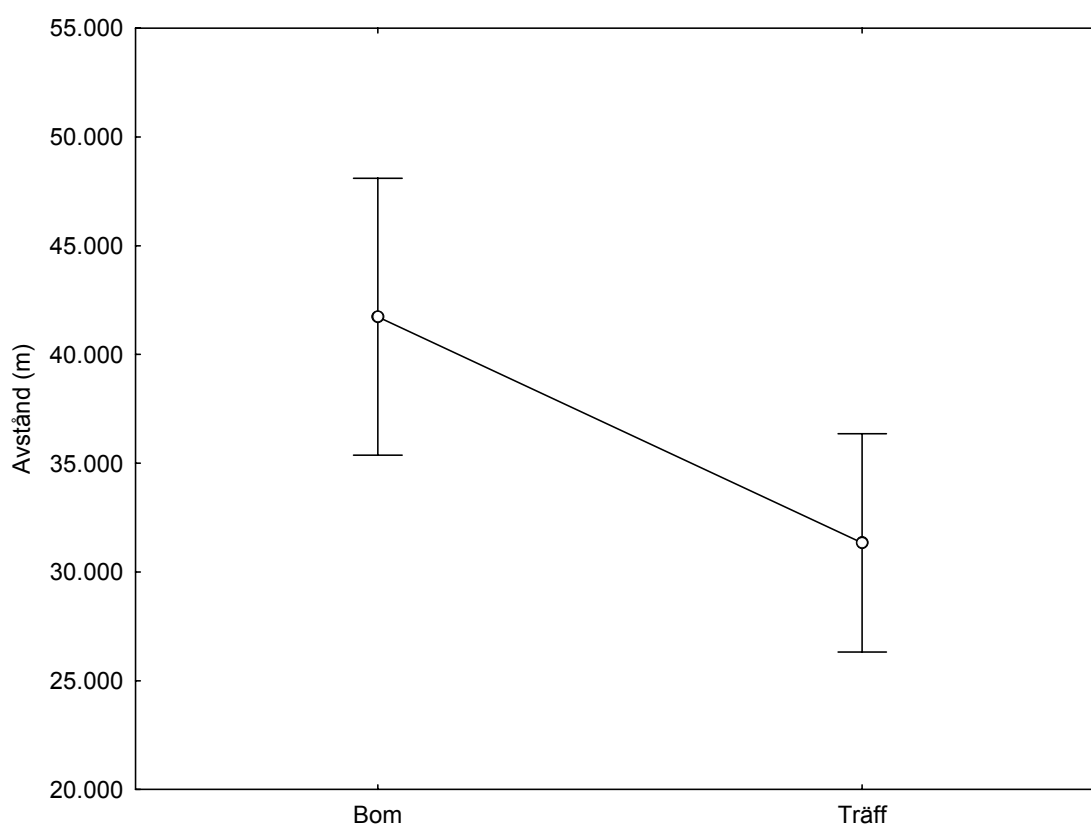
Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och närmandehastighetsintervaller.

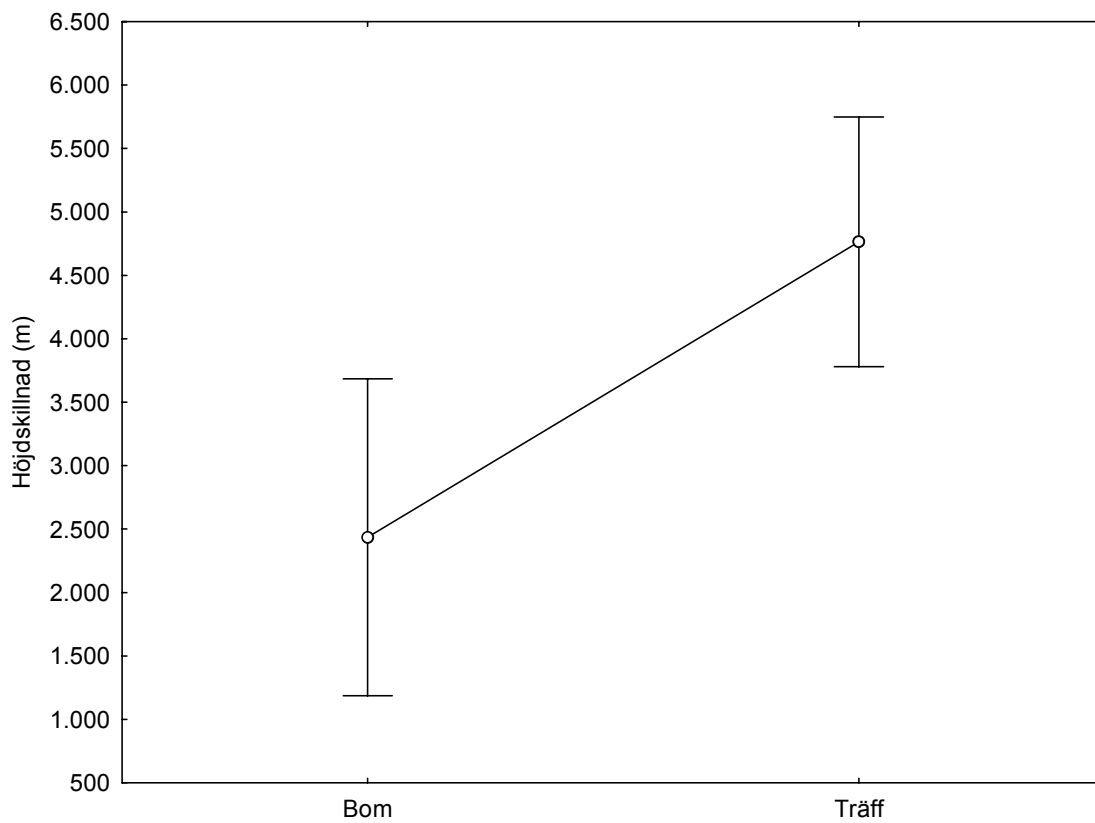
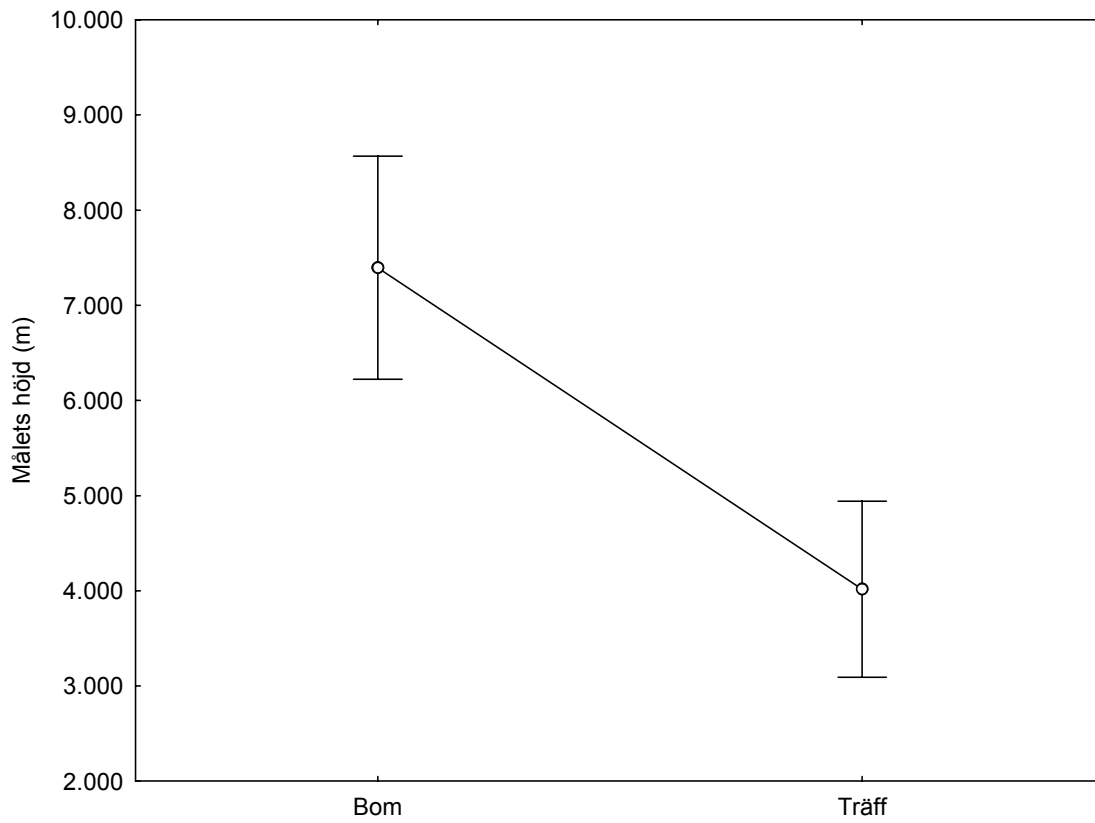
3.3.8 Variansanalys av träffresultat och kursskillnadsintervaller

