

Brukerveiledning for ArtAn – Artilleri Analyseverktøy for Sjøforsvarets skyteøvelser

Martin Normann Nielsen og Jon Pedersen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

19. desember 2012

FFI-rapport 2012/02104

1131

P: ISBN 978-82-464-2180-3

E: ISBN 978-82-464-2181-0

Emneord

Sjøforsvaret

Skyteøvelser

Analyse

Brukerveiledning

Artilleri

Godkjent av

Arne Cato Jensen

Prosjektleder

Elling Tveit

Avdelingsjef

Sammendrag

Dette dokumentet inneholder en brukerveiledning for ArtAn – Artilleri Analyseverktøy utviklet av Systemutviklingsgruppen ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på oppdrag for Fagkontoret for Artilleri hos Forsvarets Logistikkorganisasjon (FLO) i Sjøforsvaret. Formålet med verktøyet er å analysere skytedata som er samlet inn av Sjøforsvaret ved hjelp av ArtReg – Artilleri Registreringsverktøy.

English summary

This document contains the user manual for ArtAn - Artillery Analysis Tool developed by the Software Engineering Group at FFI (Norwegian Defence Research Establishment) on mission from the Norway Defence Logistics Organisation (NDLO). The purpose of the tool is to analyze naval gun exercise data collected by the Navy using ArtReg – Artillery Registration Tool.

Innhold

1	Innledning	7
2	Bakgrunn	7
3	Overordnet beskrivelse av systemet	7
4	Hvordan installere og bruke ArtAn	8
4.1	Installasjon	8
4.2	Oppstart og hjemskjerm	10
4.3	Arbeidsflyter	11
4.3.1	Import av skytedata	11
4.3.2	Analyse av enkeltrapper	14
4.3.3	Analyse av historiske data	17
4.3.4	Administrer lokal database (eksport, rediger, slett)	24
4.4	Lagring og sikkerhetskopiering av data	25
5	Beregning av statistikk	25
5.1	Forskjell mellom «presisjon» og «presisjon og nøyaktighet»	25
5.1.1	Estimering av presisjon og nøyaktighet	26
5.1.2	Estimering av presisjon	26
5.1.3	Estimering av Equivalent Circular Error Probable	27
5.2	Beregning av statistikk over tid eller som gjennomsnitt per kategori	27
5.3	Andre forhold	28
6	Oppsummering	28
Appendix A Utledning av formel for spredningsestimator og tilhørende konfidensintervall		30
A.1	Middelverdi	30
A.2	Varians (spredning)	30
A.3	Konfidensintervall	31

1 Innledning

Dette dokumentet inneholder en brukerveiledning for ArtAn – Artilleri Analyseverktøy utviklet av Systemutviklingsgruppen ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) på oppdrag for Fagkontoret for Artilleri hos FLO i Sjøforsvaret. Formålet med verktøyet er å analysere skytedata som er samlet inn av Sjøforsvaret ved hjelp av ArtReg – Artilleri Registreringsverktøy [1].

2 Bakgrunn

Fagkontoret for Artilleri hos FLO i Sjøforsvaret har i mange år ønsket et system for å rapportere og analysere skytedata i forbindelse med skyteøvelser (heretter betegnet som gunexer) i Sjøforsvaret. På slutten av åtti- og begynnelsen av nittitallet eksisterte det et system for å gjøre noe lignende, men dette systemet er utdatert og tatt ut av drift. I dag gir FFI støtte til FLO og Sjøforsvaret i operativ evaluering og analyse av kanonsystemet på fartøyene i Nansen- og Skjold-klassen. I tillegg blir det på flere fartøyer skrevet rapporter etter gunexer med en vurdering av resultatene opp mot operative krav. Disse rapportene blir sendt til ansvarlige for sjøartilleri i FLO og Sjøforsvaret, men det er ikke nødvendigvis en fast rutine at alle fartøyene gjør dette i forbindelse med gunexer.

Med dagens rutiner er det vanskelig å gjøre en statistisk analyse av artillerievnen til alle fartøyene, både isolert sett og som helhet. Det er også vanskelig å få en oversikt over hvordan ulike parametere påvirker skytingen til fartøyene. Manglende rapportering og lagring av resultater gjør det i tillegg utfordrende å dele erfaringer og kunnskap mellom ulike interessenter.

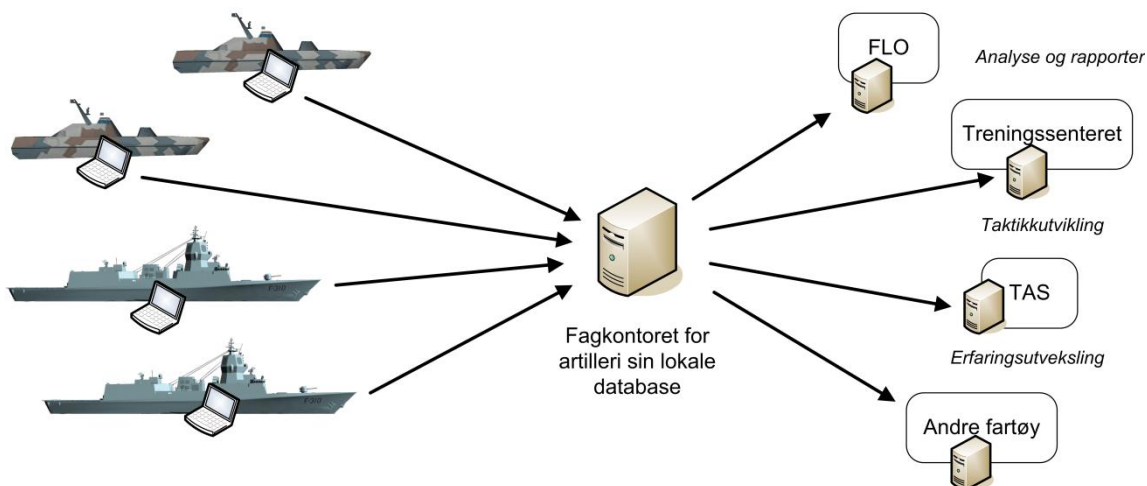
Anskaffelse av et datasystem for å rapportere og analysere skytedata vil forenkle innsamling av rapporter fra gunexer, forbedre analyse og deling av kunnskap betraktelig. FLO og Sjøforsvaret har som mål å sette i gang en rutine på at alle fartøy som utfører en gunex skal rapportere skytedata i systemet så langt det lar seg gjøre. Det er også planer om å anskaffe nytt elektronisk utstyr for å forbedre deteksjon og observasjoner av treffpunkter i forhold til hva som er tilfellet i dag. Dette vil være med å forbedre kvaliteten på analysen av skytedataene.

3 Overordnet beskrivelse av systemet

Ved hjelp av ArtAn kan Sjøforsvaret analysere skytedata fra ulike gunexer utført av alle typer fartøy i Sjøforsvaret samlet inn ved hjelp av skyterapporter fra ArtReg. ArtAn holder på skytedata, gjør analyser, presenterer statistikk, og lager rapporter av skytedata på tvers av gunexer og fartøy. Verktøyet er utviklet spesielt for Sjøforsvarets gunexer og kan ikke uten modifikasjoner brukes i andre forsvarsgrener. Kravspesifikasjonen for systemet som helhet er gitt i [2].

Fartøy som deltar i gunexer registrerer skyterapporter ved hjelp av ArtReg og sender disse til Fagkontoret for artilleri. Fagkontoret samler skyterapporter fra fartøyene og gjennomfører analyser ved hjelp av ArtAn. De deler også skyterapporter og analyser med andre avdelinger i FLO, Sjøforsvarets utdannings- og kompetansesenter for maritim krigføring (KNM Tordenskjold) og andre fartøy, og yter støtte til taktikkarbeid og utveksling av erfaringer. Figur 3.1 viser en konseptuell modell av dette.

ArtAn kjører på lokale maskiner uten behov for nettverkstilkobling. Dette innebærer at hver bruker må vedlikeholde sin egen database med skytedata. Skytedata utveksles ved hjelp av e-post eller flyttbare lagringsmedier. ArtAn kan således installeres på selvstendige maskiner ombord på fartøyene for analyse av fartøyets skytedata i forbindelse med gunexer. I framtiden kan det være ønskelig å kjøre systemet på Forsvarets plattform isteden med en tjeneste i nettverket som ArtReg automatisk kan rapportere til og som ArtAn kan hente data fra. Det finnes p.t. ingen godkjenning fra FLO/IKT til å gjøre dette slik at systemet skal holdes utenfor maskiner tilkoblet Forsvarets plattform.



Figur 3.1 Konseptuell modell for rapportering og analyse av skytedata. Fartøyene rapporterer til Fagkontoret for artilleri. Fagkontoret gjennomfører analyser og fordeler resultater av disse til interessenter.

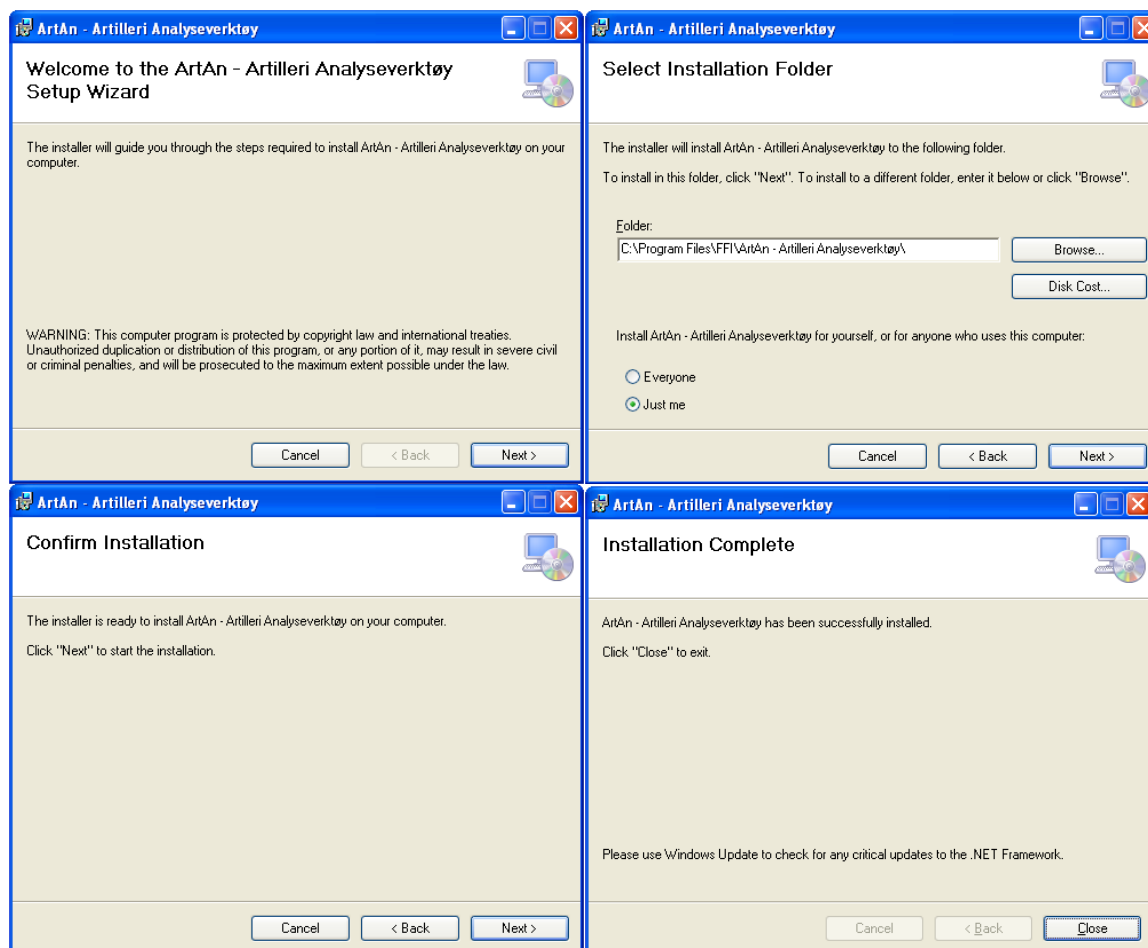
4 Hvordan installere og bruke ArtAn

I det følgende gis det en beskrivelse av hvordan ArtAn skal installeres og benyttes for å lage analyser av mottatte skyterapporter. Alle analyseplott i dette dokumentet er basert på automatisk genererte tilfeldige data og har ingen relasjon til plattformenes ytelser eller til type gunexer for skyting på sjø-, land- eller luftmål.

