

Faglig notat

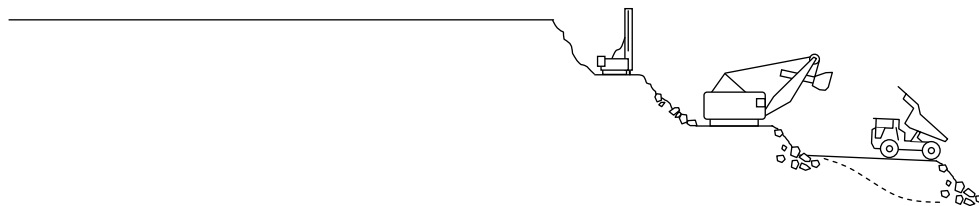
Implementering av digital berggrunnskartlegging ved Norges Geologiske Undersøkelse – NGU

Iain H.C. Henderson¹ & Giulio Viola^{1,2}

¹ Norges Geologiske Undersøkelse, Leif Eirikssons veg 39, 7491, Trondheim

² Institutt for geologi og bergteknikk, Sem Sælands veg 1, 7491, Trondheim

NGU begynte for alvor med digitalkartlegging i 2010. Her presenterer vi erfaringer med SIGMA programvaren på Panasonic Toughbooks i et testprosjekt på berggrunnskartlegging.



SAMMENDRAG

Selv om geologiske tankeganger og modeller har endret seg mye gjennom historien, har ikke NGU sine arbeidsmåter i felt utviklet seg betydelig i de siste 150 år, siden undersøkelsen ble grunnlagt. Dette er nå i ferd med å endre seg da NGU, lik mange andre geologiske undersøkelser, begynner å ta i bruk digitale kartleggingsmetoder. Dette betyr en total endring i arbeidsmåter i felt, valg av riktig hardware, og programvarer. NGU er i ferd med å teste flere typer PC og programvarer for både skred-, løsmasse- og berggrunnskartlegging. Her presenterer vi kun NGU sine erfaringer med bruk av Panasonic Toughbooks i forbindelse med SIGMA programvaren (en freeware utviklet av den Britiske Geologiske Undersøkelse – BGS) med hensyn til berggrunnskartlegging og diskuterer både fordeler og ulemper geologene som har tatt i bruk digital kartlegging opplever i sitt papirløse prosjekt.

I. INNLEDNING

Norges Geologiske undersøkelse har en lang og rik tradisjon med berggrunnskartlegging som strekker seg helt tilbake til 1858. Selv om tolkningen av

de forskjellige geologiske prosesser har endret seg dramatisk over denne tiden, har metodene til å samle dataene for kartproduksjon tross alt ikke utviklet seg signifikant i denne lange tidsperioden.

Geologisk kartlegging er en tolkningsprosess der mange forskjellige datatyper og kilder, fra analytiske data til personlige observasjoner, blir samlet, dokumentert og satt sammen av geologen i felt. Geologiske observasjoner er tradisjonelt dokumentert på et papirkart, dagbok eller standardiserte notisark. Geologisk kartlegging er da en iterativ observasjonsprosess, sammen med en kritisk analyse og tolkning, som er sterk preget av forhåndskunnskapene til geologene, deres ekspertise og erfaring. Tradisjonelle papirbaserte kartleggingsarbeidsmåter er vel etablerte og sikrer en jevn og fleksibel kartleggingsopplevelse.

I de siste årene har i midlertidig utviklingen innen digitalteknologi, i tillegg til utviklingen innen Geologiske Informasjons Systemer (GIS), programvarer, billige og pålitelige GPS systemer og bærbare PC-er, utfordret geologer til å innføre digital dokumentasjon og kartlegging i felt. Derimot er det ingen rød tråd i den geologiske verden som viser en samlet og konsekvent utvikling i noen få passende og rimelig tilpassete systemer. De er flere grunner til det: hittil er det et ekstremt bredt spekter av måten som geologer har tatt i bruk digitale verktøy og hvilken type utstyr de har prøvd. Mange geologer har brukt helt tilfeldige systemer uten noen særlig gjennomført tankegang bak valget. På den laveste enden av spekteret er det til og med mange geologer som er fortsatt skeptisk til feltarbeid uten dagbok og kart, siden digital kartlegging krever en fundamental endring i hvordan feltarbeidet utføres. I et nøtteskall, det største problemet som utfordrer geologer med hensyn til fremtidens kartleggingsmetoder er en helt tilfeldig tilnærming til valg av selve utstyret og konsekvent sette opp arbeidsmetoder som får mest ut av teknologien.

Slike endringer i datafangst, arbeidsmåter i felt, bearbeidning på kontoret og presentasjon av dataene er særdeles viktig for en geologisk undersøkelse og ikke minst for NGU, hvor kjerneaktiviteter er fokusert på kartlegging, store mengder datafangst, analyse, sammensetting av dataene og kart, og til slutt en hurtig diffusjon av produktene til offentligheten og samfunnet. En effektiv digital arbeidsflyt er svært viktig for denne typen arbeide og byr på mange fordeler sammenlignet med tradisjonelle, analoge arbeidsmetoder:

- Det er mindre sannsynlighet for feil i datainnlegging med digitale arbeidsmåter enn med analog datainnlegging, siden dataene kun er innført en gang digitalt. Mulighet for feil datainnlegging ved overføring fra en dagbok, enten av geologen eller en tredje person, er betydelig mindre.

- Datainnlegging av geologene i felt tar mindre total tid enn påfølgende datainnlegging senere på kontoret (mye av analog datainnlegging på kontoret gjentar feltaktiviteter). Dette har et potensial for to viktige momenter: å gi mer tid til tolkning og annet arbeid på kontoret, og å minske overordnet tid et prosjekt tar i sin helhet.
- Den romlige utstrekningen av objekter i den virkelige verden og deres egenskaper kan legges inn direkte i databasen med geografiske informasjons system (GIS) kapabilitet. Egenskapene kan automatisk kodes med forskjellige farger og symboler basert på brukerbestemt kriterier.
- Flere kart og bildekilder (geofysiske kart, satellittbilder, ortofoto osv) kan lett oppbevares og fremstilles på skjermen.
- Geologene kan lett laste opp datafiler fra den foregående feltdagen som referanse, noe som gjør feltarbeidet mer sammensatt og smidig.
- Dataanalyse kan begynne umiddelbart etter retur fra felt siden databasen allerede er laget. Dette leder selvfølgelig til et bedre gjennomtenkt produkt.
- Datainnlegging kan avgrenses med forhåndsbestemte ordbøker og bruk av bestemte menyer som sikrer systematisk dokumentasjon av data samt sørger for at obligatoriske data ikke er oversett.
- Arbeidsbesparende verktøy og funksjonalitet kan ytes i felt f. eks. strukturhøydekoter og 3D visualisering.
- Systemer kan kobles trådløs til andre digitale feltutstyr som kameraer eller sensorer.