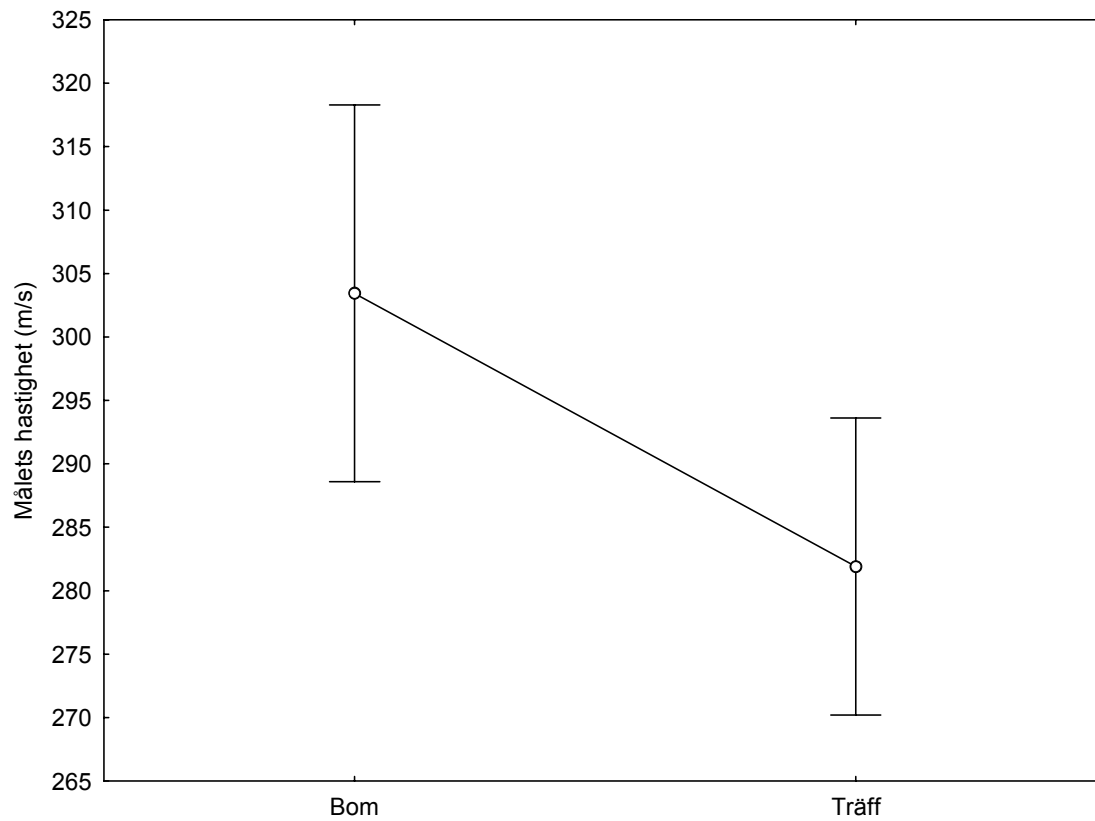
Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 4 kursskillnadsintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för kursskillnadsintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och kursskillnadsintervaller.

Signifikant skillnad mellan träffresultat	F 1/87	p<
Avstånd	6,50	0,05
Målets höjd	20,2	0,001
Höjdskillnad	8,48	0,01
Målets hastighet	5,12	0,05

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultat för egen höjd och hastighet, närmandehastighet och skottvinkel.

