

Optimering av geoelektrisk tomografi för undermarksbyggande – Steg 2

Optimisation of geoelectrical tomography for underground construction applications – Step 2

Teknisk geologi, LTH/Lunds universitet
Engineering Geology, Lund University

BeFo projekt 511

Sammanfattning

Det övergripande syftet är att bidra till att skapa bättre ingenjörsgelogiska förväntningsmodeller med avseende på bergkvalitet och djup till berg genom att utveckla bättre förundersökningsteknik, för att bidra till ett miljömässigt och ekonomiskt mera hållbart byggande genom minimering av geologisk risk. Målet är att öka tids- och kostnadseffektiviteten för DCIP (Direct Current resistivity and Induced Polarisation) tomografi genom forskning kring och utveckling av undersökningstekniken, för att möjliggöra skapandet av bergmodeller med bättre upplösning i 3D och mindre osäkerheter i bestämningen av materialegenskaperna. Projektets specifika mål är anpassa och utveckla mätmetodik och mätteknik så att man på ett mera tids- och kostnadseffektivt sätt kan genomföra DCIP tomografi i 3D, med förbättrad datakvalitet och kvantifiering av denna. I målet ingår att utveckla en hårdvaruprototyp med tillhörande programvara för att möjliggöra test och utvärdering av utvecklad metodik och teknik i full skala. Steg 1 omfattade analys av hur mångkanalig mätning ska konfigureras för att optimera informationsinnehåll och signal-brusförhållande i mätdata, och hur mätmetodik och mätkonfigurationer kan anpassas för det. Detta har legat till grund för anpassning och utveckling av en instrumentprototyp. Test, verifiering och utvärdering av prototypen görs i laboratorium och i begränsad fältskala. I Steg 2, som är detta projekt, vidareutvecklas metodiken med avseende på 3D-undersökning, där numerisk modellering är ett centralt verktyg.

Instrumentprototypen vidareutvecklas genom att implementera stöd för synkroniserad mätning med och strömsändning från flera instrument samtidigt. Test, verifiering och utvärdering av prototypen från steg 2 görs i laboratorium och i begränsad fältskala, och ligger till grund för justering av algoritmer och instrumentprogramvara. Fullskaliga fältförsök ska genomföras i Steg 3. I slutet av varje steg görs utvärdering och rapportering, med den största utåtriktade resultatspridningen i slutet av Steg 3.