I tillegg til fordeler er det selvfølgelig noen ulemper eller utfordringer, noen av dem som kan anses som betydelig av enkelte feltgeologer:

- Datamaskiner er relativt tunge sammenlignet med tradisjonelt felt utstyr og håndholdte GPS'er og innebærer en del ekstra utstyr (batterier, pekepenner og kameraer) som må bæres i felt. En tilgjengelig strømkilde må være tilgjengelig ved slutten av hver feltdag.
- Felldata innlegging kan ta lenger tid enn tradisjonell innlegging i en dagbok, men den erfaring varierer fra geolog til geolog. Dette kan medføre lenger tid på hver blotning og muligens øke antall dager i felt.
- Med digital innlegging av data, særlig når en bruker pekepenner på det virtuelle tastaturet, kan geologer ha en tendens til å forkorte beskrivelser og notater på grunn av vanskeligheter som tastaturet medfører (enten med

håndskrift eller stemme-gjenkjenning). Dette kan, i noen tilfelle, lede til data tap som ellers skulle dokumenteres bedre analogt.

- Med digitalkartlegging finnes det ikke noen originale papirkopier av feltkartene eller dagboknotater som arkiveres. På denne måten er papir et bedre format enn digitale. Det bør sørges for at det digitale arkivet kompletteres med utskrifter av alle kart som er lett tilgjengelig som en 'back-up' og alternativ database.

Det må poengteres at disse ovennevnte ulempene er opplevd forskjellige av forskjellige geologer. Forskjellige geologiske lag og enkelte geologer har et helt spekter av behov, utgangspunkter, og forventninger når det dreier seg om potensielle digitale kartleggingssystemer. Det er derfor helt rimelig å konstatere at ikke en enkel digital løsning er svaret på fremtidens kartlegging. Derfor er det nødvendig å teste forskjellige systemer samtidig, ikke i en tilfeldig, usystematisk måte, men hvor ulike systemer måles opp mot hverandre med fordeler og ulemper. NGU er i gang med et langvarig program for å teste flere konstellasjoner av både PC og programvarer på løsmasse-, skred- og berggrunnskartlegging. Behovet for både PC-er og programvarer viser seg å være varierende i de vidt forskjellige fagområdene basert på ulike faglige og tekniske krav samt forskjellene i feltforholdene. NGU har ikke kommet så langt ennå at vi kan vurdere de forskjellige konstellasjonene opp mot hverandre, men det er klart at det er overhodet ikke realistisk å bruke det samme utstyret til alle typer feltarbeide. Et slikt studium er utenfor rammen av dette bidraget. Vi presenterer her NGU sin erfaring og vurdering av bruk av utstyr innenfor berggrunnskartlegging

Selv om de første forsøkene på digitalkartlegging på NGU ble innført med flere typer software på samme PC'en, beskriver vi her kun erfaringen fra programvaren fra det største prosjektet. Denne gratis programvaren heter SIGMA (*System for Integrated Geoscience Mapping*) og er utviklet av den Britiske Geologiske Undersøkelse (BGS). Herunder beskriver vi vår erfaring med digitale metoder i grunnfjellskartleggingsprosjekter over flere felt sesonger og fra opp til 10 geologer stort sett på et prosjekt. Prosjektet ble bevisst organisert slik at vurdering av de digitale verktøyene, både hardware og software, og endring i arbeidsmetoder i felt, skulle vurderes.

2. HARDWARE: PANASONIC 'TOUGHBOOK'

Figur 1 viser typen bærbar PC brukt i felt av NGU for digitalkartlegging. Dette er en Panasonic Toughbook og er regnet som en av de tøffeste (mest hardføre)

'utendørs' bærbare maskiner som finnes på markedet. Dette er gjenspeilet i en forholdsvis høy prislapp (ca. 40-50000NOK per enhet).



Figur 1. Standard bilde av en Panasonic Toughbook som viser den 'roterbare' skjermen. Maskinen kan enten brukes som en vanlig PC med tastatur eller som en 'tablet' PC med det virtuelle tastaturet og pekepennen.

For små prosjekter er dette sikkert en overkommelig pris men for store prosjekter hvor kanskje opp mot ti enheter må kjøpes inn, dreier det seg om store beløp. Videre kan det sies at, selv om *Toughbooken* er bygd for tøffe forhold, så viser vår erfaring at maskinen kan bli nedslitt i løpet av et par lange feltsesonger. Spesielt i den virkelige verden på en geologisk undersøkelse, der maskinen blir brukt av mange forskjellige personer, prosjekter og grupper i løpet av en feltsesong, noe som leder til et veldig høyt bruksnivå. Dette kan ha konsekvenser for naturlig utskifting av enkelte maskiner i løpet av et prosjekt. NGU har ikke, per i dag, noen antydning til lengden på denne utskiftingsperioden og hvordan det vil ramme prosjektbudsjettering og planlegging, men det er et viktig punkt i diskusjon rundt bruken av digital kartlegging.

Figur 1 viser at maskinen har en vendbar skjerm som gjør det mulig å bruke *Toughbooken* i to forskjellige formater: 1) Som en vanlig PC, hvor tastaturet er i bruk. Dette kan være til nytte når man ikke behøver å gå (f. eks. borhullslogging). 2) Med skjermen snudd slik at man bruker et virtuelt tastatur med pekepennen eller fingerne. NGU sin erfaring med dette tastaturet er at det er tregere å skrive med pekepennen enn å skrive i dagbok, men denne tiden er oppspart i etterfølgende bearbeiding. Noen geologer foretrekker å bruke fingrene direkte på skjermen og dermed klarer de å skrive raskere enn med pekepennen.

Det er mange fordeler og ulemper når det gjelder *Toughbooken* sammenlignet med både konvensjonelle dagbøker og andre digitale systemer (f. eks. IPAQ).