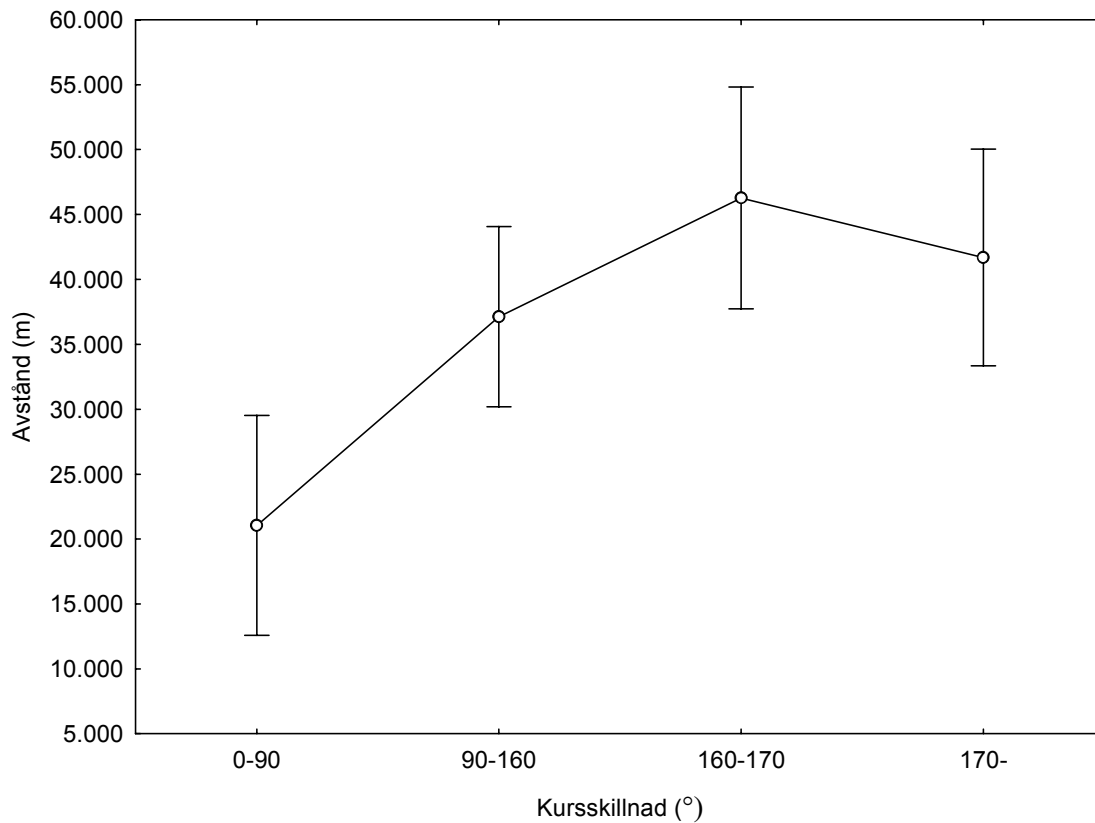




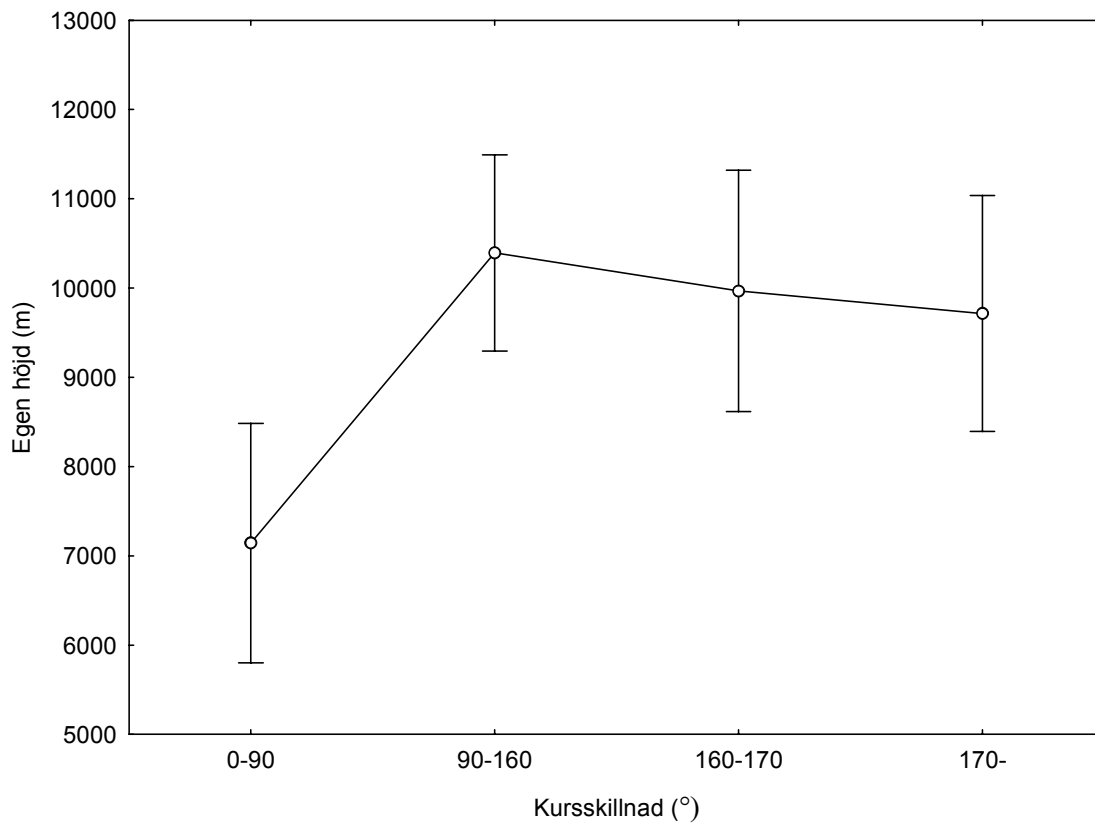


Signifikant skillnad mellan kursskillnadsintervaller	F 3/87	p<
Avstånd	6,63	0,001
Egen höjd	5,11	0,01
Höjdskillnad	2,86	0,05
Egen hastighet	6,55	0,001
Närmandehastighet	4,91	0,01