4.1 Installasjon

ArtAn er levert på en CD-plate som inneholder alle nødvendige installasjonsfiler. ArtAn kjører på Windows XP og Windows 7 og er skrevet i programmeringsspråket C#. Det er derfor nødvendig å installere en kjøretidsomgivelse for Microsoft .NET 4.0. Hvis denne ikke allerede finnes på

datamaskinen fra før installeres denne automatisk av installasjonsprogrammet. CD-en inneholder filen setup.exe i rotkatalogen. Når denne filen kjøres, vil alle nødvendige komponenter installeres. Under installasjon må brukeren velge hvor systemet skal installeres og om det skal være tilgjengelig for alle brukere av datamaskinen (Figur 4.1). Installasjonsprogrammet legger snarveier til ArtAn på skrivebordet slik at det kan startes derfra (Figur 4.2).



Figur 4.1 Dialogboksene for å installere analyseprogrammet.



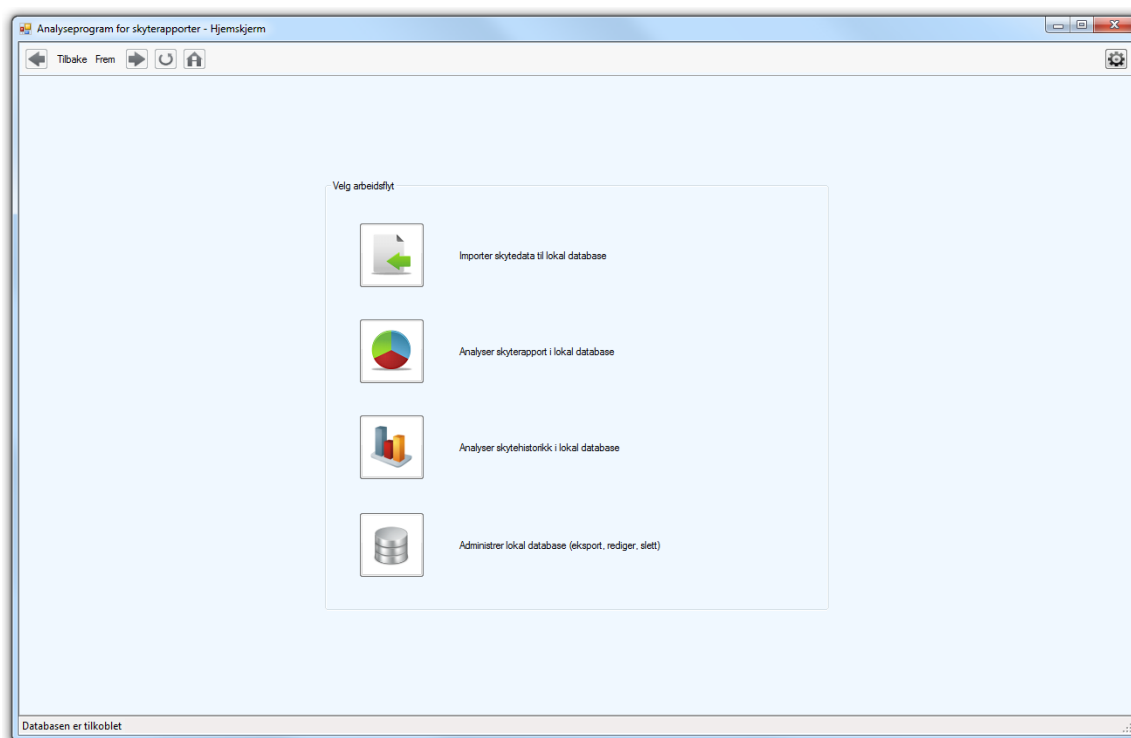
Figur 4.2 Skrivebord med snarveier til de ferdig installerte rapporterings- og analyseprogrammene.

4.2 Oppstart og hjemskjerm

Når ArtAn startes, vil det klargjøre alle skytedata i den lokale databasen for analyse. Dersom det er en større mengde skytedata i databasen, kan dette ta noen sekunder. Etter oppstart vises hjemskjermen (Figur 4.3). Fra denne velges en arbeidsflyt som inneholder en rekke skjermbilder som brukeren navigerer seg gjennom. ArtAn inneholder fire arbeidsflyter:

1. Importér skytedata til lokal database.
2. Analysér skyterapport i lokal database.
3. Analysér skytehistorikk i lokal database.
4. Administrer lokal database (eksport, rediger, slett).

Brukeren velger arbeidsflyt ved å trykke på knappene ved siden av teksten. Alternativt kan brukeren trykke på verktøymenyen (hjulet) øverst til høyre. Øverst til venstre er det fire knapper som alltid er tilgjengelig for brukeren. Naviger tilbake, naviger frem, tilbakestill skjema og tilbake til hjemskjerm. Når brukeren trykker på «tilbake til hjemskjerm», vil arbeidsflyten ikke tilbakestilles. Brukeren kan dermed arbeide med flere av arbeidsflytene i parallell, men kun med en utgave av samme type arbeidsflyt.



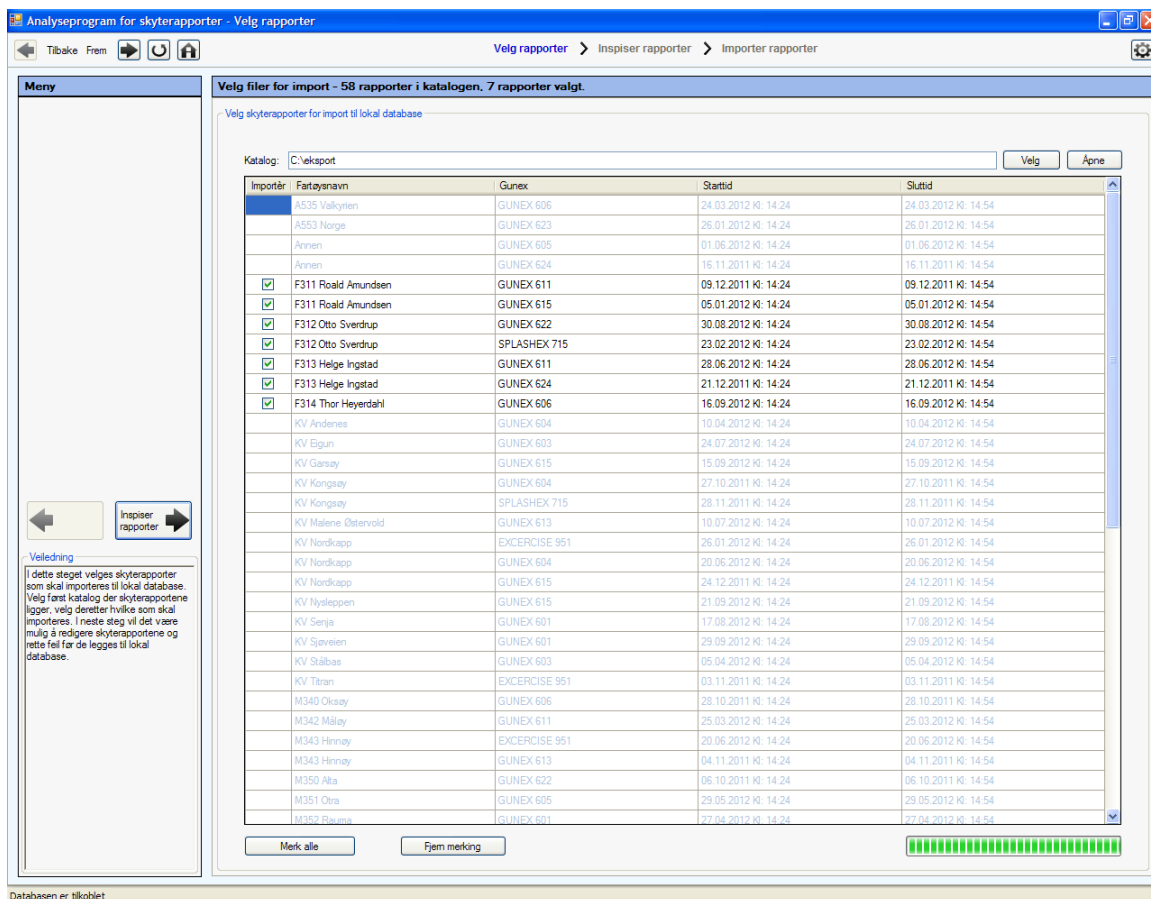
Figur 4.3 Hjemskjerm. Fra denne velges arbeidsflyt.

4.3 Arbeidsflyter

I dette avsnittet beskrives de ulike arbeidsflytene i detalj.

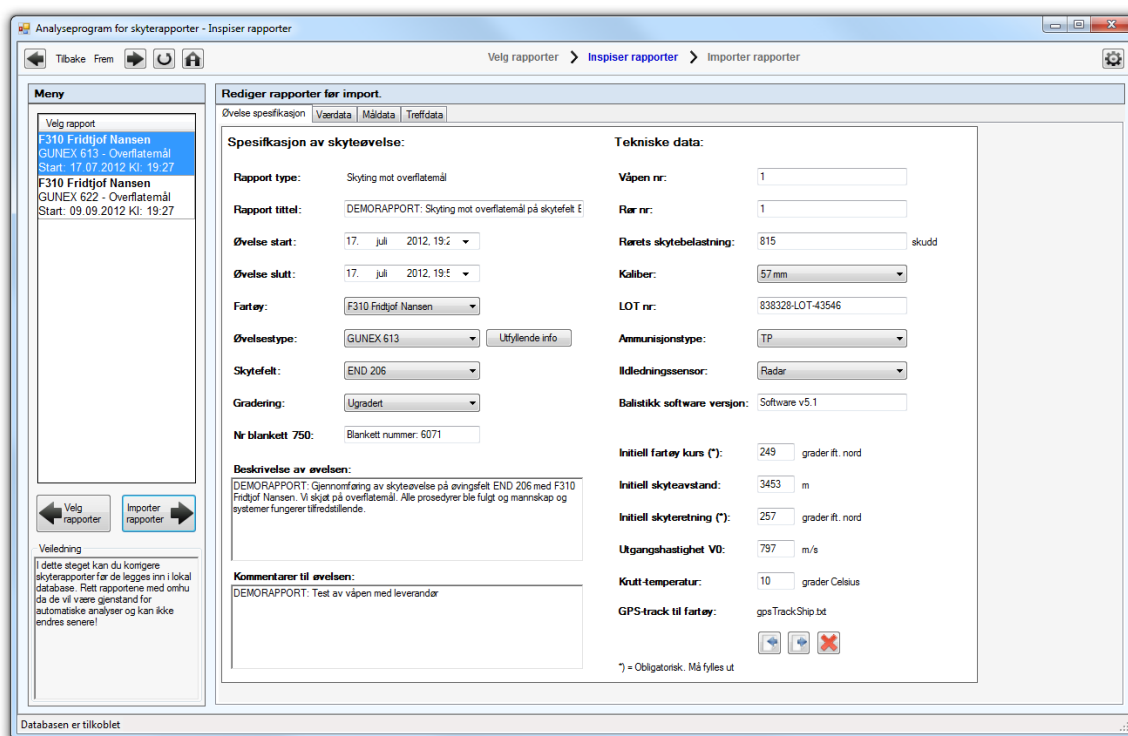
4.3.1 Import av skytedata

Etter at brukeren har mottatt skyterapporter på fil skal arbeidsflyt for import av skytedata velges for å legge skytedata inn i lokal database. Arbeidsflyten starter med skjermbildet i Figur 4.4. I dette steget velges først katalogen med skyterapportene som ønskes importert. Deretter må «Åpne» knappen trykkes for å lese disse inn. I tabellen under vises skyterapportene som er lest inn fra den valgte katalogen. Dersom noen av rapportene allerede finnes i den lokale databasen, vil disse gråes ut og ikke være mulig å importere på nytt. Brukeren velger så hvilke rapporter i katalogen som skal importeres.