Fordelene går veldig mye på hvor rask maskinen er sammenlignet med mer konvensjonelle digitale løsninger. *Toughbooken* starter opp veldig kjapt og den innebygde GPS'en finner satellittene veldig raskt. 'Panning' og 'zooming' på skjermen går som regel meget kjapt sammenlignet med andre systemer selv om det er mange 'layers' som er aktivert i programvaren. En selvfølgelig fordel er også skjermstørrelse. Andre fordeler sammenlignet med både andre digitale systemer og den tradisjonelle dagbok-GPS-kart metoden er den innebygde GPS'en som fjerner behovet for enten kabel eller bluetooth oppkobling som NGU geologer har erfart som problematisk mange ganger. Til slutt må en nevne *Toughbookens* største fordel og det er været. På snitt over mange år kan man regne med å miste en dags feltarbeid på grunn av uvær i en vanlig 14 dagers feltperiode. Feltarbeid med papirkart og dagbok er naturlig begrenset når det kommer større mengder nedbør. Derimot, har *Toughbooken* vist gang på gang at den kan operere i all slags regnvær slik at det hver dag kan arbeides like mye, uansett været (Figur 2). Skjermen og pekepenen virker like godt i regn og maskinen viser seg til å være helt tett i regnvær.



Figur 2. Bilde av Panasonic *Toughbook* i uvær på NGU feltarbeid. Den innebygde GPS vises med den røde firkanten.

Det finnes noen få ulemper med bruk av *Toughbooken* men, mens disse kan anses som betydelig av enkelte brukere, synes andre de er uvesentlige. Levetiden på batteriet er begrenset. *Panasonic* reklamerer for 10 timers batteritid, men det er ytterst urealistisk og dette ble opplevd i felt av NGU geologer kun ved kaldt vær

(temperatur lavere enn 7- 8°C). På en gjennomsnittlig feltdag må man regne med et batteriskift. Dette medfører et brudd i arbeidet siden all programvare og selve PC'en må stenges av, batteri skiftes og PC'en og programvare startes opp på nytt, samt at GPS'en skal startes om. Alt dette tar ca. 10 minutter. Batteriet er også tungt og medfører ekstra vekt i feltsekken. Dette kan også være et problem med feltarbeid i ødemarka hvor det er begrenset mulighet for batteriladning.

Noen geologer opplever selve vekten av *Toughbooken* ubehaglig og klossete mens andre mener at det er ubetydelig. Dette varierer mye avhengig av hvilken type feltarbeid utføres (f. eks. lange turer over fjellet eller arbeid ved veiskjæringer med bil). Når en står på blotningen derimot, opplever de fleste at *Toughbooken* sitter godt og behaglig i hånden. En betydelig ulempe med toughbooken er at etter mye bruk, blir skjermen nedslitt av kontakt med pekepenen og det forårsaker en forverring av klarheten på skjermen. Dette kan sannsynligvis løses med en tilpasset plastfolie. Selv om skjermen oppleves som klar i regnvær, opplever flere problemer i full sol, mens for andre er dette problemet minimalt.

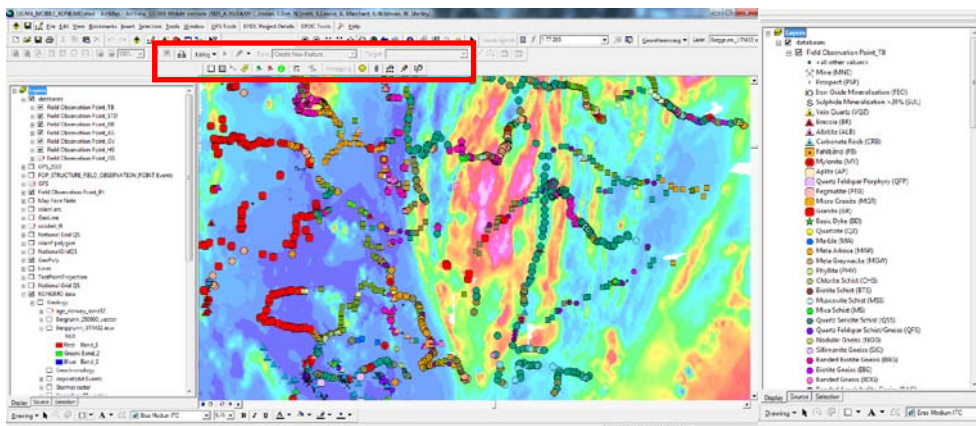
3. SIGMA PROGRAMVAREN

SIGMA programvaren er et bærbart system utviklet av den Britiske Geologiske Undersøkelse (BGS) først i 2001, men med kontinuerlige forbedringer gjennom de siste 10 år. Systemet består av to forskjellige deler. Den kartbaserte delen er en veldig modifisert versjon av ESRI ArcGIS grensesnitt (ArcGIS 9.3.1). Dette jobber sømløst sammen med MS Access som er databasedelen av systemet. Inkorporert er også programvaren for skriftgjenkjenning *Inkwriter*. Dette fremstiller et fullstendig integrert feltkartleggingssystem som erstatter det tradisjonelle kartdagbok-GPS systemet. En av fordelene med denne sammensatte programvaren er likheten med ARCGIS som er det mest brukte GIS systemet verden over. De fleste funksjoner og arbeidsflyt er identiske med de som brukerne allerede kan utenat. På denne måten er læringskurven på SIGMA ganske kort og brukeren kan gjøre kompliserte rutiner etter kort tid i felt. Dette er viktig når man innser at opptrening i programvaren oftest må skje i forbindelse med prosjekter og betyr at minst mulig tid brukes til opplæring. Samtidig er en av ulempene med SIGMA, for mulige brukere som ikke har ArcGIS eller MS Access, at selvstendige lisenser for disse må kjøpes på forhånd. Derimot er SIGMA gratis tilgjengelig fra BGS sin webside.

3.1 ArcGIS grensesnitt

SIGMA programvaren er integrert i og er basert på ArcGIS fra ESRI og på overflaten ser brukergrensesnitt identisk ut sammenliknet med ArcGIS (Figur 3). Kartdataene samlet inn i felt, lagres i en *.mxd* fil som tilsynelatende ser ut som en

vanlig ArcGIS fil. De forskjellige grunndataene som brukes til kartlegging (topografisk kart, ortofoto, geofysikk, geologisk rasterkart, tilleggsdata, geokjemi osv) fremstilles på venstre siden som forskjellige 'layers' i både .lyr filer og .shp filer på akkurat samme måten som i ArcGIS (Figur 3). Disse kan ordnes, på samme måte som i ArcGIS, i forskjellige brukerbestemte kategorier i 'lyrvinduet' på venstre siden av brukergrensesnittet. De forskjellige .lyr filene kan slå av og på på samme måten som i ArcGIS.