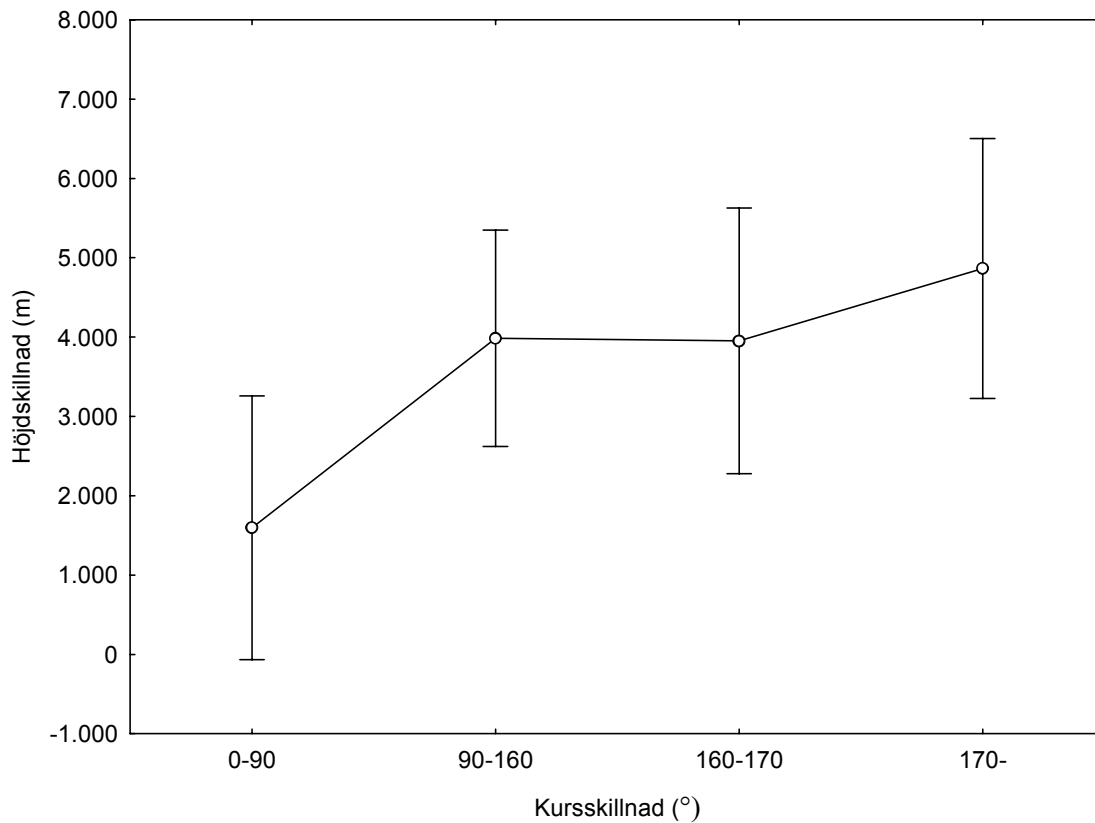
Det fanns ingen signifikant skillnad mellan kursskillnadsintervaller för målets höjd och hastighet och skottvinkel.



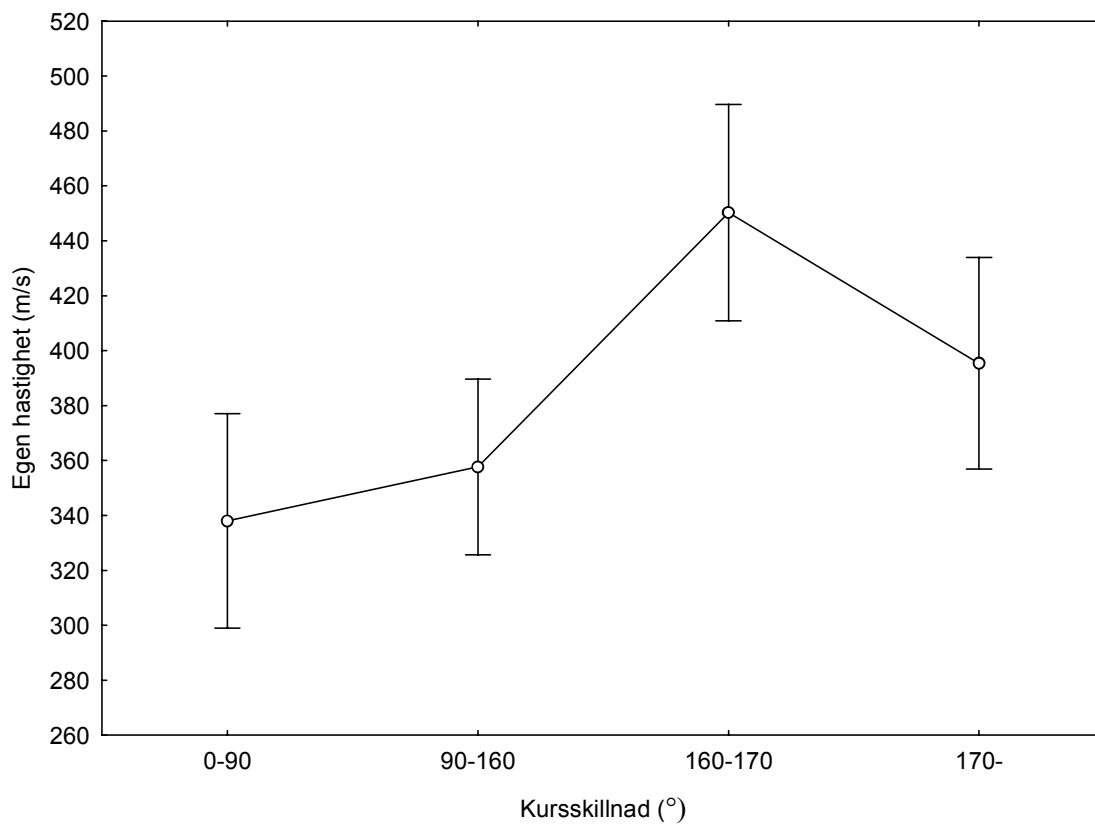
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-90 grader och alla övriga klasser.