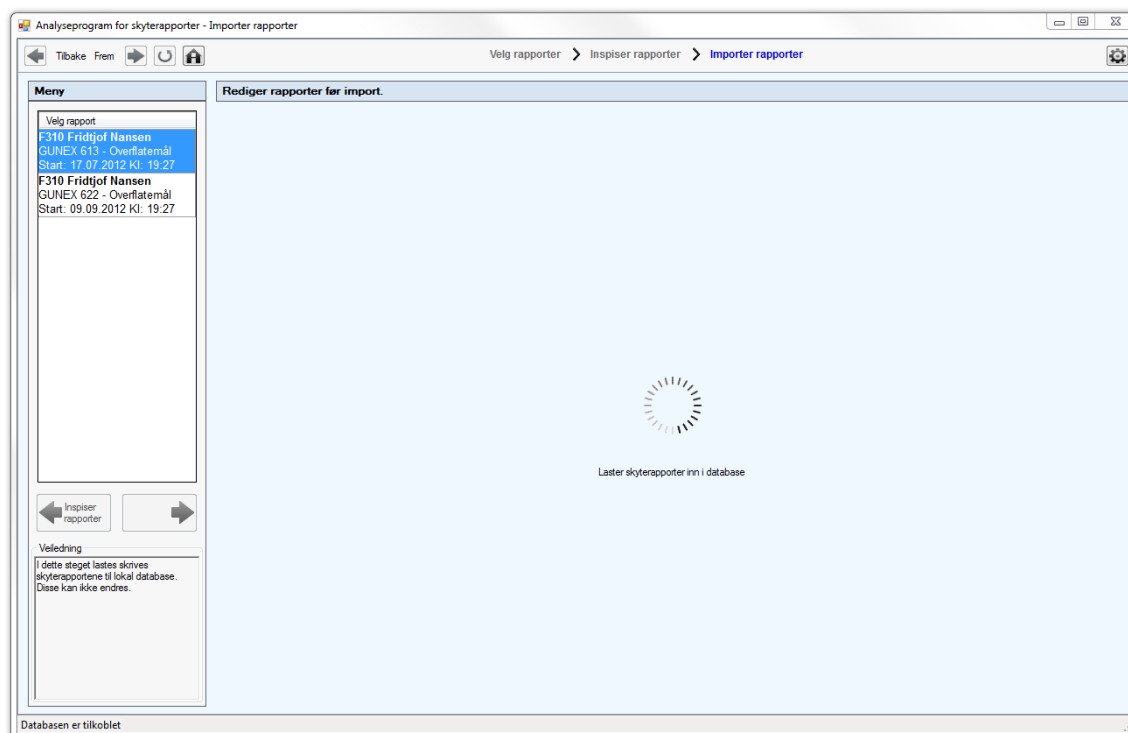


Figur 4.4 Skjerm bilde for valg av skyterapporter som skal inn i lokal database.

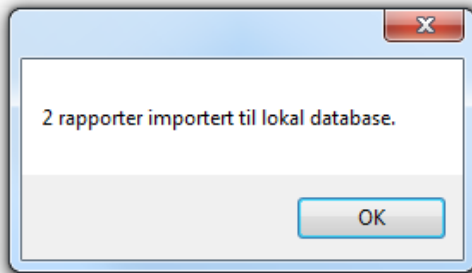
I neste steg i arbeidsflyten får brukeren mulighet til å inspisere dataene som er valgt for import. Her kan brukeren forsikre seg om at dataene inneholder korrekt informasjon og rette feil. I menyen på venstre side kan brukeren navigere mellom hvilke rapporter som vises i hovedfeltet. Når brukeren er fornøyd med resultatet kan han gå videre og importere rapportene for å legge disse inn i den lokale databasen. Hvis mange skyterapporter importeres på en gang kan dette ta noen sekunder og et skjermbilde som viser at importering foregår blir vist for brukeren (Figur 4.6). Når alle skyterapportene er importert, vil brukeren få en bekreftelse på dette ved hjelp av en melding (Figur 4.7). Til slutt nullstilles arbeidsflyten og programmet går tilbake til det første skjermbildet i arbeidsflyten.



Figur 4.5 Skjermbilde der brukeren kan inspisere data og rette feil før rapportene legges inn i lokal database.



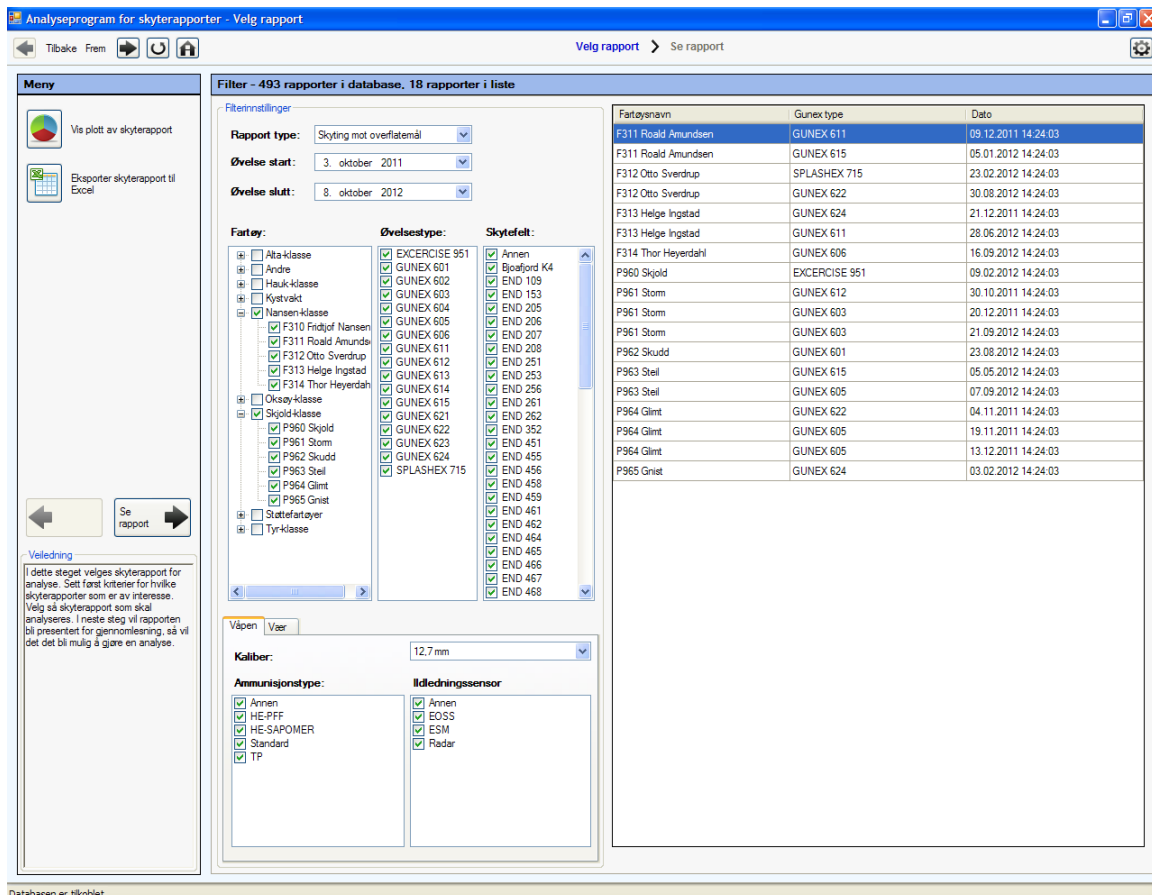
Figur 4.6 Skjermbilde som viser at det foregår importering av skyterapporter til databasen.



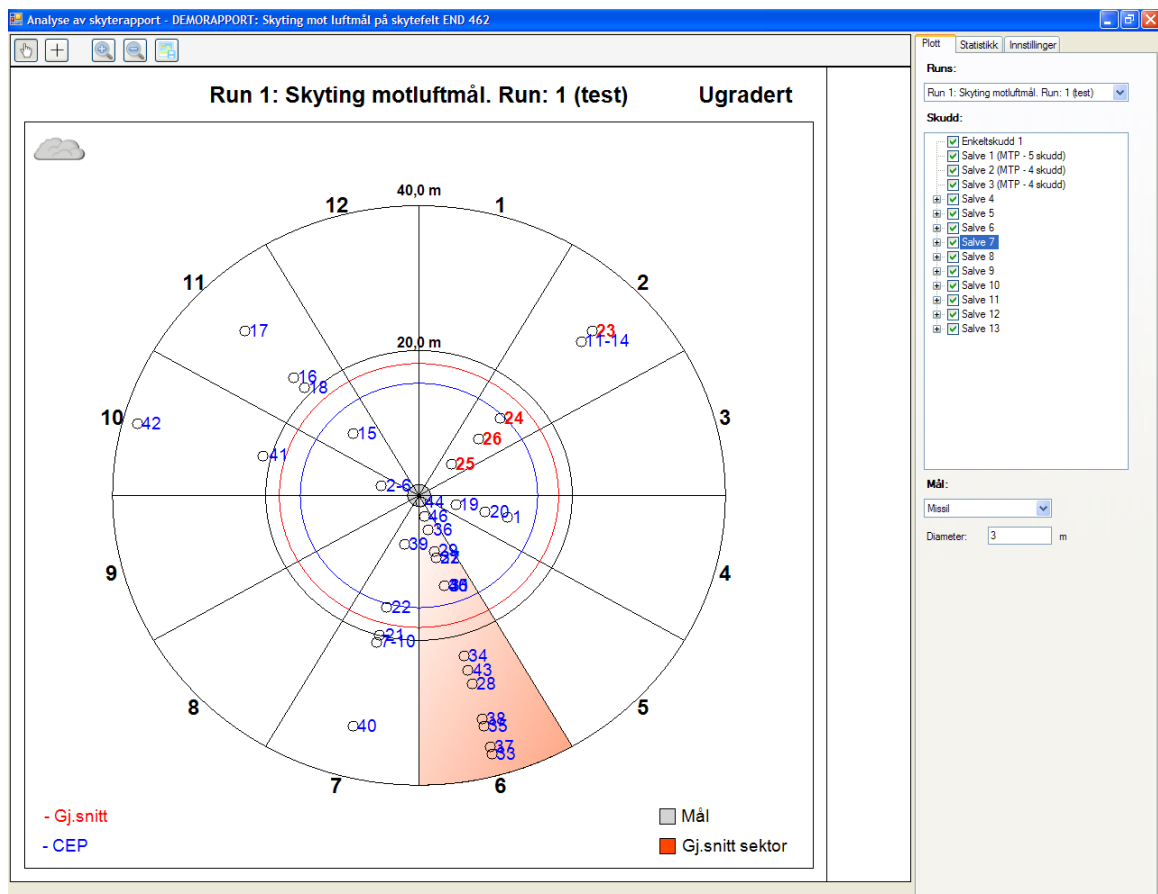
Figur 4.7 Bekreftelse på at importering av skyterapporter er fullført.

4.3.2 Analyse av enkeltrapper

Dersom brukeren ønsker å gjennomføre analyse av enkeltrapper velges arbeidsflyt for dette. I det første skjermbildet blir brukeren bedt om å velge parametere i et filter (Figur 4.8). Gjennom å endre parametere i filteret vil listen til høyre i skjermbildet kun vise rapporter som oppfyller kriteriene i filteret. Dette gjør det enkelt å søke i databasen etter ønsket rapport. Når brukeren har funnet en rapport som han ønsker å analysere kan han vise plott av skyterapporten og se på de spesifikke data for rapporten ved å trykke seg videre i arbeidsflyten. Figur 4.9 viser analyse av skyting på luftmål og Figur 4.10 viser analyse av overflatemål. Det er også mulig å eksportere skyterapporten til en Excel-fil.