Figur 3. a) En typisk fremstilling av kart brukergrensesnitt i SIGMA basert på ArcGIS fra ESRI. I tillegg er den spesielle SIGMA verktøykassen vist i rødt. b) Layer vinduet i SIGMA. Datapunkter lagt til fra GPS havner i *Field Observation Point* datafilen. Her kan det brukerbestemmes mange forskjellige symboler for bergartstyper o.l.

3.2 GPS systemet og markering og redigering av enkelte lokaliteter

Den største synlige forskjellen i ArcGIS vinduet sammenlignet med SIGMA er tillegget av SIGMA verktøykasse (Figur 4). Her kan man velge å tilføye lokalitetspunkter til databasen, eller fjerne punkter fra databasen. Man kan også tegne linjer eller polygoner fritt på skjermen. Alle punkt, linjer og polygoner lagres til atskilte forhåndsbestemte filer som blir en del av databasen. I etterkant kan en klikke på enkelte punkter eller linjer for å få opp informasjon, på akkurat samme måte som man gjør i ArcGIS.

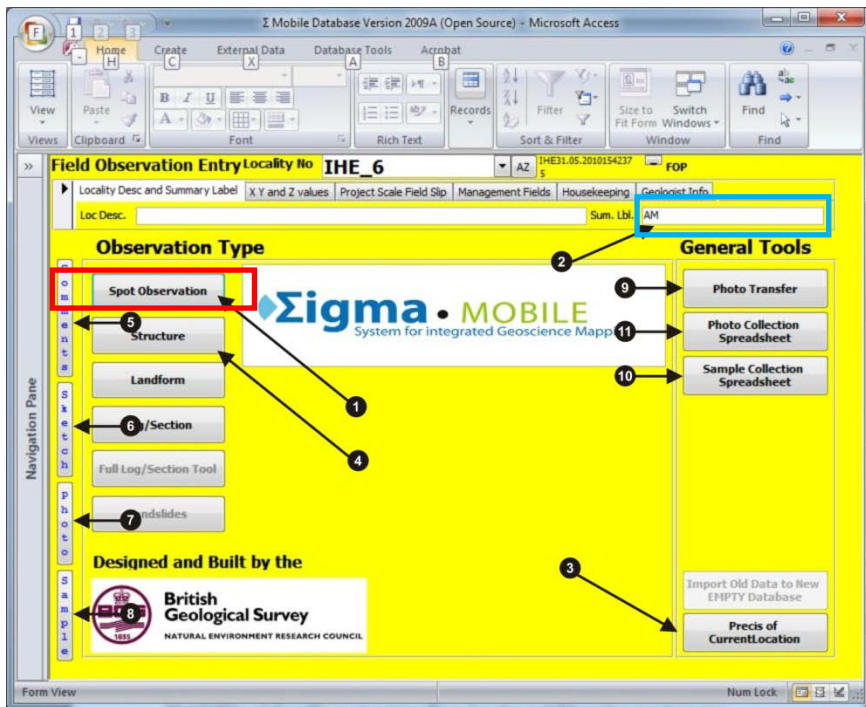


Figur 1. SIGMA verktøykasse i ArcGIS. Her kan man legge til og fjerne GPS punkter og tegne polygoner. Lokalitetspunkter og brukerbestemte linjer og polygoner lagres i forhåndsbestemte .shp filer.

Ved å legge inn et lokalitetspunkt på denne måte åpnes automatisk et vindu som er hovedinngangen til databasen. Der går man direkte over i et MS Access grensesnitt.

3.3 MS Access grensesnitt

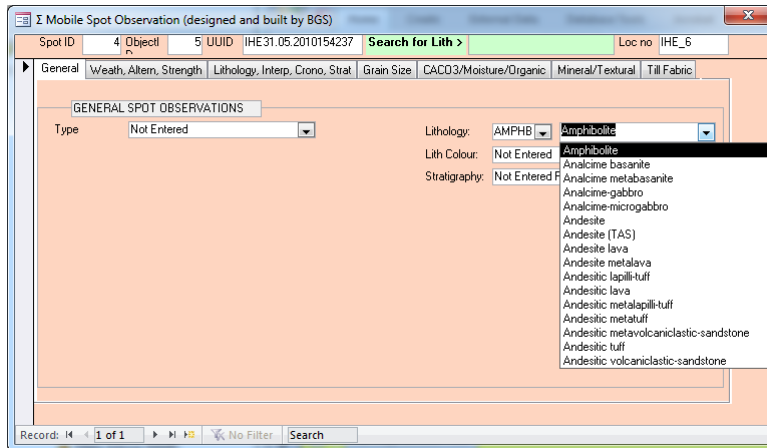
Mens ArcGIS grensesnittet er den delen av SIGMA hvor man visuelt håndterer dataene og ser på kart, er MS Access grensesnittet kjernen av SIGMA. Når et lokalitetspunkt plasseres på kartet, vil MS Access databasen åpnes automatisk med hovedvinduet som vises nedenfor (Figur 5).



Figur 5. Hovedvinduet for MS Access databasen. Det åpnes automatisk etter plasseringen av punkt på kartgrensesnittet. Den røde firkant (1) åpner *Spot Observation* vinduet og den blå firkant (2) viser SUM_LABEL feltet som kontrollerer farge/symbol på kartet. (3) Oppsummeringsverktøyet, som lager en oppsummering av lokaliteten. (4) Strukturdata (5) Kommentarspalten (6) Skissespalten (7) Bildespalten (8) Prøvespalten (9) Automatisk Excel ark for bilder (10) Automatisk Excel ark for prøver.

Dette hovedvinduet har mange forskjellige muligheter til å sette inn andre data som er tilkoblet lokalitetspunktet. Med først å klikke på *Spot Observation* (vist i Figur 5 med en rød firkant, nr 1) kan man legge inn informasjon om bergartstypen (Figur 6) enten som forhåndsdefinerte bergartstyper eller som fritekst. Man kan legge inn

en egendefinert bergartskode i SUM_LABEL feltet (Figur 5, nr 2). Dette kontrollerer fargen og symbolet på kartgrensesnittet (se Figur 3), slik at bergartssymbolet visualiseres automatisk i ArcGIS vinduet. Dette er viktig under kartlegging og fører til en dynamisk prosess mens geologen arbeider.



