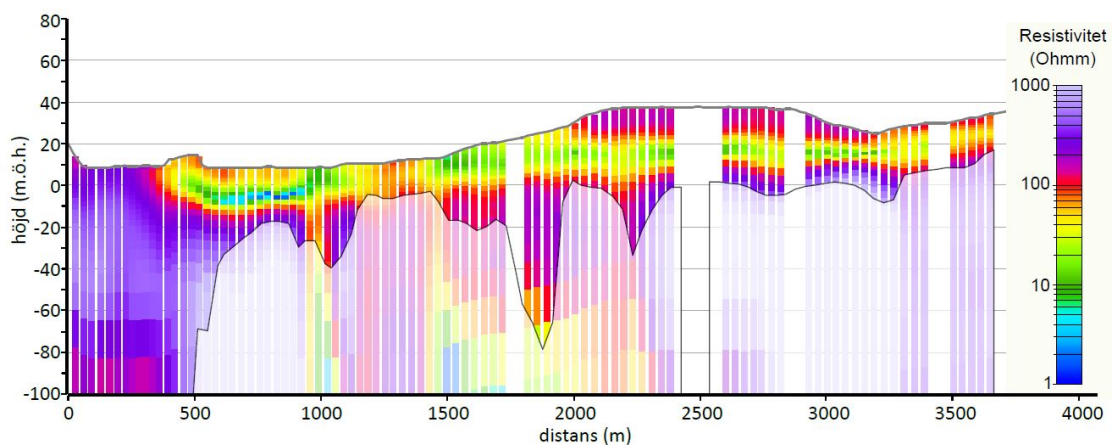


Resistivetssektioner längs flygmättningslinjer, Laholm

Cecilia Brolin

oktober 2020

SGU-rapport 2020:29



Omslagsbild: Resistivitetssektion nr 89.
Grafik: Cecilia Brolin

Författare: Cecilia Brolin
Granskad av: Lena Persson
Ansvarig avdelningschef: Kaj Lax
Redaktör: Åsa Gierup

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning.....	4
Inledning.....	4
Intressenter och samarbetspartner	4
Syfte.....	4
Underlag.....	6
Kartor och databaser.....	6
Terrängläge och geologisk översikt.....	6
Mätområdet.....	6
Metoder.....	7
Mätssystem - SkyTEM.....	7
Inversionsmetod	7
Modellens begränsningar och osäkerhet.....	8
Resultat.....	8
Referenser.....	8

SAMMANFATTNING

Helikopterburna transient elektromagnetiska mätningar (TEM) har utförts i ett område vid Laholm (fig. 1) och har gett 193 resistivitetssektioner. Flygmättningsprofilerna är parallella och går i nordvästsydostlig riktning, med ca 200 m avstånd. Resistivitetssektionerna ger en god bild av resistivitetsfördelningen i marken och kan, tillsammans med annan geologisk data och kunskap, användas för att tolka markens uppbyggnad. En första tolkning av data och utpekande av intressanta områden för vattenförsörjning har publicerats (Dahlqvist m.fl. 2019).

INLEDNING

Resistivitetsmodellerna har producerats inom projektet ”SkyTEM Halland” vid Sveriges geologiska undersökning (SGU). Projektets syfte var att samla in och tolka data från helikopterburna TEM-mätningar för att peka ut områden som är intressanta ur ett grundvattenperspektiv.

Resistivitetssektionerna är framtagna i projektet ”Geodata i 3D” vid SGU som har som mål att utveckla SGUs arbete med 3D-modellering med särskilt fokus på grundvatten och dricksvattenförsörjning. Projektet ingår till en del i regeringens uppdrag till SGU angående utökad kartläggning och karaktärisering av grundvattenresurser (2018–2020).

Resistivitetssektionerna går att se i SGUs 3D-visare.