Figur 4.8 Søk etter enkeltrapper ved hjelp av filterinstillinger.



Figur 4.9 Analyse av skyting på luftmål.

4.3.2.1 Analyse av skyting på luftmål

Skjerm bilde for analyse av enkeltrappor av skyting på luftmål er vist i Figur 4.9. I denne analysen vises et plott av et sektordiagram som viser hvor skuddene har blitt detektert i forhold til et tauet luftbårent instrumentert mål som detekterer skudd i 12 sektorer med en radius fra senter fra 0 - 40 meter.

I overkant av plottet er det fem knapper som kan benyttes i tilknytning til plottet. De fire første er relatert til navigering i plottet. Den første fra venstre muliggjør panorering i plottet, den andre muliggjør å forstørre et egendefinert utsnitt, den tredje forstørrer innholdet i plottet og den fjerde forminsker innholdet i plottet. Ved hjelp av den femte knappen kan man lagre plottet som bilde i valgfritt format. Ved å høyreklikke i plottet får man opp en meny hvor man i tillegg til overnevnte også kan tilbakestille plottet eller velge å skrive det ut på valgfri skriver.

Plottet viser treffdata med statistikk for valgt run i skyterapporten. Alle skudd er plassert i et sektordiagram nummerert løpende i den rekkefølgen de ble skutt i runet. I tillegg vises CEP¹, gjennomsnittlig radius og gjennomsnittlig sektor for alle skuddene i runet. Øverst i venstre hjørnet av plottet vises et vær ikon med værtypen som ble angitt i skyterapporten.

¹ Circular Error Probability. 50% av de observerte verdiene er innenfor CEP.

Menyen til høyre for plottet består av tre faner. I den første kan man velge hvilket run som skal analyseres. Alle skudd og salver vises i en trestruktur i den rekkefølgen de ble skutt i runet. I motsetning til i plottet nummereres enkeltskudd og salver hver for seg i den rekkefølgen de ble skutt. På samme måte gis skuddene i en salve et nummer ut fra den rekkefølgen de ble skutt i salven. Første skudd i salven gis nummer 1, neste nummer 2 osv.. Ved å benytte avkrysningsboksene kan man bestemme hvilke skudd og salver som vises i plottet. Ved å velge et skudd eller salve i trestrukturen vil denne bli uthevet i plottet.

Ved hjelp av nedtrekksmenyen nederst kan man angi tre forskjellige målstørrelser (fly, missil og et egendefinert mål) som visualiseres som en grå sirkel i senter av plottet. Ved hjelp av tekstboksen under kan man justere størrelsen til målet ved å skrive inn ønsket diameter.

Statistikk-fanen viser en tabell med statistikk for alle treffdataene i valgt run. For hvert skudd og hver salve vises treffprosent i forhold til angitt mål, CEP og antall skudd i hver sektor. De samme verdiene oppgis også samlet for hele runet.

Innstillinger-fanen gir brukeren mulighet til å velge hva som skal visualiseres i plottet. Brukeren kan slå av og på følgende elementer:

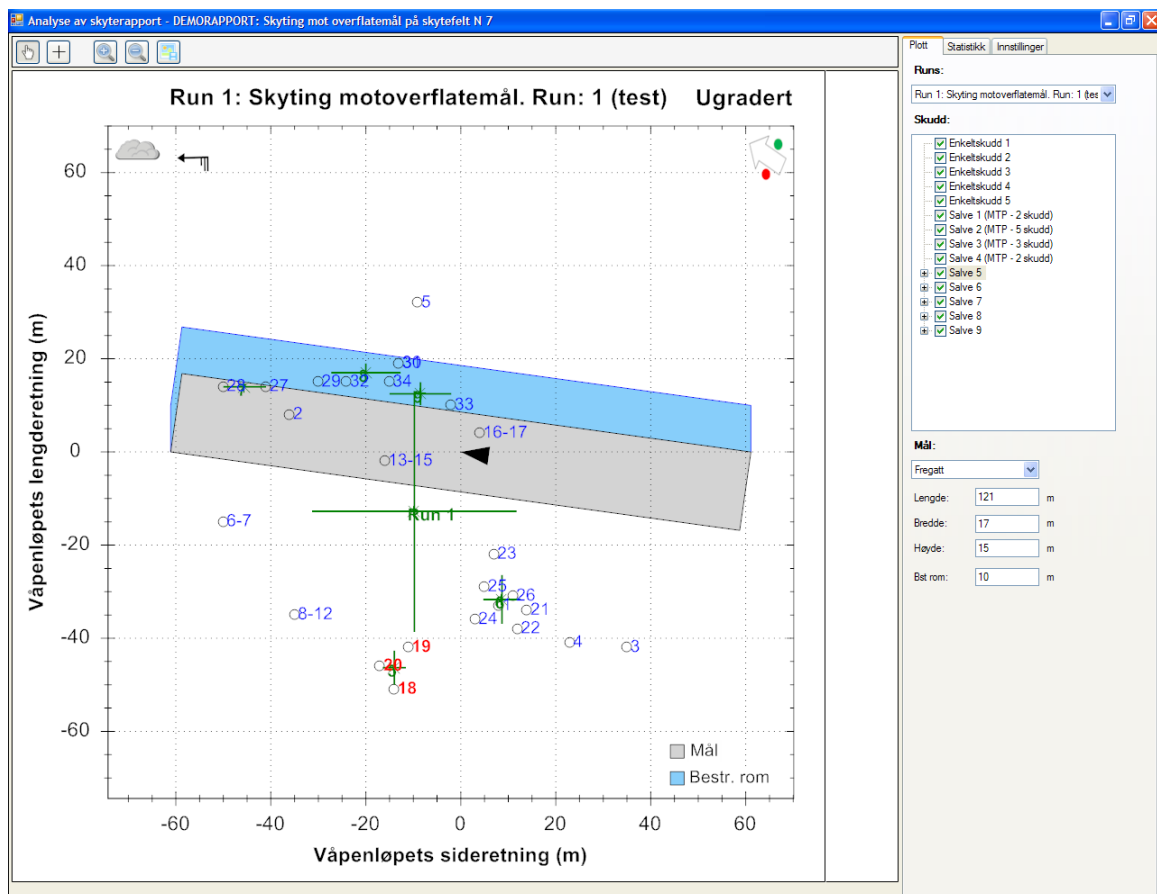
- Skudd
- Mål
- Værdata
- Statistikk
- Etiketter

Denne fanen gjør at brukeren kan tilpasse innholdet i plottet til ulike anvendelser eller presentasjoner av data. I de tilfellene det er så mye data i plottet at visualiseringen av elementene blir tett og uoversiktlig kan dette også brukes til å redusere mengden informasjon i plottet.

4.3.2.2 Analyse av skyting på sjø- og landmål (bombardering)

Skjerm bilde for analyse av enkeltrapporter av skyting på sjø- og landmål er vist i Figur 4.10 under. Under analyse av skyting på sjø- og landmål vises et plott sett ovenfra i forhold til målet. Skyteretningen er alltid angitt nedenfra og opp i plottet. Y-aksen representerer skuddenes nedslag i lengderetningen og x-aksen representerer skuddenes nedslag i sideretningen. Målet er plassert i senter av plottet og vises med kurs eller retning relativt til skyteretningen. Alle skuddene plasseres relativt til målet. Skytende fartøy, avstanden mellom målet og våpen vises ikke.

Som i analyse av luftmål kan man til høyre for plottet velge skuddene som skal vises og definere målets utstrekning. I tillegg kan man angi et bestrøket rom som visualiseres som et lyseblått område over målet. Bestrøket rom er en metode for å beskrive den vertikale utstrekningen til målet i et todimensjonalt plan. Dette for å vise at dersom skuddet treffer bak målet, men innenfor det bestrøkte rom, så ville skuddet ha truffet deler av den vertikale utstrekningen til målet.



Figur 4.10 Analyse av skyting på land- eller sjøsmål.

I tillegg til mål og skudd visualiseres også middel treffpunkt og standardavvik som et kryss for hver salve og samlet for alle skuddene i runet. I den andre fanen til høyre for plottet vises en tabell med statistikk for disse i tillegg til en treffprosent i forhold til angitt mål inkludert bestrøket rom hvis dette er angitt. Øverst til venstre i plottet vises en vind-pil med vindretning og vindstyrke. Øverst til høyre vises en pil som angir fartøyets kurs. Retningen på begge pilene er relativ til skyteretningen. I den tredje fanen kan følgende elementer i plottet slås av og på:

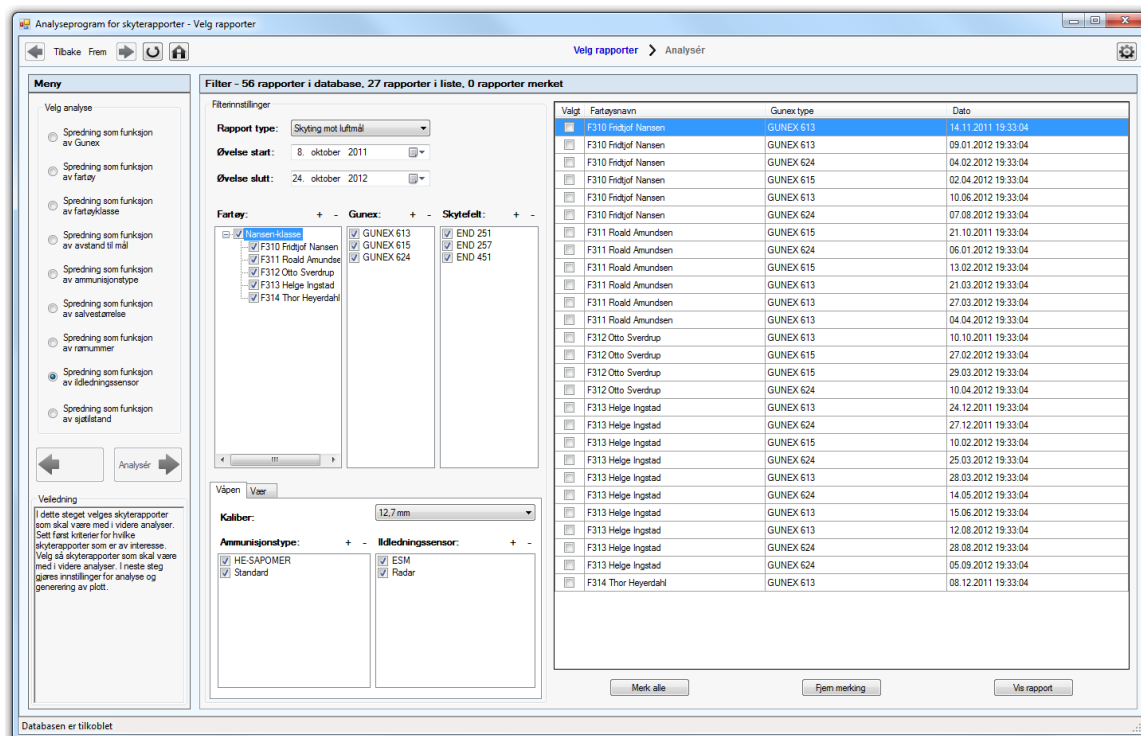
- Skudd nedslag
- Mål
- Bestrøket rom
- Værdata
- Fartøy kurs
- Statistikk
- Etiketter
- Rutenett

4.3.3 Analyse av historiske data

Dersom brukeren ønsker å gjøre analyser av skytedata over et tidsrom eller gjøre nærmere komparative studier mellom skyterapporter, velges arbeidsflyt for analyse av historiske data. I det første skjermbildet velges parametere i filteret slik at kun rapporter som er relevante for analysen

vises i listen til høyre (Figur 4.11). Deretter gjør brukeren en nærmere vurdering av hvilke rapporter som er relevante for analysen ved å se gjennom rapportene. Dette kan gjøres ved å velge en rapport i listen og trykke på knappen merket “Vis rapport” nederst til høyre. Deretter merkes rapportene som skal være med i analysen ved å benytte avkrysningsboksene. I menyen til venstre velges hvilken analyse som ønskes gjennomført. Ni ulike analyser kan utføres:

1. Spredning som funksjon av gunex
2. Spredning som funksjon av fartøy
3. Spredning som funksjon av fartøysklasse
4. Spredning som funksjon av avstand til mål
5. Spredning som funksjon av ammunisjonstype
6. Spredning som funksjon av salvestørrelse
7. Spredning som funksjon av rørnummer
8. Spredning som funksjon av ildledningssensor
9. Spredning som funksjon av sjøtilstand



Figur 4.11 Søk etter rapporter som oppfyller søkekriteriene satt i filteret.