Figur 6. *Spot Observation* vinduet. Her legges inn primærinformasjon om bergartstypen. Forhåndsbestemte bergartstyper kan velges fra menyen, uten behov for å skrive, men fritekst kan også skrives inn manuelt.

3.4 Kommentar

Etter opprinnelig innlegging av informasjonen i *Spot Observation* kan man velge å legge inn andre data. Spaltene på venstre siden av hoveddatabasevinduet (Figur 5) tillater innlegging av forskjellige typer data. Det første av disse er kommentar (Figur 5, nr 5). Kommenturvinduet vises i Figur 7. Her er det mulig å legge inn forskjellige kommentarer relatert til samme lokalitet.

Kommenturvinduet inneholder veldig mye av det som tradisjonelt ble lagt inn i papirdagboken. Det oppleves som en ryddig og systematisk måte å oppbevare dataene på og er veldig lett tilgjengelig og synlig når en får tilgang til det i etterkant. Derimot, kan det oppleves av noen geologer (ikke alle) at innskriving med pekepenner er klossete og at derfor mindre informasjon blir dokumentert, noe som leder til tapt geologisk informasjon. Når man lukker de forskjellige spaltene kommer man automatisk tilbake til hoveddatabasevinduet som vist i Figur 5 slik at det er mulig å legge inn andre typer informasjon.

Figur 7. Kommentarvinduet. Mange kommentarer kan legges inn for samme lokalitet. Dette oppleves som et veldig ryddig system som er lett tilgjengelig i etterkant.

3.5 Strukturmålinger

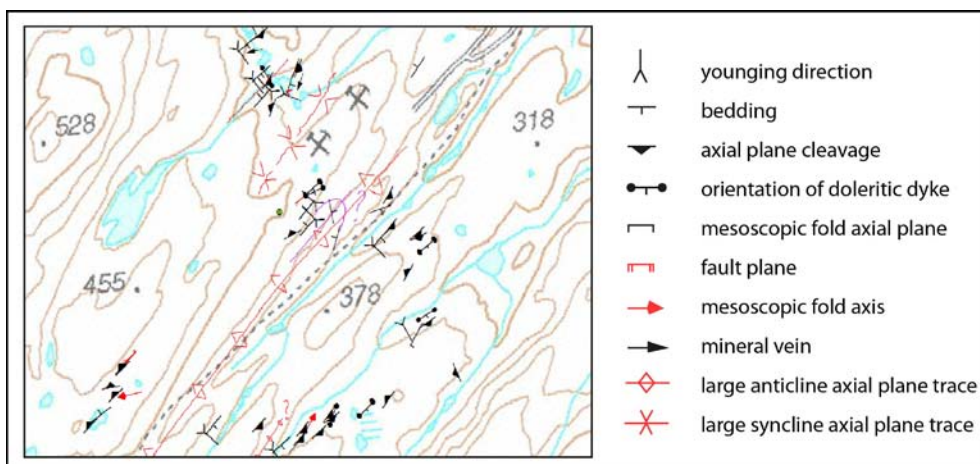
Strukturspalten aktiveres med å klikke på 'struktur' knappen i hoveddata-basevinduet vist i Figur 5 (nr. 4). Da åpnes strukturdatavinduet vist i Figur 8 nedenfor.

Figur 8. Strukturdatavinduet. Mange målinger kan legges inn fra samme punkt fra forskjellige typer strukturer som kan velges fra menyen. Dataene blir automatisk plottet etter fallretnings metoden usansett innleggingsmetode.

For hver deskriptiv type måling som legges inn, må fall og fallretning også legges inn, hvis ikke blir brukeren påmint at dette mangler. Dette leder til en ryddig database fri for uteglemte målinger. En fordel med dette systemet er at selv om enkelte geologer bruker forskjellige måter å legge inn data på, vil alle data automatisk konverteres til fall og fallretning. Derfor fjernes mye bearbeidning i etterkant for forskjellige innleggingsmåter. Dette kan være svært tidsbesparende, særlig på prosjekter med mange geologer og det tillater en uniform presentasjon og fordeling av data mellom alle brukere.

Etter innlegging av strukturdata er det enkelt å returnere til ArcGIS grensesnittet og se de plottede strukturdata umiddelbart. Dette er en gunstig fordel med SIGMA slik at geologen lett kan se utviklingen av strukturer på et profil og gjør kartleggingsprosessen mer dynamisk. Dataene plottes automatisk med medfølgende symboler for lagdeling, foliasjon, lineasjon osv.

Både rask innlegging og etterfølgende fremstilling av strukturdataene oppleves som veldig bra og på mange måter bedre enn fremstilling av strukturdata på papir. Geologen får se dataene veldig raskt, noe som tillater en mer dynamisk evolusjon av ideer og modeller mens det jobbes i felt (Figur 9).