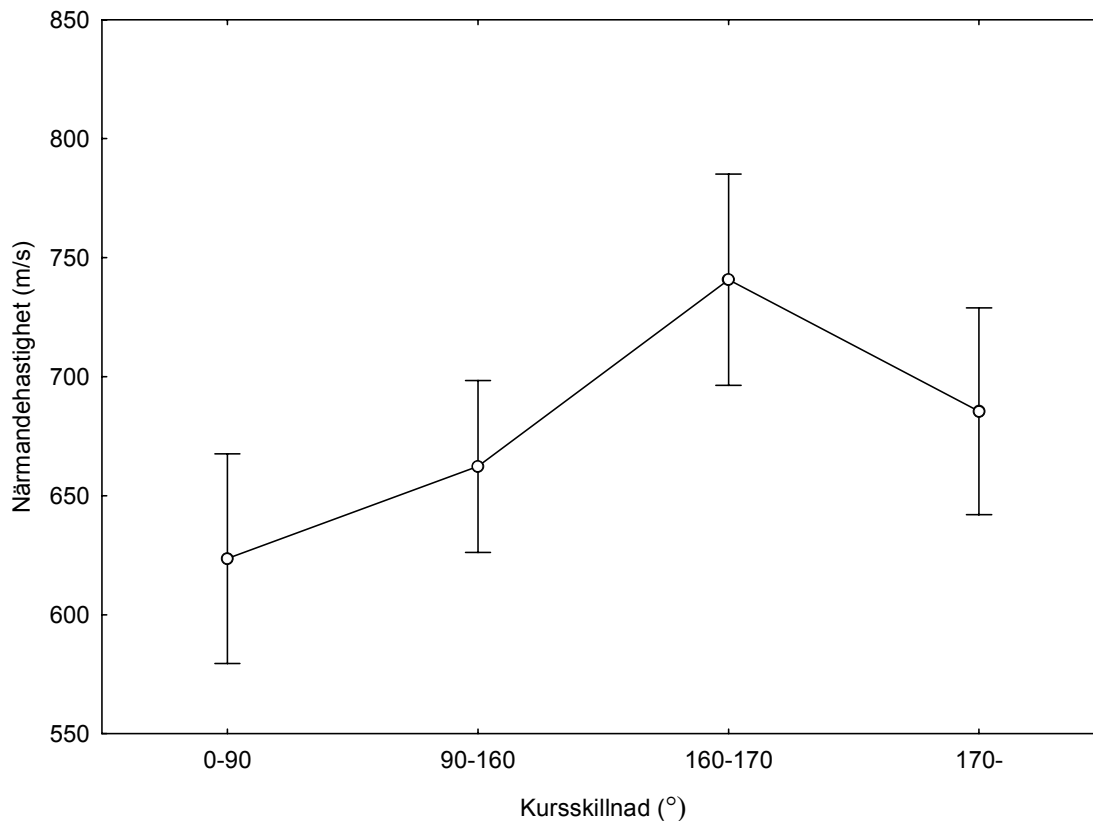
Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-90 grader och alla övriga klasser.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 0-90 grader och kursskillnad över 170 grader.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 160-170 grader och kursskillnad under 160 grader.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 160-170 grader och 0-90 grader.

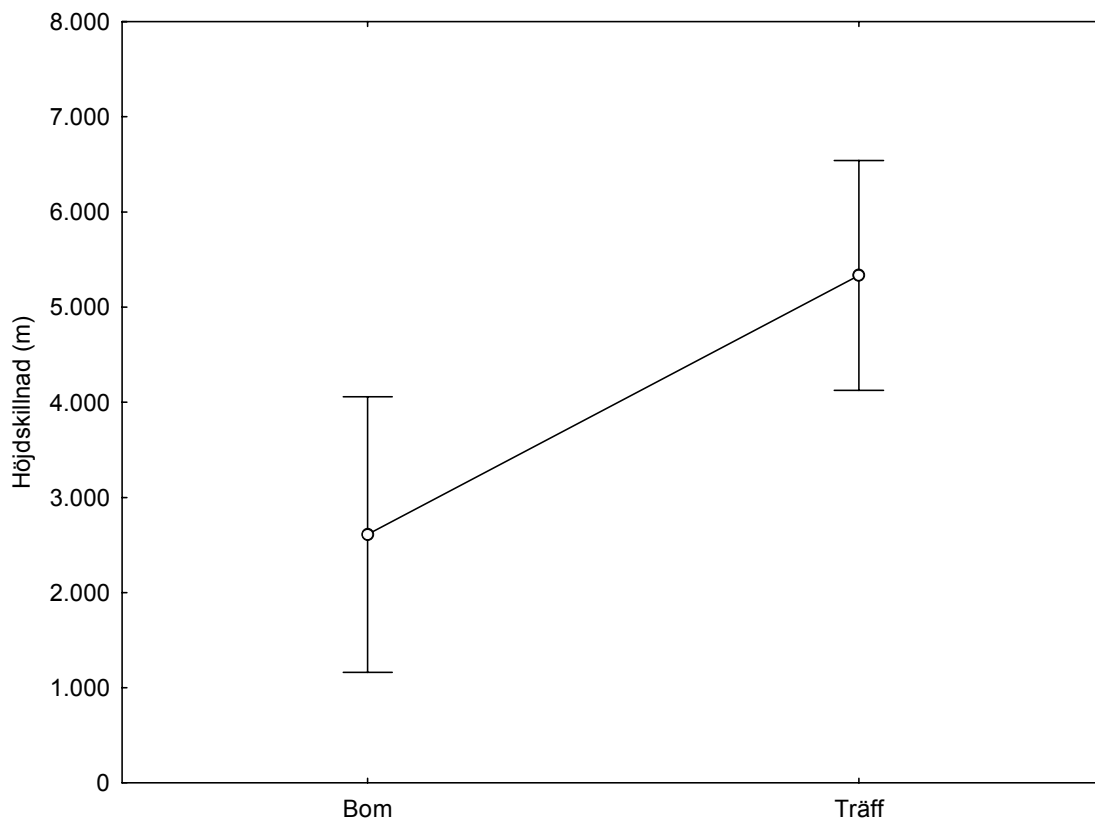
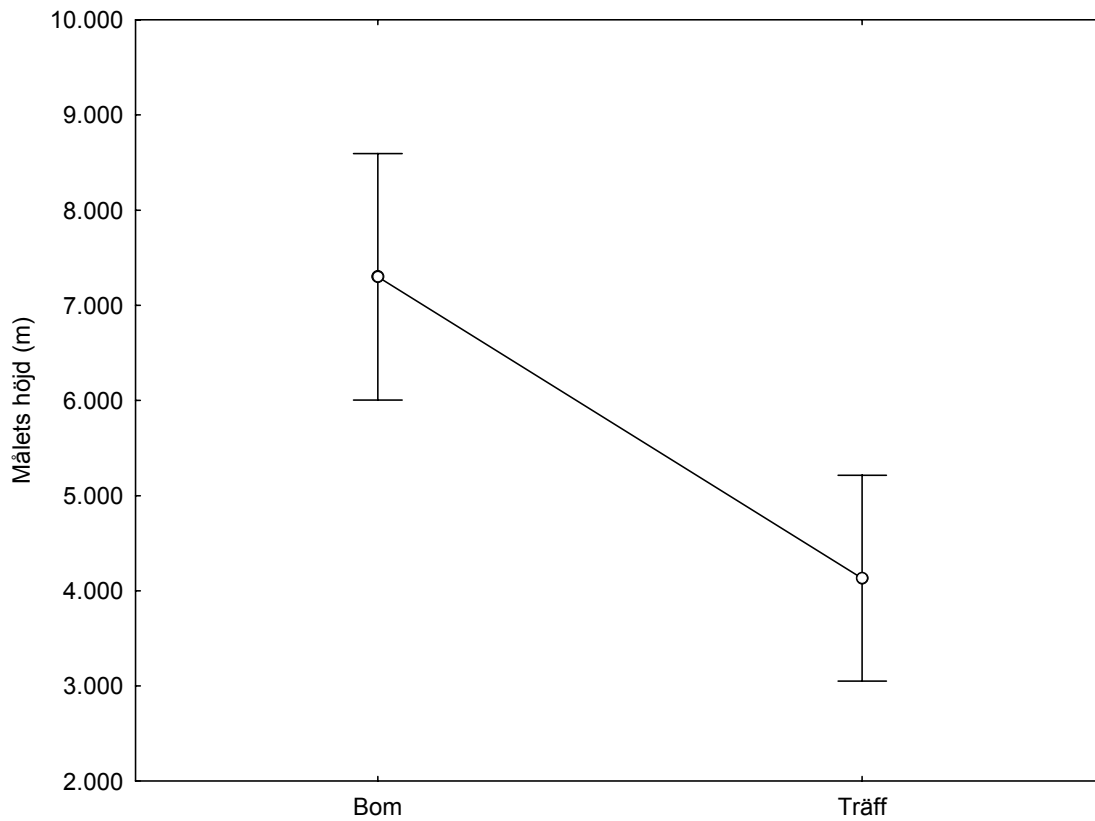
Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och kursskillnadsintervaller.