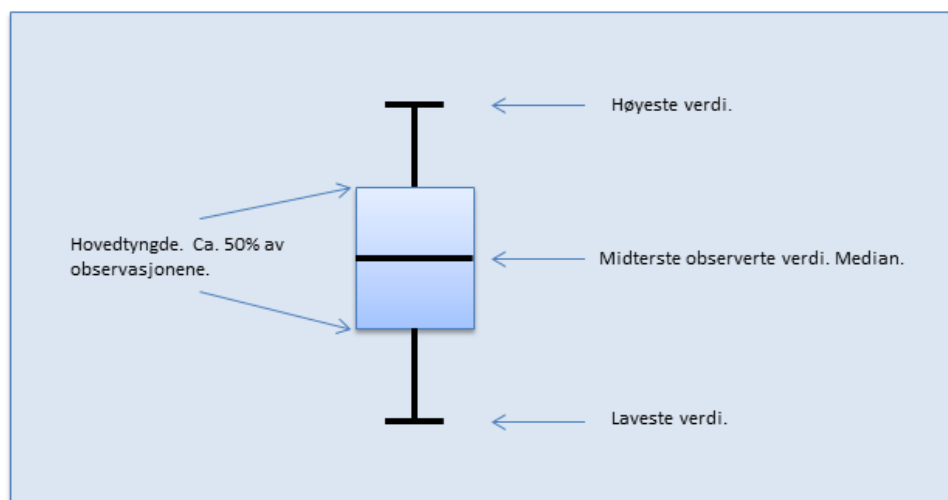
Alle disse analysene kan gjøres for skyting på luft-, sjø-, og landmål. Brukeren trykker på knappen «Analysér» i venstre meny for å gå videre i analysen. Alle analysene kan eksporteres til Excel i neste steg. Skjermbildet som viser resultattabellen og grafene kan snus ved å trykke på knappen for å veksle mellom horisontal og vertikal visning i venstre meny (eksempel i Figur 4.13). Dette for å utnytte plassen på brede skjermer bedre eller hvis man ønsker å strekke ut analyseprogrammets vindu over to skjermer. Det er mulig å justere avstanden mellom

resultattabellen og plottene ved å trykke venstre museknapp ned i mellomrommet mellom de to visuelle elementene og trekke musen oppover eller nedover.

4.3.3.1 Analyse av skyting på luftmål

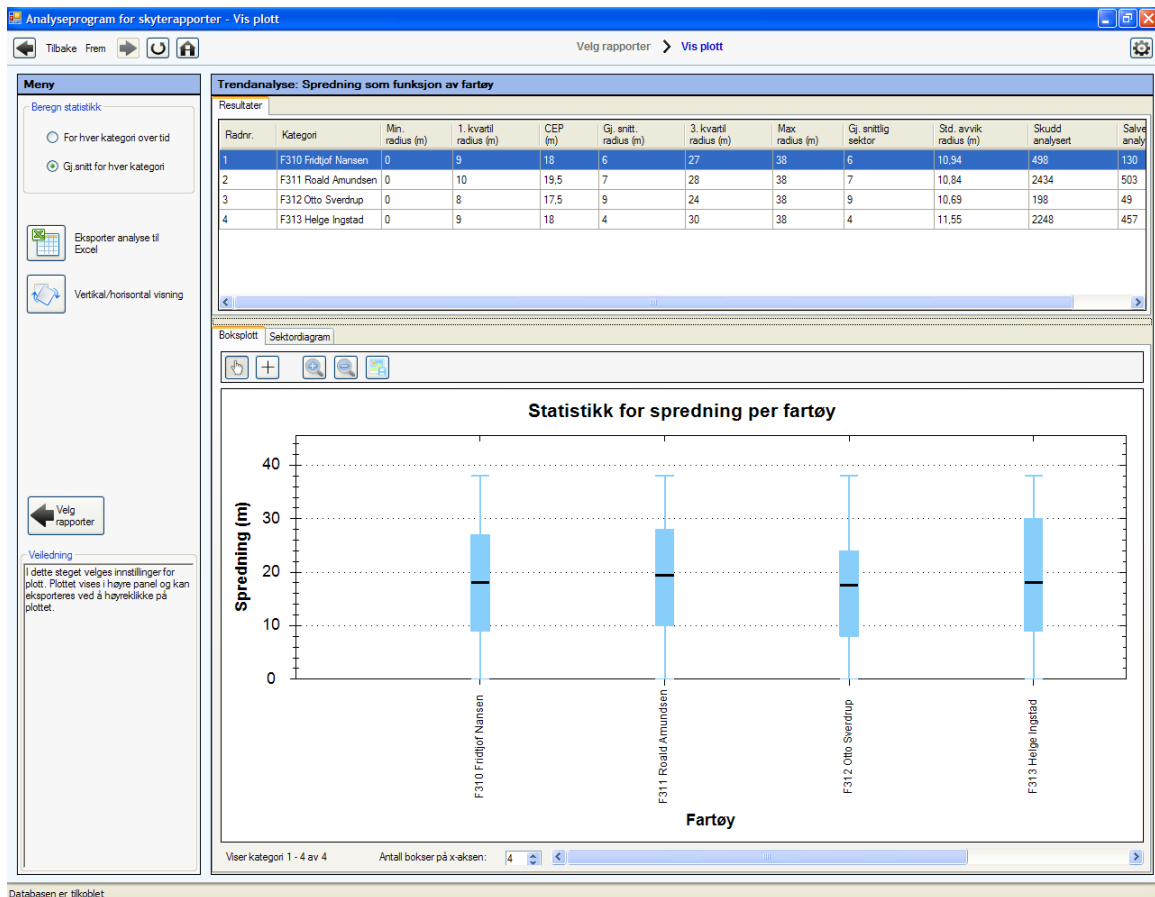
Ved analyse av luftmål får brukeren to valg i venstre meny. Det er mulig å gjøre en analyse av hver rapport og innenfor hver rapport gjøre en analyse av alle salver og skudd i henhold til valgt analyse. Resultatoversikten vil da vise statistikk for hver rapport over tid innenfor tidsintervallet som ble valgt i filteret. Brukeren kan også velge å gjennomføre analysen ved å beregne et gjennomsnitt for hver kategori. Kategori gjenspeiler analysetypen som er valgt (gunex, fartøy, avstand til mål osv.). Statistikken beregnes da for alle skudd og salver som kan knyttes til en bestemt kategori. Det gjøres her ingen relasjon til enkelrapporter eller utvikling over tid. En nærmere beskrivelse av hvordan statistikken beregnes er gitt i kapittel 5.

For skyting på luftmål visualiseres statistikken i et boksplott (Figur 4.13) og et sektordiagram (Figur 4.15). Boksplott er grafer hvor hver boks gjengir fordelingen til en kategori (Figur 4.12). Hovedtyngden visualiseres ved en boks. Innenfor denne ligger ca. 50 % av spredningen, dvs. den visualiserer alt mellom første og tredje kvartil. Medianen er den midterste observerte verdien i en sortert rekke. Denne vises som en linje midterst i plottet og er en verdi som gir en sentral tendens som ikke er like mottakelig for skjeve fordelinger i svar som f.eks. et gjennomsnitt ville vært. I tillegg vises høyeste og laveste verdi registrert som tykke streker øverst og nederst.



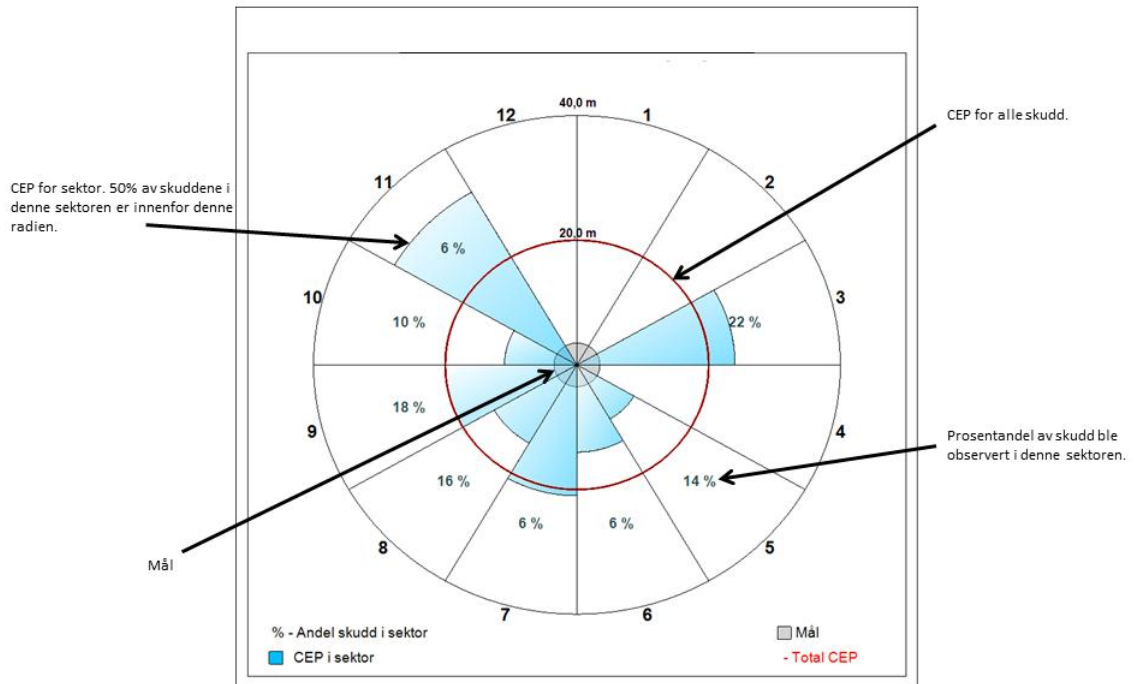
Figur 4.12 Forklaring av boksplott.

Det er mulig å navigere i boksplottet ved hjelp av navigasjonsmenyene over boksplottet. Knappene fungerer på samme måte som for analyse av enkelrapport, men det er ikke mulig å zoome langs x-aksen. For å velge hvilke kategorier og hvor mange kategorier som vises til enhver tid må en benytte kontrollene under boksplottet. Der kan en velge hvor mange kategorier som vises, og ved hjelp av heisen i den horisontale rullerjakten kan brukeren panorere plottet sidelengs. Boksplottet viser spredning (radius) fra senter av målet.