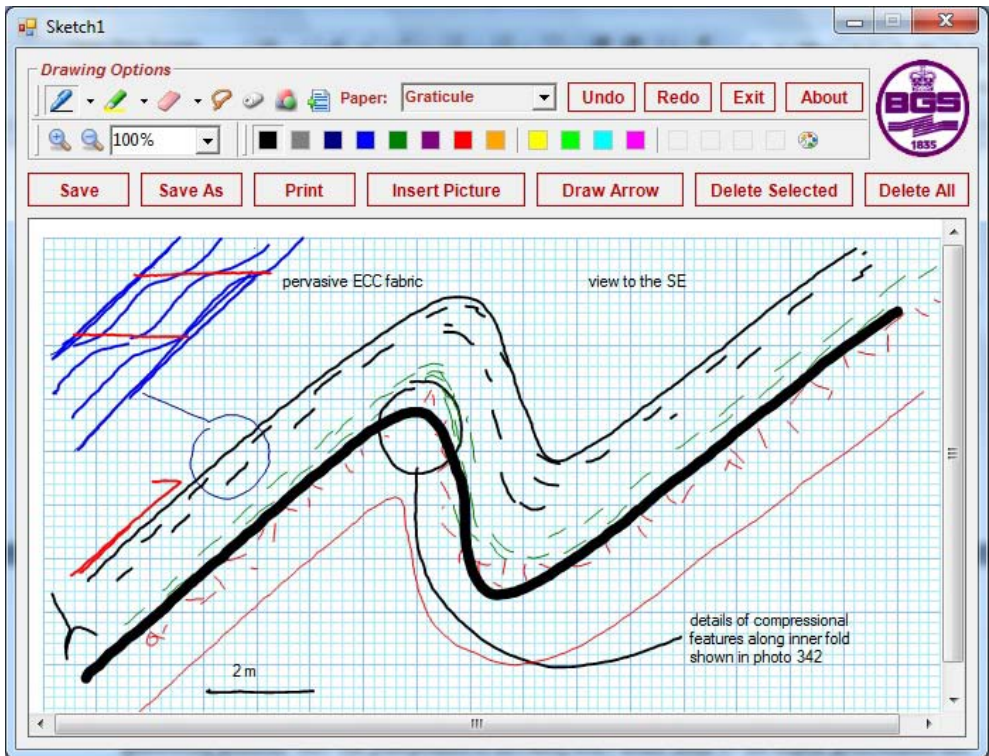


Figur 9. Detaljert strukturkartlegging langs et c. 2 km NNW-SSØ strykende snitt av en sterkt foldet sandsteinssekvens. Takket være digital kartlegging og visualisering av strukturelle symboler i felt, kan geologer tolke kompliserte strukturelle forhold allerede mens de kartlegger.

3.6 Skisser

Skisser av enkelte blotninger kan gjøres lett i SIGMA ved å klikke på 'Sketch' spalten i Figur 5 (markert nr. 6). I skissene kan det legges til tekst, piler, flere

forskjellige forhåndsbestemte former og frihåndstegninger i forskjellige farger. Mange forskjellige skisser kan genereres fra samme lokalitet. Til og med bilder, etter de er koblet opp mot databasen (se avsnitt 3.8) kan importeres direkte inn i skissen, enten for å vise detaljer i skissen, eller som bakgrunn for hele skissen slik at bildet annoteres. Slikt arbeid med mer tradisjonell arbeidsflyt var tidligere mer tidkrevende etter man hadde returnert fra felt. Den store fordelen med skisser i SIGMA kontra dagbok er at den største delen av arbeidet blir gjort når dataene innsamles. Siden dette ikke medfører noe ekstra tid kontra analogskisser, frigjør dette mer tid til geologisk tenking på blotningen og mer tid til tolkning i etterkant. Som med andre deler av SIGMA programvarepakken, leder dette til en mer dynamisk tilnærming til geologi, både i felt og på kontoret.



Figur 10. Skissevinduet. Skissene kan tillegges tekst, piler, forskjellige forhåndsbestemte former. Bilder kan også importeres direkte inn i skissen. Mange skisser kan gjøres på samme lokalitet.

Imidlertid er de noen ulemper med skisseprogrammet i SIGMA som sikkert gjelder for digital skissegenerering generelt. Selv om pekepenen er nøyaktig nok i andre deler av det digitale grensesnittet, kan den oppleves som ganske klønete i skissevinduet. Dette er noe som enkelte brukere klarer å forbedre over en periode,

men de fleste opplever det slik at skissene må holdes til noe som er veldig enkelt. Detaljerte beskrivelser av blotninger med skisser eller kartlegging på liten målestokk på et rutenett som kan være lett gjort på papir i dagboken er meget vanskelig med det nåværende skisseprogram.

3.7 Prøvetaking

Prøver kan lett dokumenteres i SIGMA med å velge 'Sample' spalten i hovedvinduet (Figur 5, nr. 8). Her åpnes et vindu hvor det neste prøvenummeret er gitt automatisk. Man kan tilføye mange prøver på samme lokalitet med en enkel tekstbeskrivelse (Figur 11).

Figur 11. Prøvevinduet. Når man åpner vinduet vises det neste prøvenummeret automatisk og mange prøver kan dokumenteres fra samme lokalitet.

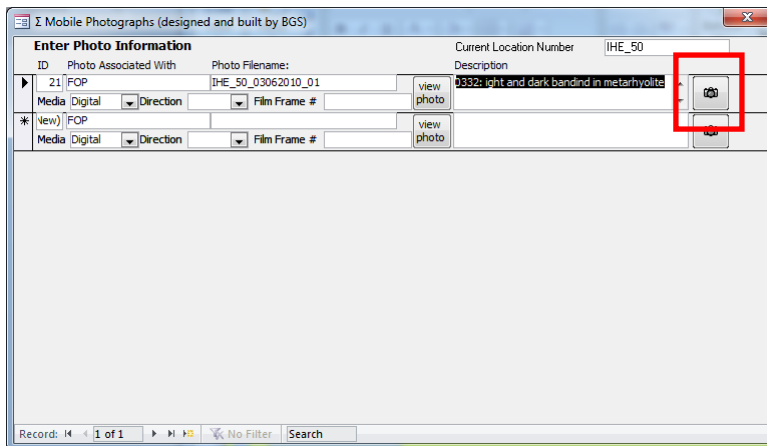
Hoveddatabasevinduet (Figur 5), the '*Sample Collection Spreadsheet*' knapp (nr.10) tillater automatisk dannelse av et Excel ark som inneholder alle prøvepunkter og tilleggsinformasjon. Dette kan spare mye tid som geologen skulle brukt ved slutten av feltarbeidet. Det leder til en mer oversiktlig og systematisk registrering av prøvene og den automatiske nummereringen fjerner så godt som all krøll i nummereringssystemet som kan ofte oppstå når geologen er sliten på slutten av dagen eller etter en lang feltøkt.

Det er flere fordeler med å bruke dette prøvetakingsverktøyet, særlig når det er mange geologer som jobber på samme prosjekt. Med papirkartlegging, bruker de fleste geologer sitt eget interne system i dagboken for dokumentasjon av prøver. Med dette systemet blir alt standardisert og hele prøvedatabasen, uansett geologer, blir mer oversiktlig. En annen stor fordel er at det er da lett og raskt og fremstille alle prøver fra et prosjekt fra alle geologer. Her kan man kjapt se hvor prøver

savnes fra nøkkelbergartstyper eller områder hvor det er tatt for mange prøver i samme område. Det gjør sorteringsoppgaven når det dreier seg om produksjon av slip atskillig lettere.