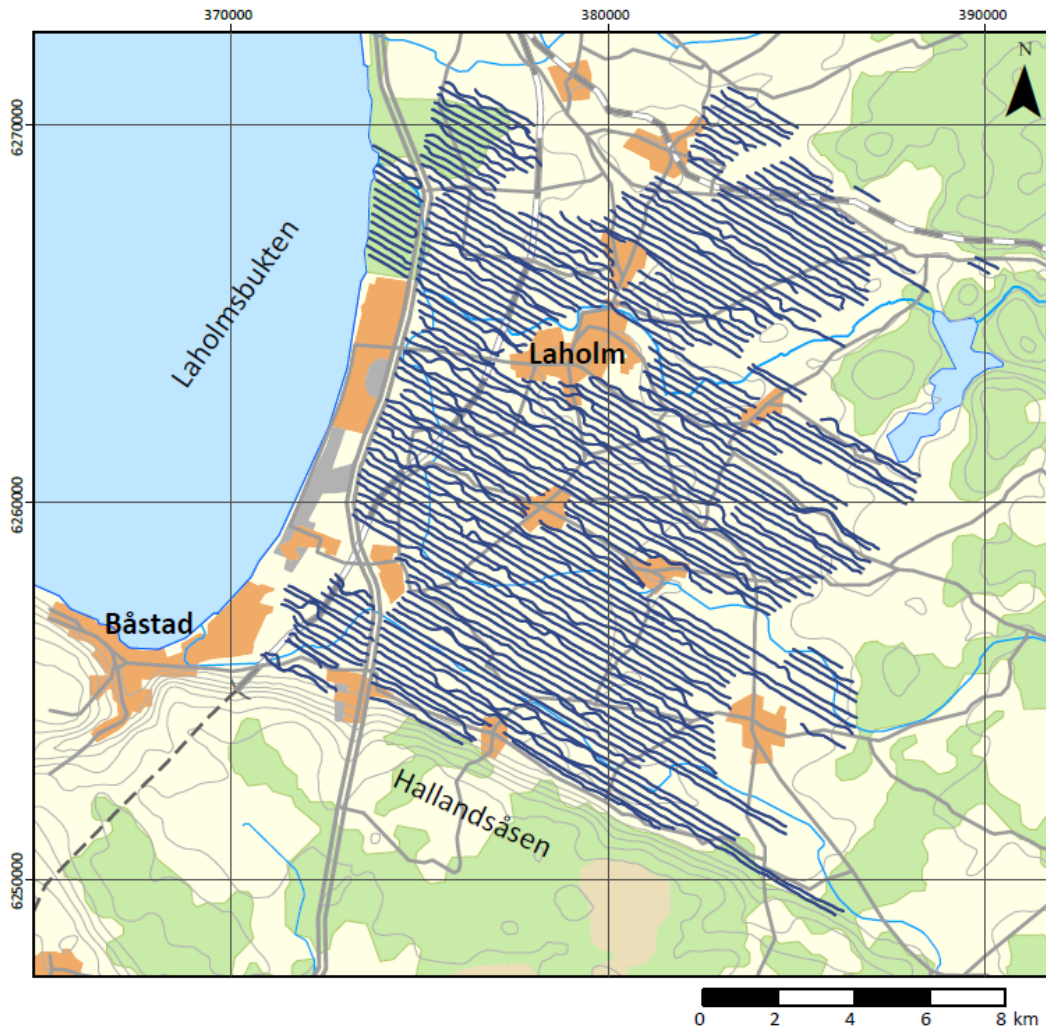
I denna rapport används ordet flygmättningslinje för att beskriva den linje (projicerad på markytan) längs vilken helikoptern har flugit för att samla in data (fig. 1). Ordet resistivitetssektion avser den tvärsnitt som visar resistivitetsfördelningen längs en linje, här alltid en flygmättningslinje (fig. 2). En resistivitetsmodell syftar på varje individuell modell på resistivitetssektionen. Sektionen redovisas med distans på x-axeln och med meter över havet på y-axeln (fig. 2).

Intressenter och samarbetspartner

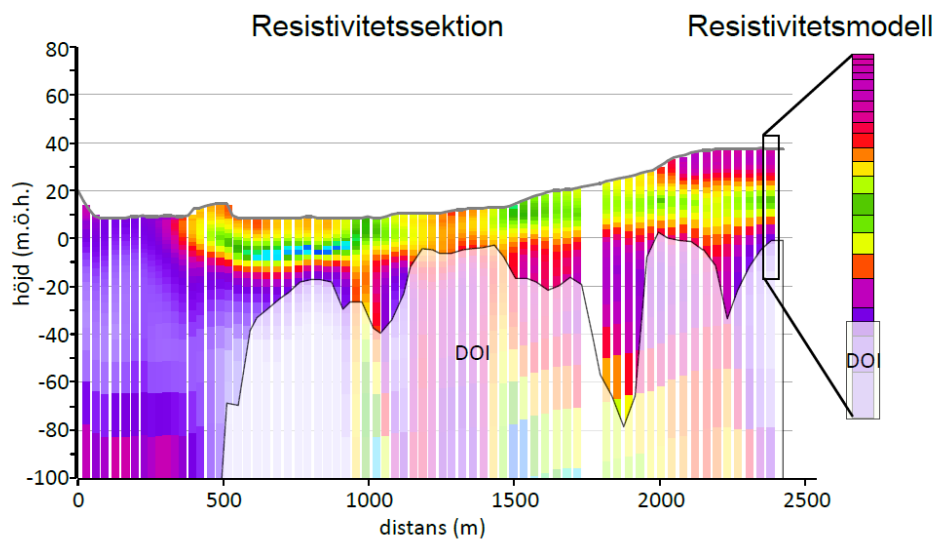
Intressenter för resistivitetssektionerna är kommuner och länsstyrelser med intressen och verksamheter inom området, och till dem knutna konsulter. Tolkning av resistivitetssektionerna kan, i kombination med annan information så som lagerföljdsuppgifter från borrhningar, geologiska konceptuella modeller och andra geofysiska mätningar, ge information om jordlagernas uppbyggnad, jorddjup och vattenmättnadsgrad i jordlagerna.