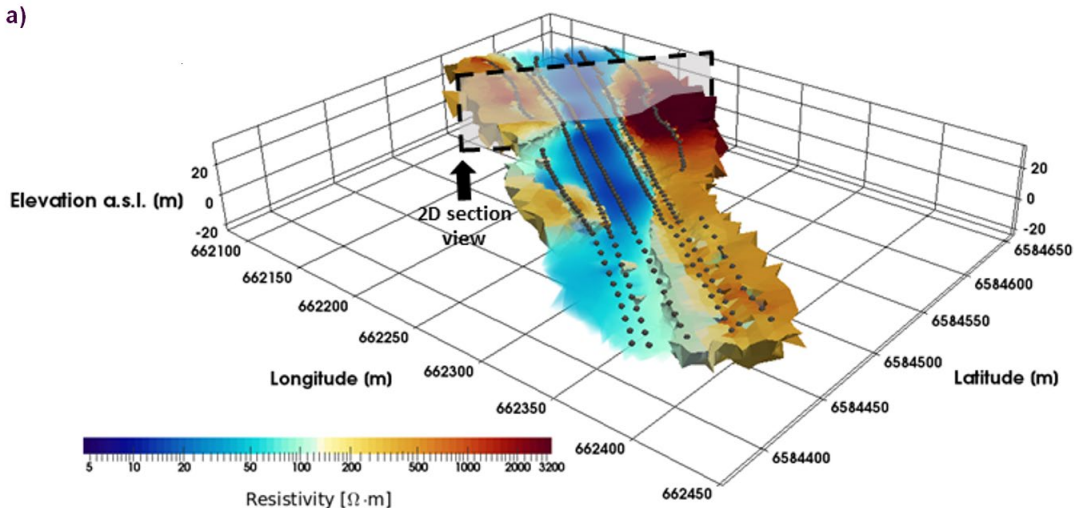
Summary

The overall aim is to help create better engineering geological conceptual models, regarding groundwater occurrence, rock quality and depth to rock by developing better pre-investigation technology, in order to contribute to environmentally and economically more sustainable construction by minimisation of geological risk. The goal is to increase the time and cost efficiency of DCIP (Direct Current resistivity and Induced Polarization) tomography through research on and development of the surveying technique, to enable the creation of rock models with better resolution in 3D and less

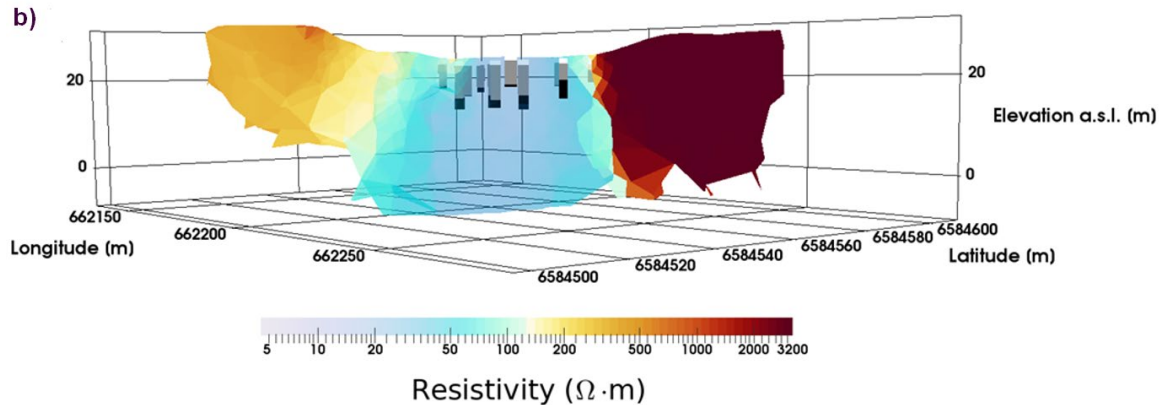
uncertainties in the determination of the material properties. The project's specific goals are to adapt and develop measurement methodology and measurement technology so that in a more time and cost-effective way, DCIP tomography can be implemented in 3D, with improved data quality and quantification thereof. The goal includes developing a hardware prototype with associated software to enable testing and evaluation of developed methodology and technology at full scale. Step 1 included analysis of how multi-channel measurement should be configured to optimize information content and signal-to-noise ratio in measurement data, and how measurement methodology and measurement configurations can be adapted for it. This has been the basis for adaptation and development of an instrument prototype. Testing, verification and evaluation of the prototype is done in the laboratory and on a limited field scale. In Step 2, which is this project, the methodology is further developed with respect to 3D surveying, where numerical modelling is a central tool. The instrument prototype is further developed by implementing support for synchronized measurement with and power transmission from several instruments simultaneously. Testing, verification and evaluation of the prototype is done in the laboratory and on a limited field scale, to be used as basis for adjusting algorithms and instrument software. Full-scale field trials will be carried out in Step 3. At the end of each step, evaluation and reporting is done, with the largest communication of results at the end of Step 3.