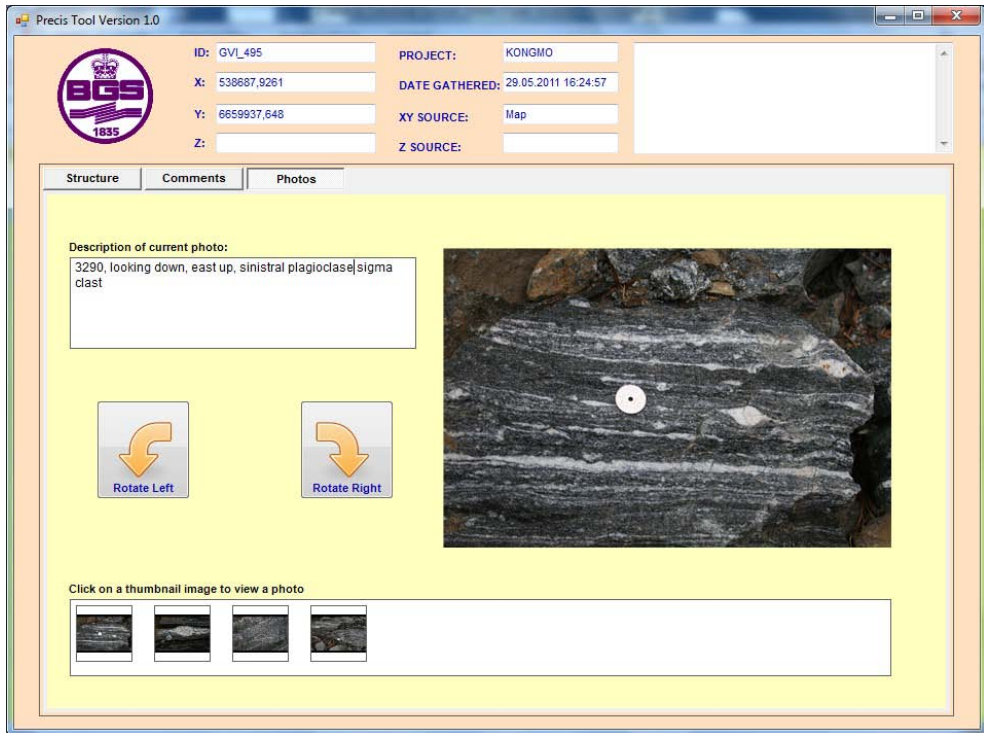
3.8 Billedokumentasjon og arkivering

En fordel med å bruke SIGMA i motsetning til andre digital feltverktøy er brukervennlighet når det gjelder arkivering av feltbilder. Tilgang til bildearkiveringsverktøyet ligger ved hovedvinduet for MS Access (Figur 5, nr.7) ved å klikke på spalten 'Photo'. Dette frembringer et bildearkiveringsvindu (Figur 12). Mange bilder kan bli koblet til samme lokalitet med muligheten for fritekst. En ulempe med dette er at hvert bilde må kobles manuelt til databasen ved slutten av arbeidsdagen. Med dagens hurtigutviklende teknologi innen kamera, er det sikkert mulig å anvende et kamera med bluetooth slik at bildene overføres direkte til toughbooken i 'real time'.



Figur 12. Bildevinduet. Mange bilder kan bli assosiert med samme lokalitet i tillegg til en beskrivelse av hvert bilde. Etter bildene er nedlastet fra kamera, må de kobles til databasen gjennom å trykke på kameraknappen (rød firkant). Dette må gjøres for hvert enkelt bilde.

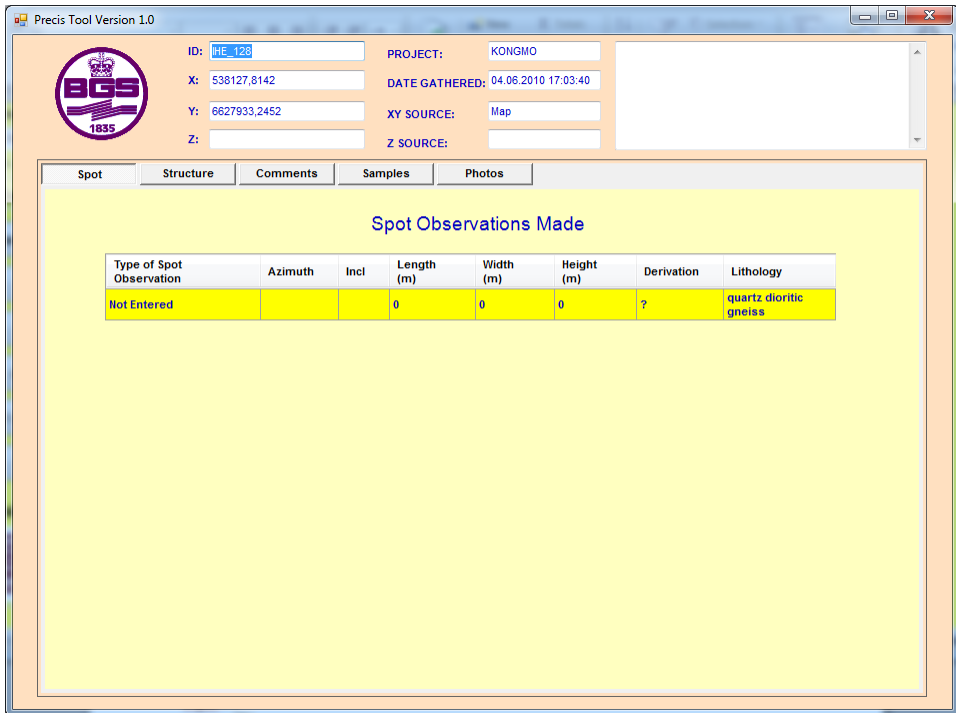
Fordelen med dette systemet er at med et enkelt museklikk kan man vise frem alle bildene for hver lokalitet. Man får en god oversikt over lokaliteten siden det fremvises en *thumbnail* bilde av alle bilder fra samme lokalitet (Figur 13).



Figur 13. Vindu som viser alle bilder som kobles til en enkel lokalitet. Nederste viser små thumbnails av alle bilder koblet til denne lokaliteten.