3.3.9 Variansanalys av träffresultat och skottvinkelintervaller

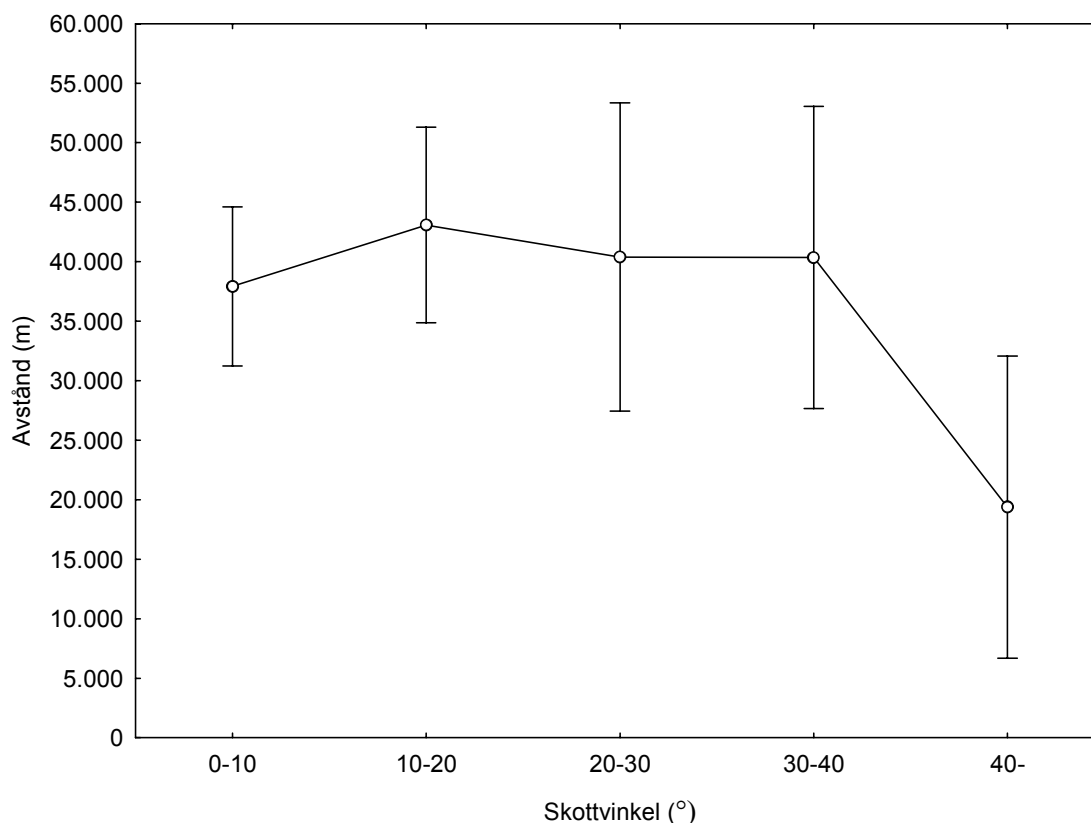
Designen var 2 träffresultat (bom och träff) gånger 4 skottvinkelintervaller. Båda faktorerna var mellangrupsfaktorer. Signifikanta effekter för träffresultat presenteras härnäst. Därefter följer effekter för skottvinkelintervaller och interaktionseffekter mellan träffresultat och skottvinkelintervaller.

Signifikant skillnad mellan träffresultat	F 1/85	p<
Målets höjd	13,9	0,001
Höjdskillnad	8,22	0,01

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan träffresultat för egen höjd och hastighet, målets hastighet, närmandehastighet, kursskillnad och skottvinkel.



Det fanns endast en signifikant skillnad mellan skottvinkelintervaller för avstånd ($F_{4/85}=2,57$, $p<0,05$). Det fanns ingen signifikant skillnad mellan skottvinkelintervaller för övriga situationsvariabler.



Tukey HSD gav en signifikant skillnad mellan klassen 10-20 grader och skottvinkel över 40 grader.

Det fanns inga signifikanta interaktionseffekter mellan träffresultat och skottvinkelintervaller.

3.4 Icke-parametrisk analys av situationsklasser och träffresultat

Pearson Chi-Square mäter avvikelserna från slumpmässig fördelning av observationerna.

Pearson	Chi-Square	df	p<
Målets höjdintervaller	13,4	1	0,001
Höjdskillnadsintervaller	7,31	2	0,05
Målets hastighetsintervaller	7,99	2	0,05

Spearman korrelation mäter sambandet ordinarie variabler.