SYFTE

Resistivitetssektionerna har legat till grund för den hydrogeologiska tolkning som har gjorts inom mätområdet där intressanta områden ur grundvattensynpunkt har utpekats (Dahlqvist m.fl. 2019). Syftet med att publicera flygmättningslinjer och resistivitetssektioner i en kartvisare är att på ett enklare sätt visa data för intressenter.



Figur 1. Flygmätninglinjer över Laholmslätten i området vid Laholm.



Figur 2. Resistivetssektion och resistivetsmodell längs flygmätninglinje.

UNDERLAG

Kartor och databaser

Lantmäteriets höjddata GSD-Höjddata, grid 2+. Omräknat till cellstorlek 10 × 10 m.

TERRÄNGLÄGE OCH GEOLOGISK ÖVERSIKT

Mätområdet karaktäriseras av ett slättlandskap med höjdområden i öster och Hallandsåsen som gräns mot söder. Jordlagerföljden består i allmänhet av ett övre sandlager, eller ett sand- och gruslager med varierande mäktighet. Under detta förekommer oftast ett mäktigt lerlager. Lerlagrets mäktighet är ca 50–60 m längst ut vid kusten, och minskar i allmänhet österut. Under leran förekommer antingen ett sand- och gruslager, eller ett tunt lager av morän. De huvudsakliga grundvattentillgångarna finns i de undre sand- och grusavlagringarna. Berggrunden i området domineras av gnejs, men i den sydvästra delen av området överlagras gnejsen av sedimentär berggrund som också utgör ett grundvattenmagasin. För mer information om jord och bergarter i området hänvisas till Dahlqvist m.fl. 2019.

Mätområdet

Flygmättningslinjerna sträcker sig i nordvästsydostlig riktning och täcker stora delar av Laholmsslätten (fig. 1). Avståndet mellan profilerna är ca 200 m. Resistivitetssektionerna redovisas från + 80 m till -100 m över havsytans nivå. I varje profil redovisas ett ungefärligt undersökningsdjup, depth of investigation (DOI), beräknat för varje resistivitetsmodell. Under den nivån har modellen en större osäkerhet och modellen är därför rasterad (fig. 2). Resistivitetsmodellerna är uppbyggda av 30 lager, med en ökande tjocklek på djupet (tabell 1 och fig. 2) och har ett inbördes avstånd på ca 30–40 m.

Tabell 1. Modellerade lagrets tjocklek och dess undre begränsning.

Lager nr	Lagrets tjocklek (m)	Undre lagergräns
1	1,0	1,0
2	1,1	2,1
3	1,2	3,3
4	1,3	4,6
5	1,4	6,0
6	1,5	7,5
7	1,6	9,1
8	1,7	10,8
9	1,8	12,6
10	2,0	14,6
11	2,2	16,8
12	2,4	19,2
13	2,6	21,8
14	2,8	24,6
15	3,0	27,6
16	3,4	31,0
17	3,8	34,8
18	4,2	39,0

Lager nr	Lagrets tjocklek (m)	Undre lagergräns
19	5,0	44,0
20	6,2	50,2
21	9,5	59,7
22	13,0	72,7
23	18,0	90,7
24	25,0	115,7
25	35,0	150,7
26	50,0	200,7
27	80,0	280,7
28	120,0	400,7
29	200,0	600,7
30	∞	∞

METODER

Den insamlade datamängden består av mätningar av avklingningsförloppet av ett inducerat sekundärt magnetfält. Från data till resistivitetsmodell används inversionsmodellering.