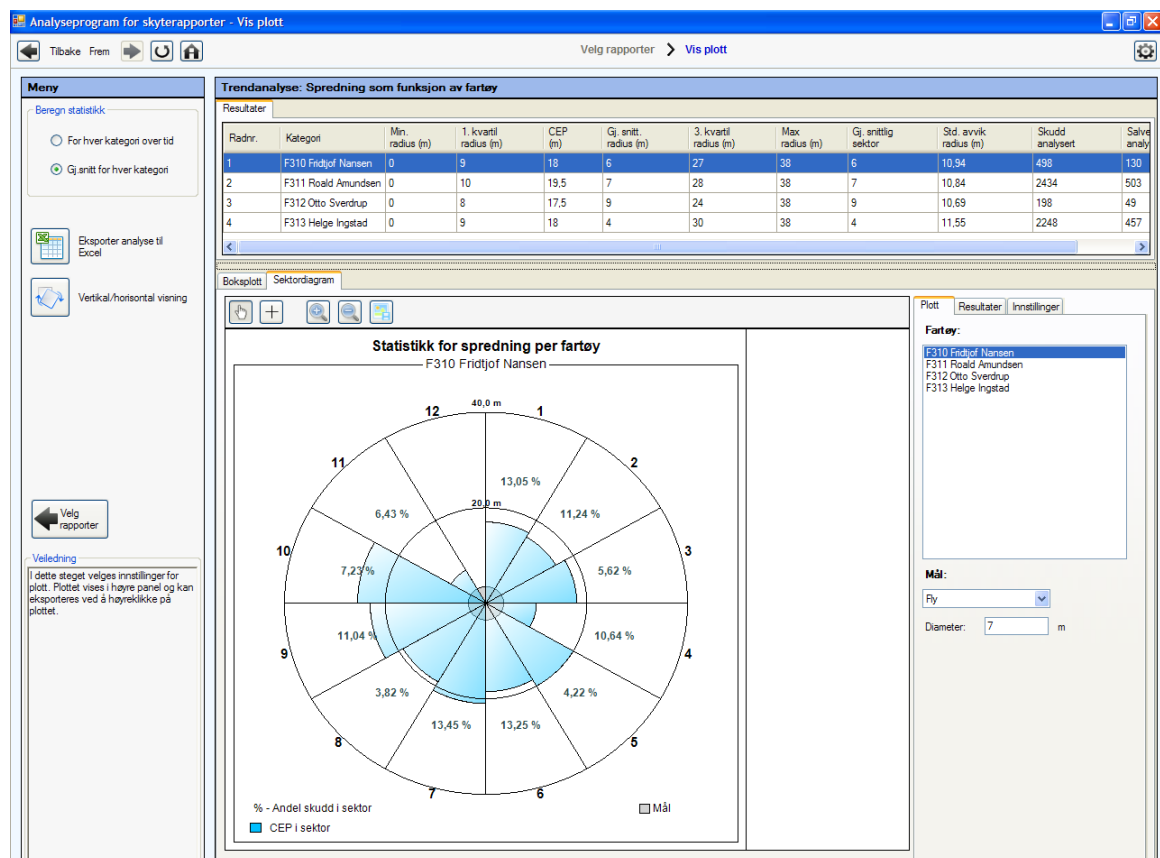


Figur 4.13 Analyse av skyting på luftmål. Resultatene er vist ved hjelp av boksploott.

Sektordiagrammet angir CEP for hver sektor, andel skudd i sektor, total CEP og et egendefinert mål (Figur 4.14). Sektordiagrammet kan bare vise en kategori om gangen. Kategori og måltipe velges i den første fanen i menyen til høyre (Figur 4.15). I statistikkfanen vises tallverdier for statistikken i plottet. I innstillingsfanen kan brukeren velge om målet, statistikken og/eller statistikk skal vises i sektordiagrammet.



Figur 4.14 Forklaring på sektordiagram.



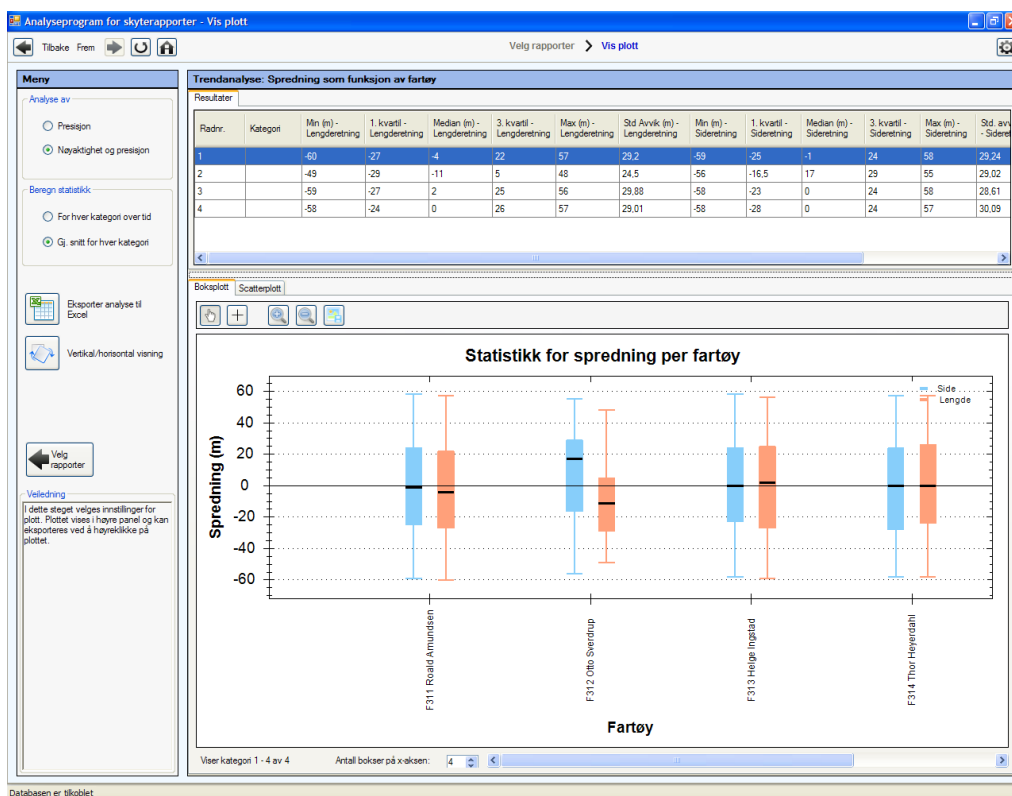
Figur 4.15 Analyse av skyting på luftmål. Resultatene er her vist ved hjelp av et sektordiagram.

4.3.3.2 Analyse av skyting på land- og sjøsmål

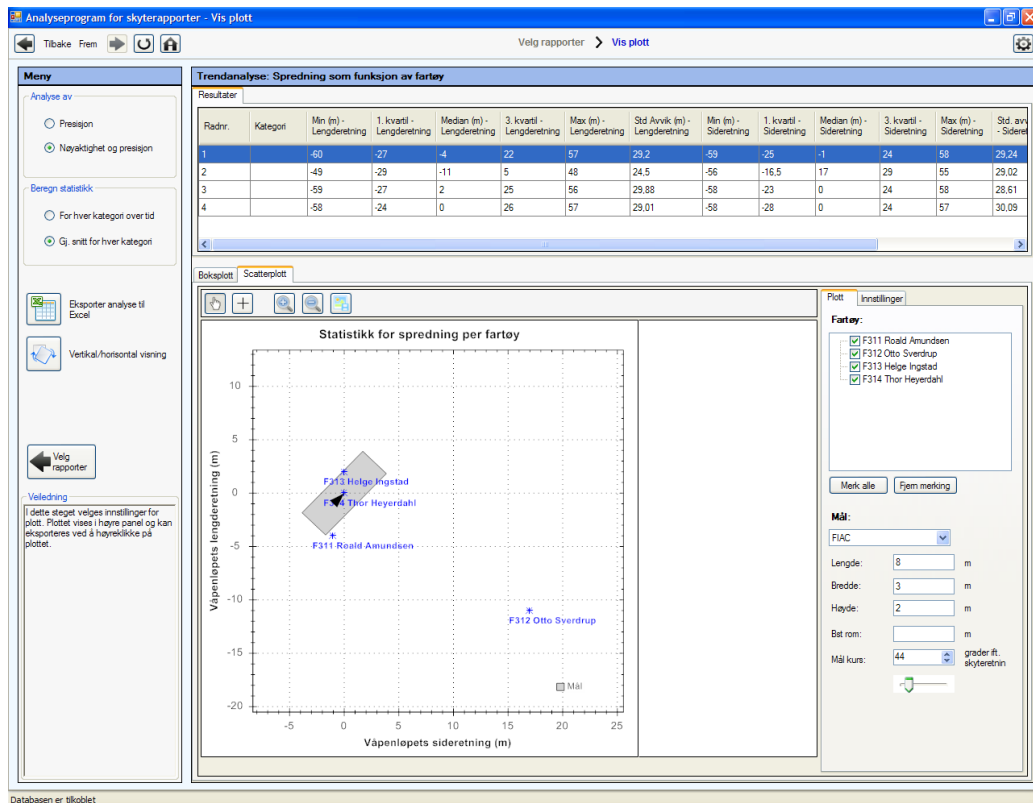
For skyting på land- og sjøsmål visualiseres et boksplokk for både lengde- og sideretning (Figur 4.16). I tillegg vises det et scatterplott som viser de samme dataene vist fra et fugleperspektiv i forhold til et mål. I den høyre menyen i scatterplottet kan brukeren velge hvilke kategorier som vises, samt parametere for målet (Figur 4.17).

Det er også mulig å velge innstillinger for hvilken informasjon som skal vises i scatter-plottet. En interessant parameter som kan skrues på er «Statistikk – Skuddkonturer». Når denne er valgt vil det være mulig å se hvor nedslag har blitt observert i plottet. Fargen på nedslaget varierer ettersom hvor mange nedslag som har blitt observert i innenfor en kvadratmeter (Figur 4.18).

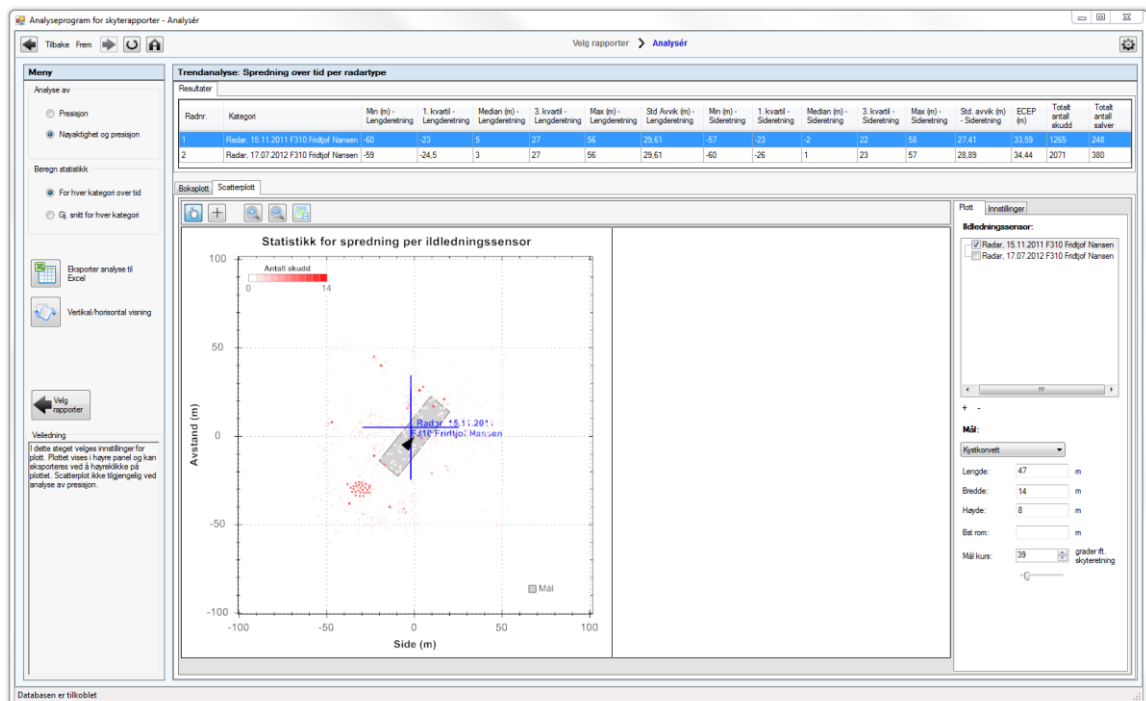
I analyse av land- og sjøsmål kan en også velge mellom analyse av «presisjon» og «nøyaktighet og presisjon». En nærmere beskrivelse av forskjellen mellom disse analysene finnes i kapittel 5.