Spearman	Rank R	t	p<
Målets höjdintervaller	-,375	-3,90	0,001
Höjdskillnadsintervaller	,266	2,66	0,01

Målets höjd (m)

Träff/Bom	0-4.000	4.000-	Summa
Bom	7	30	37
Träff	33	25	58
Summa	40	55	95

Höjdskillnad (m)

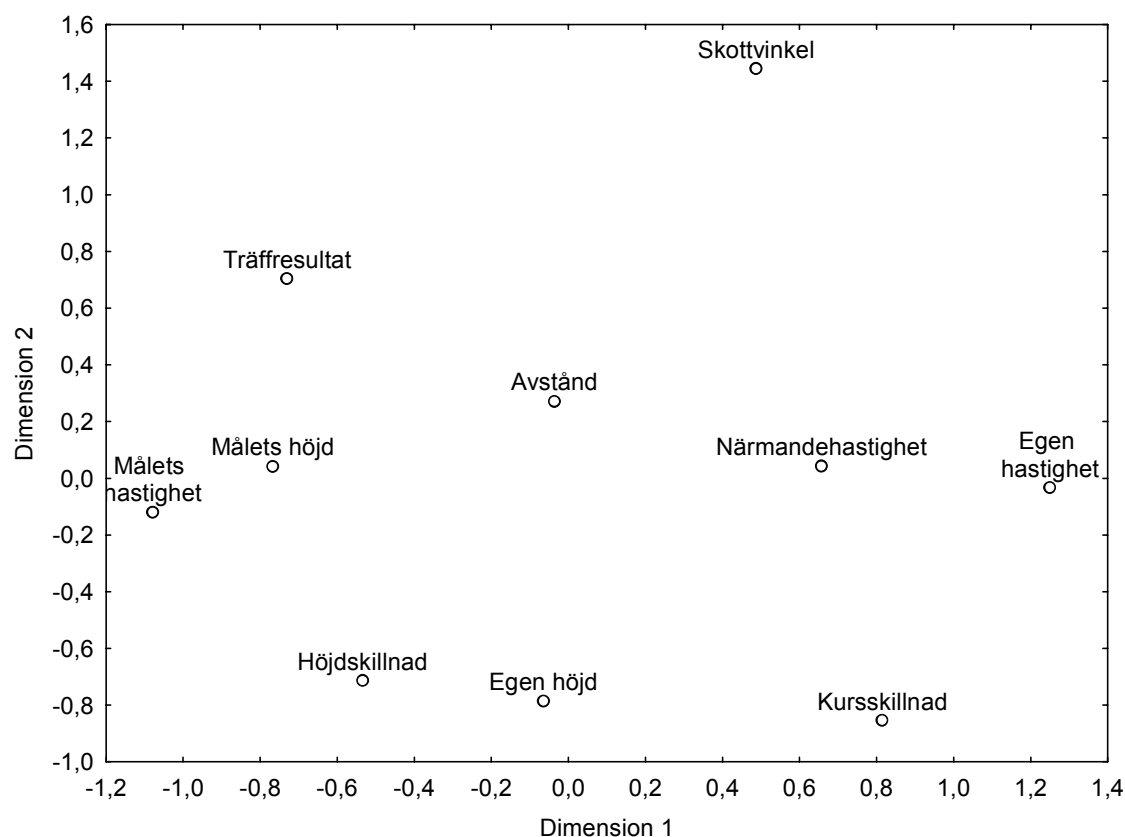
Träff/Bom	-0	0-5.000	5.000-	Summa
Bom	11	16	10	37
Träff	6	24	28	58
Summa	17	40	38	95

Målets hastighet (m/s)

Träff/Bom	0-250	250-300	300-	Summa
Bom	4	24	9	37
Träff	5	50	3	58
Summa	9	74	12	95

3.5 Analys med Multi-Dimensional Scaling (MDS) av situationsvariabler och träffresultat

”Multi-Dimensional Scaling” (MDS) utgår från korrelationerna mellan variablerna och skapar en avståndsmodell med vanligtvis två eller tre dimensioner där avstånden mellan variablerna motsvaras av korrelationerna. Två dimensioner användes för den här analysen eftersom de är lättast att tolka. Eftersom MDS algoritmen tolkar korrelationer mellan -1 och 1 som avstånd mellan 0 och 2 så kvadrerades alla korrelationer.



3.6 Analys av träffresultat med klassificeringsträd

Eftersom träffresultat är en dikotomisk variabel så utvecklades även en prediktiv modell med klassifikationsträd för hur situationsvariablerna påverkar träffresultatet. Den bästa modellen genererades med Klassifikations- och regressionsträd (Brieman et al., 1984), Gini-värdet för ”goodness of fit” och stopp för villkorsgenerering baserat på ”fraction of objects” satt till 0,11. Minsta möjliga ”Fraction of objects” valdes som inte genererade löv med bara ett enda skott. Ingen korsvalidering användes utan modellen baserades på alla 95 skotten. Algoritmen för generering av klassifikationsträd bygger på liknande principer som framlänges stegvis regression och har liknande problem. Klassifikationsträdet beskriver i det här fallet en sekventiell ordning av villkoren och kan därför sammanfattas med en tabell där villkoren tillämpas sekventiellt tills något är uppfyllt.

	Bom	Träff	Resultat	Villkor
1.	3	29	Träff	Målets höjd ≤ 1.500 m
2.	7	0	Bom	Målets höjd > 10.514 m
3.	4	0	Bom	Egen hastighet > 523 m/s
4.	3	0	Bom	Närmandehastighet ≤ 490 m/s
5.	7	3	Bom	Skottvinkel $> 32,2^\circ$
6.	1	11	Träff	Avstånd ≤ 31.073 m
7.	7	0	Bom	Kursskillnad $\leq 133^\circ$
8.	4	2	Bom	Skottvinkel $\leq 4,7^\circ$
9.	1	13	Träff	Skottvinkel $> 4,7^\circ$

	Situationsvariabel	Ranking
	Målets höjd	100
	Skottvinkel	97
	Egen hastighet	88
	Närmandehastighet	85
	Avstånd	81
	Målets hastighet	81
	Egen höjd	70
	Höjdskillnad	69
	Kursskillnad	69

	Predicerat		Observerat	
	Bom	Träff	Bom	Träff
Bom	32	5		
Träff	5	53		

4 Diskussion

Korrelationerna mellan situationsvariabler och träffresultat, variansanalyserna och icke-parametriska analyser visar att robotarna träffar när målets höjd är under ca 5.500 meter (medelvärde 5.434 meter) och annars bommar de. Robotarna träffar också när målets hastighet är under ca 290 m/s (medelvärde 292 m/s) och annars bommar de. Robotarna träffar även när avståndet är under ca 36.000 meter (medelvärde 35.969 meter) och annars bommar de. Förhållandet är det omvända för höjdskillnaden. Robotarna träffar när höjdskillnaden är över ca 4.000 meter (medelvärde 3.968 meter) och annars bommar de. Slutligen kan en eventuell effekt av skottvinkel förmodligen inte beskrivas linjärt eftersom det bara fanns en signifikant skillnad mellan träffresultat.