Mätsystem - SkyTEM

Insamling av data har utförts med mätsystemet SkyTEM 306M HP av företaget SkyTEM Aps. Mätsystemet består av en ram som monteras hängande under en helikopter. Ramen utgör själva spolen i mätsystemet, genom vilken en stark ström skickas som sedan stängs av momentant och ger upphov till ett magnetiskt fält. Responsen på det magnetiska fältet i omgivande material ger upphov till ett sekundärt inducerat elektriskt och magnetiskt fält. Förändringen i det sekundära magnetiska fältet mäts i en mottagarspole som också hänger under helikoptern. Styrkan på fältet och hur snabbt det avklingar beror på primärfältets styrka, markens elektriska ledningsförmåga, flyghöjd och förekomsten av olika störningar. Rådata består av avklingningskurvor (även kallad TEM-sondering) för det inducerade magnetfältet (dB/dt).

Inversionsmetod

Data från mätningarna bearbetas och inverteras i programvaran Aarhus Workbench, Aarhus GeoSoftware. Först kvalitetsgranskas data och den felaktiga rensas bort. Störningar kan bero på många olika källor och är oundvikliga när mätningar görs i områden med infrastruktur. Kvalitetsgranskningen görs både genom en automatiserad och en manuell process. Efter datarensningen skapas resistivitetsmodeller genom inversion.

Inversion innebär att man ansätter en resistivitetsmodell och beräknar vilken respons den skulle ge upphov till (för TEM en avklingningskurva av magnetfältet). Den beräknade och uppmätta responsen jämförs, och modellen ändras i en iterativ process till dess att beräknad och uppmätt data är tillräckligt nära varandra. Den använda modellen antar att marken är uppbyggd av 30 lager med ökande mäktighet på djupet (tabell 1 och fig. 2). Vid inversion antas att resistiviteten enbart varierar med djupet och modellen är därför att betrakta som endimensionell. Inversionen anpassas så att det är mjuka övergångar för resistivitetsvärdena i både vertikal- och horisontalled (smooth inversion). Den horisontella anpassningsmetodiken kallas ”spatially constrained

inversion” (SCI) (Viezzoli m.fl. 2008). Resultatet blir en kvasi-3D- modellering av resistivitetsfördelningen.

Inversionen ger också en uppskattning för djupkänningen (DOI) för varje modell. Gränsen för DOI är inkluderad i resistivitssektionerna, genom att modellerna är rasterade under denna gräns. DOI ska dock inte ses som en exakt nivå.

MODELLENS BEGRÄNSNINGAR OCH OSÄKERHET

Resistivitssektionerna visar en möjlig resistivitetsfördelning i marken längs flygmätninglinjerna. Resultaten beror på kvaliteten av ingående data och de geologiska förutsättningarna för mätmetoden. I första steget rensas data från störningar så att endast variationer som avspeglar geologin ska vara kvar. Denna störningsrensning är mycket omfattande och består av många avväganden. Det kan finnas kvar störningar i data som inte har identifierats. Inversionen är en matematisk process och ger en möjlig modell av de data som samlats in. Modellen antar att resistiviteten endast varierar med djupet (endimensionell) vilket är en generalisering av en tredimensionell värld.

Trots de osäkerheter som förekommer i dataunderlaget utgör resistivitssektionerna ett mycket bra tolkningsunderlag för geologin i området. Jämförelser med lagerföljder från borrhningar har visat att modellerna är rimliga och ger en bra bild av jordlagerföljderna i området (Dahlqvist m.fl. 2019).

RESULTAT

Längs totalt ca 1 100 km har 193 resistivitssektioner tagits fram. Totalt finns det ca 17 000 resistivitsmodeller inom undersökningsområdet. Modellerna i kombination med annan geologisk information och kunskap ger ett mycket bra underlag för att tolka markens uppbyggnad. Beroende på det tänkta användningsområdet för resistivitssektionerna och den antagna geologiska komplexiteten inom mätområdet är skalan för användningsområdet mycket varierande. Inom mätområdet framträder de mäktiga lerlagerna mycket tydligt som lågresistiva enheter, och deras geometrier går att avgränsa. De marina lerorna går också att urskilja eftersom de har lägre resistivitet. Över stora delar av området kan nivån för det kristallina urberget identifieras under jordlagerna. Det sedimentära berget är däremot svårare att avgränsa, främst på grund av de mycket mäktiga leror som finns ovanpå berget och som tar all signalstyrka.

REFERENSER

Dahlqvist, P., Brodin, C., Hellstrand, E., Erlström, M., Gustafsson, M., Malmberg Persson, K., Engdahl, M., Lång, L.-O & Andersson, J., 2019: Helikopterburna TEM-mätningar i Halland – Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning, *Rapporter och meddelanden 147*. Sveriges geologiska undersökning, 124 s.

Viezzoli, A., Christiansen, A.V., Auken, E., Sørensen, K., 2008: Quasi-3D modelling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. *Geophysics* 73, 105–113.