Figur 4.16 Analyse av skyting på land- og sjøsmål. Resultatene er vist ved hjelp av et boksplokk.



Figur 4.17 Analyse av skyting på land- og sjømål. Resultatene er vist ved hjelp av et scatterplott.



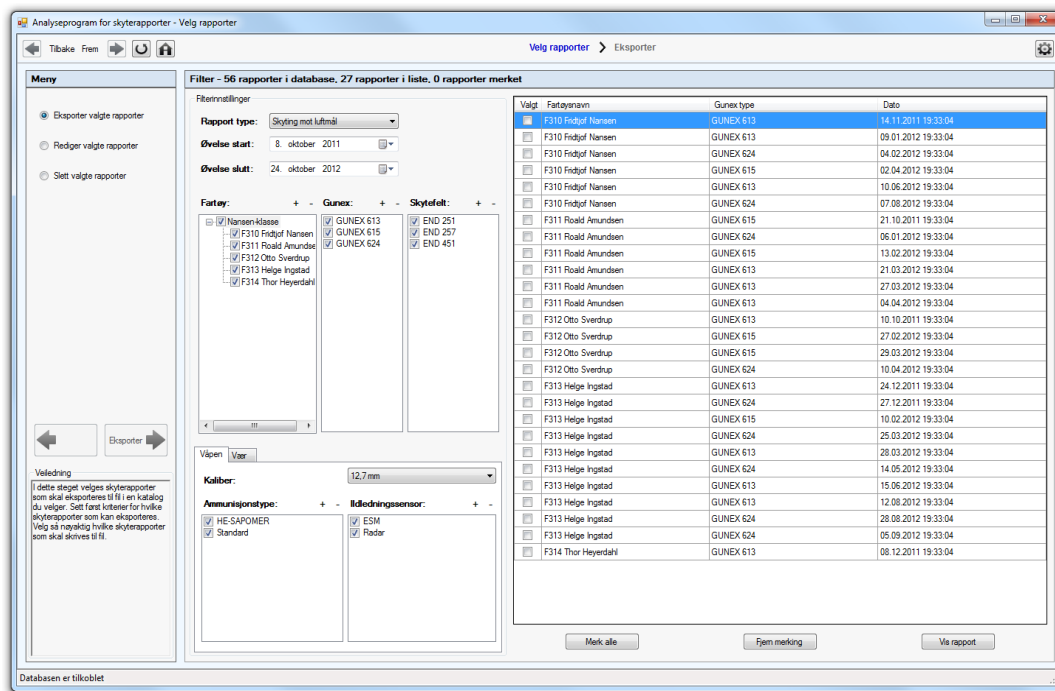
Figur 4.18 Det er mulig å legge på skuddkonturer på scatterplott. Da vil man kunne se tendenser for nedslagspunkter visuelt.

4.3.4 Administrer lokal database (eksport, rediger, slett)

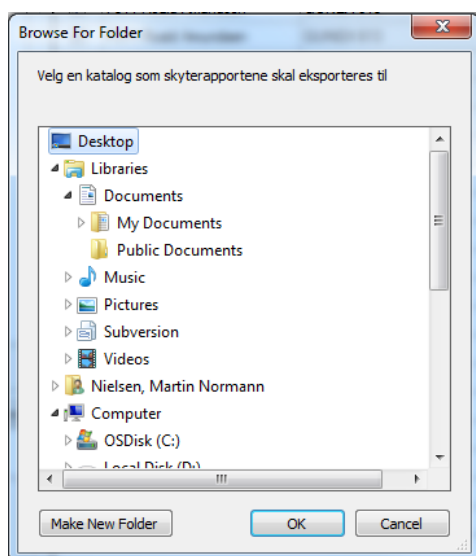
Dersom brukeren ønsker å endre innholdet i den lokale databasen eller å eksportere data benyttes arbeidsflyt for administrasjon av lokal database. Fra denne arbeidsflyten velges først ønsket aktivitet. Brukeren kan velge mellom:

- Eksporter valgte rapporter.
- Rediger valgte rapporter.
- Slett valgte rapporter.

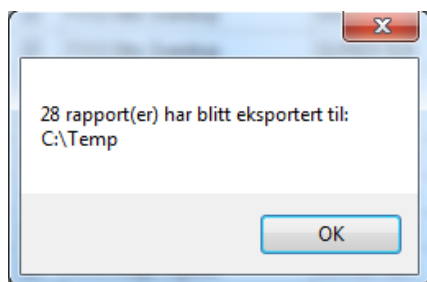
Deretter velges parametere til filteret slik at ønskede rapporter vises i listen til høyre (Figur 4.19). Brukeren kan se på rapporter ved å velge rapport i listen og trykke på «vis rapport» knappen nederst til høyre. Brukeren velger hvilke rapporter som skal slettes, redigeres eller eksporteres ved å huke av i listen. Ved å gå videre i aktivitet for «Eksporter valgte rapporter» får brukeren opp en meny for å velge hvor skyterapportene skal lagres (Figur 4.20). Når rapportene er eksportert får brukeren informasjon om hvor rapportene er lagt og hvor mange rapporter som ble eksportert (Figur 4.21). Ved å gå videre i aktivitet for «Slett valgte rapporter» får brukeren spørsmål om hun er sikker, så slettes de valgte rapportene dersom brukeren trykker ok. Ved å gå videre i aktivitet for «Rediger valgte rapporter» går brukeren videre inn i en arbeidsflyt som likner på den vist i kapittel 4.3.1 - Import av skytedata.



Figur 4.19 Filterinnstillinger for valg av rapporter for eksport.



Figur 4.20 Dialog for å velge en katalog hvor skyterapporter skal eksporteres.



Figur 4.21 Bekreftelse på at eksport av rapporter var vellykket.

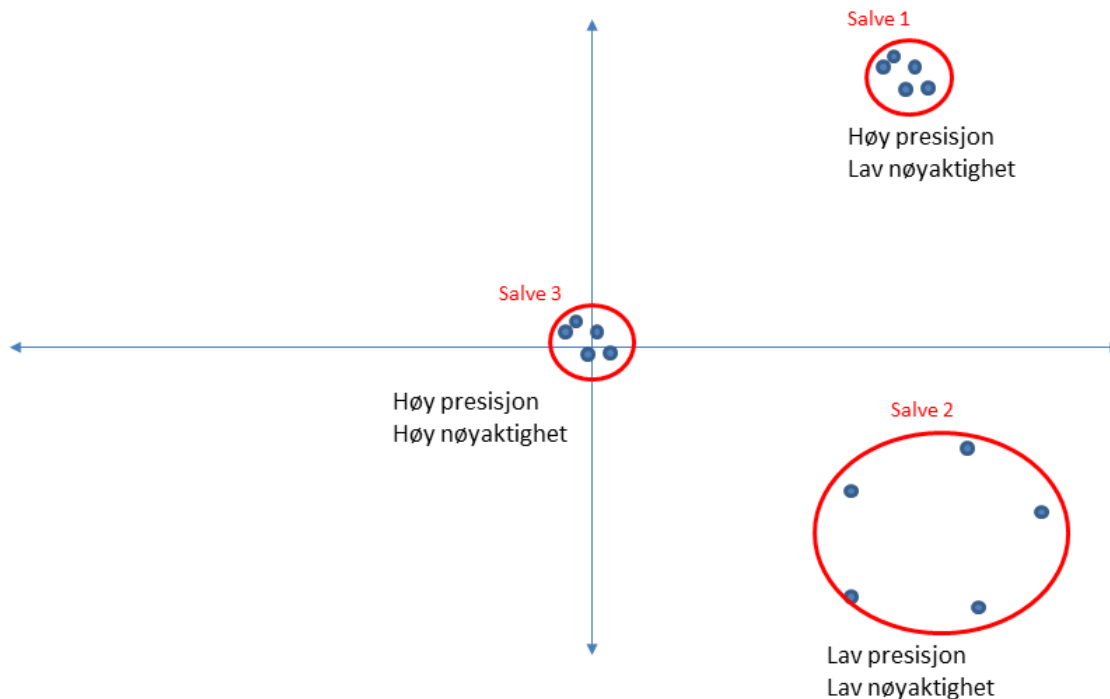
4.4 Lagring og sikkerhetskopiering av data

Alle skyterapporter lagres i en database som er lagt til katalogen db der analyseprogrammet ble installert. Standard filbane er C:\Program Files\FFI\GunAnalysisProgram\. Sikkerhetskopiering gjøres ved å ta kopi av db-katalogen. Alle skyterapportfilene er lagret i XML-format. Det er anbefalt å komprimere dataene under sikkerhetskopiering da dette vil redusere sikkerhetskopiens størrelse betraktelig.

5 Beregning av statistikk

5.1 Forskjell mellom «presisjon» og «presisjon og nøyaktighet»

For analyse av land- og sjømål er det mulig å gjennomføre analyse av «presisjon» og analyse av «presisjon og nøyaktighet». Under analyse av «presisjon og nøyaktighet» beregnes statistikken med bakgrunn i bomavstand fra senter av målet. Under analyse av «presisjon» beregnes statistikken med bakgrunn i bomavstand fra salvens middeltreffpunkt. Forskjellen vises i Figur 5.1. For luftmål er det bare mulig å analysere «presisjon og nøyaktighet».



Figur 5.1 Under analyse av presisjon og nøyaktighet beregnes statistikken med bakgrunn i bomavstand. Under analyse av presisjon beregnes statistikken med bakgrunn i bomavstand fra salvens midttreffpunkt.

5.1.1 Estimering av presisjon og nøyaktighet

Formelen [3] for å estimere den totale spredningen (inkluderer både nøyaktighet og presisjon) er basert på enkeltskudd og/eller målinger av midttreffpunkt når man kjenner antall skudd (s) som midttreffpunktet er basert på.

Estimatet $\hat{\sigma}^2$ vekter hvert enkelt midttreffpunkt x_i med antall skudd n_i , og normaliseres ved å dele på antall midttreffpunkter $- 1$, det vil si $(s - 1)$. Den totale middelværdien \bar{x} finnes på vanlig måte som middelværdien av alle dataene. Det er ikke nødvendigvis det beste estimatet, men det skal være forventningsrett. I følge testing er det bedre enn å vekte med for eksempel n_i^2 [3].

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{s - 1} \sum_{k=1}^s n_i (x_i - \bar{x})^2$$

5.1.2 Estimering av presisjon

Utleddning av formel for spredningsestimator og tilhørende konfidensintervall er hentet fra [4]. Med forfatterens tillatelse er utledningen gjengitt i Appendix A.

5.1.3 Estimering av Equivalent Circular Error Probable

Dersom spredning er tilnærmet sirkulær, kan man bruke sirkulær sannsynlig feil [4]. Denne skrives som:

$$CEP = 0.8325 \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}$$

Der x og y er henholdsvis lengde- og sideretning. I analyseprogrammet benyttes betegnelsen Equivalent Circular Error Probable (ECEP) fordi σ_x og σ_y mest sannsynlig vil avvike fra hverandre. [4] anbefaler ikke å beregne ECEP dersom forholdet mellom σ_x og σ_y er større enn 1:2. I analyseprogrammet vil teksten "Bør ikke anvendes" vises i kolonnen for ECEP dersom forholdet er større.

5.2 Beregning av statistikk over tid eller som gjennomsnitt per kategori

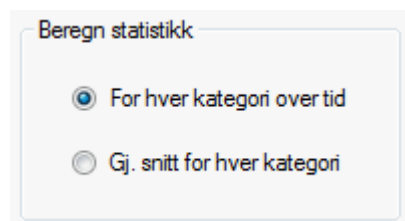
Under analyse av historiske data er det mulig å velge mellom å beregne statistikk «For hver kategori over tid» og «Gjennomsnitt for hver kategori» (se Figur 5.2). Algoritmen for analyse av spredning som funksjon av ildledningssensor eksemplifiserer forskjellen mellom de to måtene å beregne statistikk.