Även korrelationerna mellan situationsvariablerna och variansanalyserna gav likvärdiga resultat. Medelvärdet för den egna höjden minskar från ca 10.000 till 7.000 meter när avståndet är under 20.000 meter. Målets höjd när förarna väljer att skjuta minskar däremot linjärt med avståndet. Sammantaget får det här konsekvenser för höjdskillnaden som är störst vid avstånd på 20.000-40.000 meter. Även kursskillnaden minskar ganska linjärt. Målen anfalls i den främre sektorn när avståndet är över 40.000 meter och annars mer från sidan. Slutligen ökar medelvärdet för skottvinkel från ca 20 till 80 grader när avståndet är mindre än 20.000 meter. Naturligtvis bommar de flesta skotten i höga vinklar.

Höjdskillnaden vid skott minskar linjärt med egen höjd. Men många skott bommar när höjdskillnaden är under ca 2.000 meter och den egna höjden är över 6.000 meter. Förhållandet mellan egen höjd och hastighet är märkligt. Den egna hastigheten är vanligtvis under ca 380 m/s förutom när höjden är 8.000-10.000 då medelvärdet är ca 450 m/s. Något som också visar

sig i närmandehastigheten. Slutligen anfalls mål i den främre sektorn när den egna höjden är över 8.000 meter och annars mer från sidan.

Höjdskillnaden minskar naturligt nog när målets höjd ökar. Målen flyger också långsammare än ca 290 m/s när höjdskillnaden är över 0 meter men med medelvärdet 330 m/s när höjdskillnaden är negativ. Slutligen anfalls målen snett framifrån när höjdskillnaden är över 0 meter och från sidan när den är negativ.

Förhållandet mellan egen hastighet och avstånd är märkligt. Avståndet ökar linjärt med den egna hastigheten upp till 500 m/s. För högre hastigheter är avståndet ganska kort men med stor spridning. När egen hastighet är 300-400 m/s är medelvärdet för egen höjd ca 8.500 meter och när hastigheten är 400-500 m/s är medelvärdet 10.500 meter, vilket stämmer med förväntningarna att förarna flyger fortare på högre höjd. Det märkliga är att för de andra hastighetsintervallerna är medelvärdet för egen höjd ca 9.400 meter men med stor spridning och verkar inte påverka hastigheten. Slutligen har egen hastighet störst effekt på närmandehastigheten.

Målen flyger naturligt nog långsammare på lägre höjd. Närmandehastigheten påverkas bara av målens hastighet när dessa har en hastighet över 300 m/s. Slutligen påverkas träffresultaten av målets hastighet och kursskillnaden. Robotarna träffar mål som anfalls snett bakifrån när deras hastighet är mindre än 250 m/s och annars bommar de.

Den egna hastigheten är över 380 m/s när kursskillnaden är över 160° och annars är den under 380 m/s, vilket också slår igenom i närmandehastigheten.

Flera av sambanden mellan situationsvariabler återspeglas i analysen med "Multi-Dimensional Scaling". Speciellt sambandet mellan egen hastighet och närmandehastighet, målets hastighet och höjd, samt mellan höjdskillnaden och egen och målets höjd. Förutom höjdskillnaden är också alla signifikanta prestationskorrelationer nära positionen för träffresultat. De andra variablerna, kursskillnad, skottvinkel, närmandehastighet, samt egen hastighet och höjd, är på långt avstånd från positionen för träffresultat i grafen vilket tyder på att eventuella effekter antingen är små eller förmodligen inte kan beskrivas linjärt.

Klassifikationsvillkoren visar återigen betydelsen av målets höjd. Mål med en höjd under 1.500 meter träffas ofta men klarar sig om höjden är över ca 10.500 meter. Robotens rörelseenergi i skottögonblicket förklarar varför målets höjd påverkar träffresultatet. Rörelseenergin förklarar också varför skotten bommar när närmandehastigheten är mindre än ca 500 m/s eller kursskillnaden är mindre än ca 130° och träffar när avståndet är mindre än ca 31.000 meter. Rörelseenergin påverkas också av skottvinkel och det är kanske inte förvånande att skottvinkel hamnar på andra plats i rankingen. Det olinjära sambandet mellan skottvinkel och träffresultat fångades inte med några andra metoder. Det är oklart varför fler skott verkar bomma vid små skottvinklar och när den egna hastigheten är hög. Bommarna verkar också påverkas av fler variabler än träffarna eftersom de har fler löv. Slutligen är det märkligt att målets hastighet, egen höjd och höjdskillnad får högre ranking än kursskillnad trots att de inte ingår i villkoren.

5 Slutsatser

Analyserna ger sammanfattningsvis en ganska tydlig bild av hur förarna genomför anfallen och vilka faktorer som påverkar träffresultatet. Förarna anfaller bl.a. mål på en höjd och med en kursvinkel som minskar med avståndet men först på nära håll går man ner för att möta målen. Av någon anledning skjuter de också flera skott i höga skottvinklar på nära håll. Annars stämmer resultaten väl med förväntningarna. Höjdskillnaden varierar med egen och målets höjd. Förarna flyger även fortare på högre höjd och långsammare när man närmar sig målet och anfaller mer från sidan. Slutligen påverkas träffresultaten linjärt av robotens rörelseenergi och olinjärt av skottvinkeln. Resultaten visar att en beräkning av robotens

rörelseenergi i form av bl.a. tid till träff har potential att förklara flera av träffresultaten men att flera faktorer som t.ex. skottvinkeln och höjdskillnad behöver ingå i beräkningarna. Det kan också vara intressant att utveckla prediktiva modeller för sambandet mellan situationsvariabler och träffresultat med mer sofistikerade metoder. Tänkbara metoder är t.ex. ”Fuzzy decision trees” som kombinerar överskådligheten hos beslutsträd med fuzzysystem (Janikow, 1998) och Neurofuzzy metoden NEFCLASS-J som identifierar fuzzysystem med neurala nätverksmetoder (Nauck, 1999).

6 Referenser

- Brieman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). *Classification and regression trees*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Janikow, C. Z. (1998). Fuzzy decision trees: Issues and methods. *IEEE Transactions in Systems, Man, and Cybernetics-Part B: Cybernetics*, 28(1), 1-14.
- Kirk, R. E. (1995). *Experimental Design: Procedures for the behavioral sciences*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- Nauck, U. (1999). *Design and implementation of a neuro-fuzzy data analysis tool in Java*. Diplomarbeit, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig, Germany.