3.9 Preci^s Verktøy: Sammenfatning av lokaliteten

Hovedvinduet i MS Access databasen har en knapp som fremstiller all informasjonen fra en lokalitet. Dette heter *Precis* verktøyet (Figur 5, nr. 3). Ved å trykke på denne knappen vises bildet i Figur 14. De grå knappene øverst deler informasjonen opp i flere temaer og man kan lett bla gjennom dataene for å få en oversikt over lokaliteten. Dette er en stor fordel hvor prosjektet har veldig mange lokaliteter, særlig når de ble kartlagt av mange geologer. En sak som mangler på denne delen av verktøyet er en søkefunksjon hvor man kan lett fremstille alle lokaliteter som har, f. eks. skisser. Det oppleves som tidsbekostende at man må lete manuelt for å finne enkelte lokaliteter med en viss informasjonstype.



Figur 14. Bilde av Precisverktøy (oppsummeringsverktøy) for en lokalitet. Her samles all informasjon om lokaliteten i et lett tilgjengelig format.

4. DISKUSJON: POSITIVE OG NEGATIVE ERFARINGER MED DIGITALE VERKTØY

Geologer er nå inne i en overgangsfase hvor forskjellige hardware og software kombinasjoner testes og tilpasses, men digital kartlegging er kommet for å bli, både på godt og på vondt. Det er bare i de siste få år at ting har begynt å endre seg fra det gamle til det nye. Uansett kommer året 2010 til i fremtiden å bli betraktet som året hvor omfattende digital bergrunnskartlegging kom til NGU.

Ut fra utgangspunktet, både rent teknisk sett, men også når det dreier seg om endring av geologiske arbeidsmåter i felt, oppleves overgangen til kartlegging med digitalt utstyr som meget positiv hos geologer på NGU. Dette ser ut til å være uansett alder og forhåndserfaring med digitalt utstyr.

Fra et hardware synspunkt er *Toughbooken* et meget lett utstyr å bruke. Maskinen starter opp raskt og GPS kommer i gang utrolig raskt sammenlignet med de raskeste håndholdte GPS'er. Noen geologer opplever at GPS'en 'henger seg opp'

spesielt hvis man står på samme sted en stund, slik at man er nødt til å gå for at GPS'en skal oppdatere seg. Dette har kun skjedd på noen få maskiner og kan være et *Toughbook* problem og ikke nødvendigvis et problem med selve GPS'en. Grensesnitt som i utgangspunktet ser identisk ut med ArcGIS er en av de største fordelene med SIGMA, slik at de fleste geologer blir vant med arbeidsmetoden etter noen få timer.

En av de viktige ting å vurdere når man skal velge en PC og den riktige programvaren for digitalkartlegging er hvordan systemet kan passes inn i den større arbeidsflyten fra opprinnelig samling av basisinformasjon før feltarbeide til bearbeiding etter feltsesongen og videre profilering av data i offentlige databaser. Denne langvarige prosessen oppleves med dette systemet som meget lett og smidig. Siden NGU (og de fleste andre geologiske undersøkelser) baserer seg på ArcGIS produkter, er alle filer som samles før feltarbeid allerede tilgjengelige i riktig format. Samling av databaser fra mange geologer i etterkant av feltarbeidet er like lett. Når det dreier seg om offentliggjøring av ferdige kart og databaser, er denne delen av arbeidet fortsatt under utvikling.

En av de få ulempene med utstyret er vekten. Mange opplever, særlig i nybegynnerfasen, at utstyret er tungt. NGU opplever at de fleste geologer blir vant med dette etter en stund. Derimot, kan *Toughbooken* ha sine begrensninger når det dreier seg om vekt, særlig på den type feltarbeid som innebærer lange fotturer i vanskelig terreng. *Toughbooken* kan også være noe begrenset på lange turer ute i ødemarken når det gjelder strømforsyning. NGU sin erfaring med batteriene er at de holder i mindre enn en dag, slik at et ekstra batteri alltid må bæres med. Dette kan være problematisk når det ikke er strømforsyning til stede, slik at batteriene kan lades hver kveld. Et ekstra batteri, eller flere, betyr mer vekt i ryggsekken.

Fordelene med brukergrensesnittet i SIGMA er mange. For det første er det nesten identisk med ArcGIS med noen få ekstra menyer og knapper. De fleste digitalkyndige geologer i Norge er storbrukere av ArcGIS. Derfor er det lett for nybrukere av SIGMA å komme raskt i gang. Det er viktig når de fleste opplæringer tas i felt. Dette er tids- og pengebesparende for prosjektet. Det glatte samarbeidet mellom dette grensesnittet og MS Access verktøyene er særdeles smidig og de forskjellige funksjoner er lett å bruke.

Ulempene med SIGMA programvare oppleves som få.

5. KONKLUSJONER

- Norges Geologiske Undersøkelse har i løpet av 2010 tatt i bruk digitalt utstyr. På enkelte store kartleggingsprosjekter av grunnfjell har NGU bevisst brukt kun digitalt utstyr med opp til 10 geologer på samme prosjekt. Utgangspunktet var å vurdere både de tekniske utfordringer og påvirkning på- og endringer i arbeidsmåter i felt.
- NGU har brukt Panasonic *Toughbook* som felt PC med SIGMA programvare, utviklet av den Britiske Geologiske Undersøkelse.
- Erfaring med *Toughbooken* er meget positiv. Den er lett å bruke og rask til å fremstille mangfoldige og kompliserte data. Den innebygde GPS'en er veldig rask å starte opp og holder mål. Egenskapene er overlegne når det dreier seg om bruk i dårlig vær med mye nedbør.
- Ulempene med *Toughbooken* er veldig få, men kan være betydelige for enkelte geologer. Noen opplever skriving av fritekst med pekepenen som klossete, mens andre synes det er godt nok. Mange geologer, særlig i nybegynnerfasen opplever PC'en som tung. Ekstra batterier må bæres med siden strømforsyning ikke holder en hel dag.
- SIGMA programvaren er lett tilgjengelig for de fleste norske geologer siden grensesnittet er nesten identisk med ArcGIS, som de fleste bruker daglig. Da er opplæringstiden kort og en sparer mye tid i felt. Smidigheten mellom kartgrensesnittet og den MS Access-basert database er meget bra og data er lett å legge inn, og samtidig lett å fremstille og organisere.
- Endringen i arbeidsmetoder i felt er betydelig siden det ikke lenger er behov for verken dagbok eller kart. Tidsbesparelsen med bearbeidning på kveldene mens feltarbeid pågår eller tilbake på kontoret er drastisk forminsknet. Dette innebærer mer tid til kritisk vurdering av data i felt, finsliping av modeller og tolkning som leder til et mye bedre produkt enn før.