Algoritme for analyse av hver kategori over tid

- Ta neste skyterapport som skal analyseres:
 - Lag liste over ildledningssensorer benyttet i skyterapporten.
 - For hver ildledningssensor i listen:
 - Beregn statistikk for hver salve og enkeltskudd med samme ildledningssensor i skyterapporten.
 - Opprett en kategori med statistikk. Navnet på kategorien består av navn på ildledningssensor, dato og fartøysnavn.

Algoritme for analyse av gjennomsnitt for hver kategori

- Lag liste over ildledningssensorer som er benyttet.
- For hver ildledningssensor i listen:
 - Beregn statistikk for hver salve og enkeltskudd med same ildledningssensor blant alle salver og enkeltskudd, uavhengig av skyterapport.
 - Opprett en kategori med statistikk. Navnet på kategorien består av navn på ildledningssensor.



Figur 5.2 Meny for å velge om statistikk skal beregnes over tid eller som gjennomsnitt per kategori.

5.3 Andre forhold

Det er viktig å legge merke til at i analyse av spredning som funksjon av avstand til mål for luftmål gjøres det ikke analyse per salve. Alle skudd vurderes under ett per kategori. Dette pga. at skudd innenfor en salve kan havne i forskjellige avstandskategorier. Det gir et bedre resultat å dele opp disse. I resultatvisningen vil dette vises som N/A i kolonnen for antall salver analysert. I analyse av skyting på land- og sjømål baseres avstand til mål på det første skuddet i salven. Dette gjøres for å kunne analysere presisjon.

6 Oppsummering

Systemutviklingsgruppen ved FFI har implementert et analyseverktøy for skyteøvelser i Sjøforsvaret. Denne rapporten dokumenterer hvordan verktøyet skal installeres, hvordan det er tenkt benyttet og hvordan statistikken beregnes.

Forkortelser

C#	Programmeringsspråk
CD	Compact disk
CEP	Circular Error Probable
ECEP	Equivalent Circular Error Probable
FFI	Forsvarets forskningsinstitutt
FISBasis H/NS	Forsvarets høygraderte plattform
FLO	Forsvarets logistikkorganisasjon
Gunex	Skyteøvelse
.NET	En kjøretidsomgivelse og en samling teknologier rundt programvareutvikling på Microsofts Windows-baserte plattform
XML	eXtensive Markup Language

Referanser

- [1] J. Pedersen og M. N. Nielsen, "Brukerveiledning for ArtReg - Artilleri Registreringsverktøy for Sjøforsvarets skyteøvelser", Forsvarets forskningsinstitutt, FFI-rapport 2012/02105, (Nato Unclassified), Nov. 2012.
- [2] J. Pedersen og M. N. Nielsen, "Kravspesifikasjon til et system for rapportering og analyse av skyteøvelser i Sjøforsvaret", Forsvarets forskningsinstitutt, FFI-rapport 2012/02106, (Nato Unclassified), Nov. 2012.
- [3] "E-post: Formel for spredning". Personlig kommunikasjon fra Anders Rødningsby , datert 5. July 2012.
- [4] T. H. Risdal, H. K. Nygård, og A. Rødningsby, "Måling av spredning ved skyting med 81 mm bombekaster", Forsvarets forskningsinstitutt, FFI-rapport 2011/00967, (Begrenset), 2011.

Appendix A Utledning av formel for spredningsestimator og tilhørende konfidensintervall

Vi skal nå finne en estimator for spredningen (variansen) av den stokastiske variabelen \mathbf{X} på grunnlag av et datasett X av n målinger. Den stokastiske variabelen har ukjent forventningsverdi $\mu \triangleq E\{\mathbf{X}\}$ og varians $\sigma^2 \triangleq E\{(\mathbf{X} - \mu)^2\}$, men vi gjør til å begynne med ingen antagelser om hva slags sannsynlighetsfordeling \mathbf{X} har. Når vi i neste omgang skal definere et konfidensintervall for selve spredningen, vil vi anta at \mathbf{X} er normalfordelt.

Anta nå at datasettet X er gruppert i s sub-datasett hvor sub-datasett j inneholder k_j målinger

$$X = \left\{ \{x_{1,1}, x_{1,2}, \dots, x_{1,k_1}\}, \{x_{2,1}, x_{2,2}, \dots, x_{2,k_2}\}, \dots, \{x_{s,1}, x_{s,2}, \dots, x_{s,k_s}\} \right\} \quad (6.1)$$

hvor $n = \sum_{j=1}^s k_j$. Hvert av sub-datasettene har blitt utsatt for en konstant feil (bias), slik at forventningsverdien er lik innenfor et sub-datasett, men forskjellig for de ulike sub-datasettene $\{\mu + b_1, \mu + b_2, \dots, \mu + b_s\} = \{\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s\}$ hvor $\mu_i \neq \mu_j$. Dette påvirker ikke variansen σ^2 , som er lik for hele datasettet.

A.1 Middelerverdi

Middelerverdiene for de ulike sub-datasettene er:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{k_j} \sum_{i=1}^{k_j} x_{j,i} \quad (6.2)$$

hvor \bar{x}_j er forventningsrett, dvs. $E\{\bar{x}_j\} = \mu_j$.

A.2 Varians (spredning)

For å finne et forventningsrett estimat på variansen, starter vi med å se på summen av kvadrert avvik fra middelerverdiene

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} (x_{j,i} - \bar{x}_j)^2 &= \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} (x_{j,i}^2 - 2\bar{x}_j x_{j,i} + \bar{x}_j^2) \\ &= \sum_{j=1}^s \left\{ \sum_{i=1}^{k_j} x_{j,i}^2 - 2\bar{x}_j \sum_{i=1}^{k_j} x_{j,i} + k_j \bar{x}_j^2 \right\} \\ &= \sum_{j=1}^s \left\{ \sum_{i=1}^{k_j} x_{j,i}^2 - k_j \bar{x}_j^2 \right\} \end{aligned} \quad (6.3)$$

Forventningsverdien av uttrykket over er

$$\begin{aligned}
E \left\{ \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} (x_{j,i} - \bar{x}_j)^2 \right\} &= \sum_{j=1}^s \left\{ \sum_{i=1}^{k_j} E\{x_{j,i}^2\} - k_j E\{\bar{x}_j^2\} \right\} \\
&= \sum_{j=1}^s \left\{ \sum_{i=1}^{k_j} (\sigma^2 + \mu_j^2) - k_j \left(\frac{\sigma^2}{k_j} + \mu_j^2 \right) \right\} \\
&= \sum_{j=1}^s \{k_j \sigma^2 + k_j \mu_j^2 - \sigma^2 - k_j \mu_j^2\} \\
&= \sum_{j=1}^s \{(k_j - 1) \sigma^2\} = \left\{ \left(\sum_{j=1}^s k_j \right) - s \right\} \sigma^2 \\
&= (n - s) \sigma^2
\end{aligned} \tag{6.4}$$

hvor vi har benyttet at

$$\text{var}(x_{j,i}) = \sigma^2 = E\{x_{j,i}^2\} - \mu_j^2 \tag{6.5}$$

$$\text{var}(\bar{x}_j) = E\{\bar{x}_j^2\} - \mu_j^2 = \text{var} \left(\frac{1}{k_j} \sum_{i=1}^{k_j} x_{j,i} \right) = \frac{1}{k_j^2} \sum_{i=1}^{k_j} \text{var}(x_{j,i}) = \frac{\sigma^2}{k_j} \tag{6.6}$$

Videre kan (6.4) omskrives som

$$E \left\{ \frac{1}{n-s} \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} (x_{j,i} - \bar{x}_j)^2 \right\} = \sigma^2 \tag{6.7}$$

Dette betyr at den forventningsrette variansestimatoren til hele datasettet er gitt av

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-s} \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} (x_{j,i} - \bar{x}_j)^2 \tag{6.8}$$

A.3 Konfidensintervall

I dette avsnittet skal vi bestemme konfidensintervallet for variansestimaten $\hat{\sigma}^2$ i (6.8). For å få til dette, må vi gjøre en antagelse om selve sannsynlighetstetthetsfordelingen til den stokastiske variabelen \mathbf{X} vi ønsker å estimere variansen til. I mange tilfeller er det ut fra sentralgrenseteoremet ofte nærliggende å anta en normalfordeling siden en sum av mange uavhengige stokastiske variable, hver med endelig varians, oppfører seg som en normalfordelt variabel. Vi skal videre anta at den stokastiske variabelen \mathbf{X} er normalfordelt $\mathbf{X} \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ med forventningsverdi μ og varians σ^2 .

Dersom $\mathbf{Z}_1, \mathbf{Z}_2, \dots, \mathbf{Z}_n$ er standard normalfordelte stokastiske variable $\mathbf{Z}_i \sim \mathcal{N}(0,1)$, så er summen $\mathbf{Y} = \mathbf{Z}_1^2 + \mathbf{Z}_2^2 + \dots + \mathbf{Z}_n^2$ chi-kvadrat-fordelt χ_n^2 med n frihetsgrader. For ikke standard

normalfordelte stokastiske variable $\mathbf{X}_i \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ oppnår vi det samme ved å trekke fra forventningsverdien og normalisere med standardavviket for hver enkelt variabel

$$\mathbf{Y} = \frac{(\mathbf{X}_1 - \mu)^2}{\sigma^2} + \frac{(\mathbf{X}_2 - \mu)^2}{\sigma^2} + \dots + \frac{(\mathbf{X}_n - \mu)^2}{\sigma^2} = \mathbf{Z}_1^2 + \mathbf{Z}_2^2 + \dots + \mathbf{Z}_n^2 \sim \chi_n^2 \quad (6.9)$$

Dersom forventningsverdien μ er ukjent og må estimeres med \bar{x} , mister vi én frihetsgrad i chi-kvadrat-fordelingen

$$\mathbf{Y} = \frac{(\mathbf{X}_1 - \bar{x})^2}{\sigma^2} + \frac{(\mathbf{X}_2 - \bar{x})^2}{\sigma^2} + \dots + \frac{(\mathbf{X}_n - \bar{x})^2}{\sigma^2} = \sum_{i=1}^n \frac{(\mathbf{X}_i - \bar{x})^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-1}^2 \quad (6.10)$$

Dersom i tillegg de stokastiske variablene har ulike forventningsverdier, slik som vi har antatt tidligere, mister vi like mange frihetsgrader som antallet forventningsverdier som må estimeres

$$\sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} \frac{(\mathbf{X}_{j,i} - \bar{x}_j)^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-s}^2 \quad (6.11)$$

Ved å ta utgangspunkt i estimatet for spredningen $\hat{\sigma}^2$ i (6.8), og multiplisere med $\frac{n-s}{\sigma^2}$ på begge sider, kommer vi frem til (6.11)

$$\hat{\sigma}^2 \frac{n-s}{\sigma^2} = \sum_{j=1}^s \sum_{i=1}^{k_j} \frac{(x_{j,i} - \bar{x}_j)^2}{\sigma^2} \sim \chi_{n-s}^2 \quad (6.12)$$

hvor de stokastiske variablene $\mathbf{X}_{j,i}$ nå er erstattet med sine realiseringer $x_{j,i}$. Vi ser nå at

$$\frac{\hat{\sigma}^2(n-s)}{\sigma^2} \sim \chi_{n-s}^2 \quad (6.13)$$

og kan derfor skrive det tosidige $(1 - \alpha)100\%$ konfidensintervallet til σ^2 som

$$\left[\frac{\hat{\sigma}^2(n-s)}{\chi_{1-\alpha/2, n-s}^2}, \frac{\hat{\sigma}^2(n-s)}{\chi_{\alpha/2, n-s}^2} \right] \quad (6.14)$$

hvor $\chi_{p,n}^2$ er den inverse av den kumulative chi-kvadrat-fordelingen med n frihetsgrader, slik at $p = P(t \leq \chi_{p,n}^2)$ når $t \sim \chi_n^2$. Denne finnes i MatLab av funksjonen $\chi_{p,n}^2 = \text{chi2inv}(p, n)$.