Exemplet i Figur 1 visar resultat från en 3D-undersökning vid den planerade Trafikplats Vinsta, Förbifart Stockholm (Rossi et al. 2018). Undersökningen visade på mycket låga resistiviteter och höga IP-effekter till stora djup i de centrala delarna av undersökningsområdet (se Figur 1), vilket tyder på uppsprucket och vittrat berg. Resultatet var initialt svårt att förstå i ljuset av bergprognosen med bra berg ($Q_{bas} > 10$) som tagits fram inom ramen för projekt Förbifarten. När man i samband med byggandet reviderade bergklassificeringen till mycket dåligt berg ($Q_{bas} = 0,1-1$) och sämre bergtäckning än förväntat (Roslin et al. 2018) föll tolkningen på plats. Om den geofysiska undersökningen hade gjorts i ett tidigt skede av förundersökningarna, och använts som underlag för planeringen av ett kvalificerat borrhings- och provtagningsprogram, kunde man undvika en missvisande bergprognos och slippit förseningar och extrakostnader kopplade till det. 3D-undersökningen var dock tidsödande på grund av att själva mätandet tog mycket lång tid, och att det var önskvärt att mäta nattetid för att få tillräckligt bra datakvalitet. Detta ledde till att det inte gick att mäta färdigt under en natt, utan det skulle behövs flera nätter för att hinna mäta under de få timmar när mätstörningarna är mindre. Av praktiska skäl genomfördes undersökningen under två dygn, vilket gav två natters mätande plus mätning med högre störningsnivåer dagtid, vilket ledde till att cirka 2/3 av mätdata fick kasseras. Resultaten blev likväl användbara (Figur 1), men mera data, bättre datakvalitet och optimerade mätkonfigurationer hade kunnat ge bättre upplösning och mindre osäkerhet i modellerna. Detta visar ett behov av metodutveckling för att möjliggöra snabbare mätningar och bättre hantering av mätstörningar.

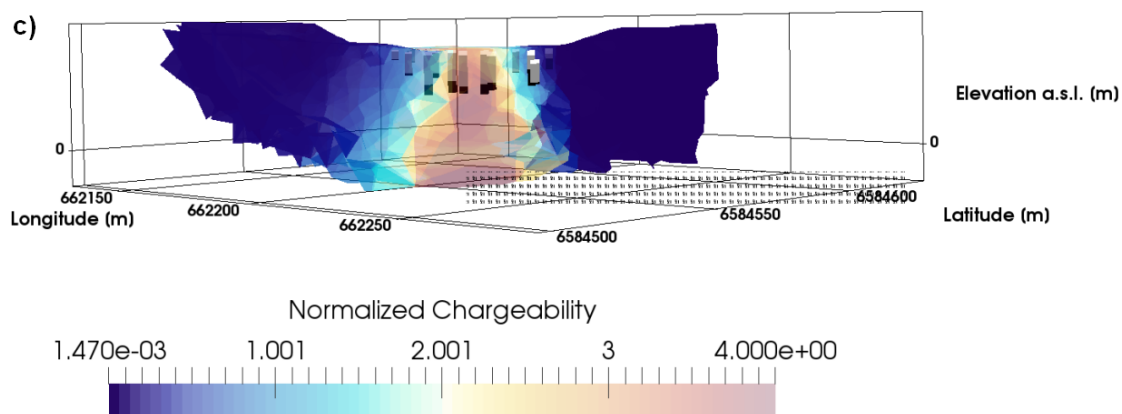
a)



b)



c)



Figur 1. Exempel på utsnitt ur 3D modell från Tpl Vinsta, Stockholm; a) Vy över resistivetsmodell med placering av tvärsnitt markerat. b) Tvärsnitt av resistivitet. c) Tvärsnitt av normaliserad IP-effekt (uppladdnings-förmåga). Resultatet från geotekniska sonderingar är markerade i tvärsnitten (vitt = fyll, grått = jord, svart = berg). (Rossi et al. 2018)

Figure 1. Example of section from 3D DCIP model from Tpl Vinsta, Stockholm; a) View of resistivity model with location of cross section marked. b) Cross section of resistivity. c) Cross-section of normalized IP effect (chargeability). The results from geotechnical soundings are marked in the cross-sections (white = fill, gray = soil, black = rock). (Rossi et al. 2018)