# Helikopterburna TEM-mätningar i Vombsänkan, Skåne

- Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning

Peter Dahlqvist, Maria Åkesson, Mikael Erlström, Jonas Ising, Mattias Gustafsson, Cecilia Brolin & Frans Lundberg

juni 2021

SGU-rapport 2021:23





Omslagsbild: Till vänster: Foto på SkyTEM-systemet i luften från undersökningsområdet vid Sjöbo flygklubb. Fotograf: Peter Dahlqvist. Uppe till höger: En resistivitetskarta som visar resistiviteten för nivån 0–2 m inom undersökningsområdet. Nere till höger: En resistivitetsprofil vid, samt lagerföljd för, ett av borrhålen utförda vid undersökningen.

Författare: Peter Dahlqvist, Maria Åkesson, Mikael Erlström, Jonas Ising, Mattias Gustafsson, Cecilia Brolin & Frans Lundberg

Granskad av: Lena Persson och Jakob Levén Engelskt Abstract: Bradley Goodfellow Ansvarig enhetschef: Jakob Levén

Redaktör: Johan Sporrong

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

www.sgu.se

# INNEHÅLL

Sammanfattning	4
Abstract	5
Termer	6
Inledning	7
Mål och syfte	8
Undersökningsområde	9
Geologi	11
Berggrund	11
Jordarter	18
Hydrogeologiska förhållanden och vattenförsörjning	22
Grundvattenmagasin och vattenförsörjning i jordlagren	23
Grundvattenmagasin och vattenförsörjning i berggrunden	26
Genomförda undersökningar	28
SkyTEM	28
Borrningar och borrhålsloggning	30
Tolkningsstöd	31
Resultat och tolkningar	33
Borrningar	35
Bergöveryta och jorddjupsmodell	58
Resistivitetsfördelning inom geologiska typområden	61
Jordlager	61
Berggrund	66
Större förkastningar och avgränsningar i berggrunden	69
Hydrogeologiskt intressanta områden	71
Slutsatser och diskussion	76
Referenser	79
Bilaga 1. Lagerföljder från utförda borrningar	82
Bilaga 2. Resistivitet för modellerade lager	85

## SAMMANFATTNING

Under hösten 2019 utförde Sveriges geologiska undersökning (SGU) undersökningar i Vombsänkan i Skåne med hjälp av helikopterburen transient elektromagnetisk mätning (ATEM – Airborne Transient ElectroMagnetic). Det primära syftet var att kartlägga och tydliggöra områden som kan vara lämpliga för större grundvattenuttag genom att studera de hydrogeologiska förutsättningarna i området. Undersökningen är ett led i det regeringsuppdrag SGU fick 2018 med syfte att karakterisera grundvattenresurser i bristområden.

Undersökningsområdet sträcker sig från Lunds kommun i västnordväst till Ystads kommun i ostsydost. Området består av en sänka i berggrunden och avgränsas i sydväst av Romeleåsens urbergsrygg och i nordost av Fyledalsförkastningen. Berggrunden består i huvudsak av leriga kalkstenar, sandstenar och lerstenar. Jordlagren består vid sänkans sidor av morän och de centrala delarna av sand- och grusavlagringar. Jorddjupen är stora och mäktigheten ofta över 30 m. Det finns akviferer i såväl jordlagren som i berggrunden.

ATEM-mätningarna utfördes med mätsystemet SkyTEM av ett danskt företag med samma namn. Denna metod mäter markens resistivitet ned till ett djup på cirka 200 m. Mätning sker längs parallella flyglinjer med cirka 200 m mellanrum vilket, tillsammans med information på djupet, gör det möjligt att kartlägga geologin inom undersökningsområdet i tre dimensioner. Mätinstrumentet hänger under helikoptern i en 300 m<sup>2</sup> stor ram som befinner sig cirka 30–50 m över marken under mätningen. Totalt mättes cirka 3 300 linje-km med en areal på cirka 760 km<sup>2</sup>.

Jordlagrens och berggrundens resistivitet beror bland annat på dess innehåll av lera och vatten. SGU beskriver i Brolin och Dahlqvist (2020) mer ingående ATEM-metoden samt hur resistivitetsdata bearbetats och analyserats. Som ett komplement till befintliga lagerföljdsdata utfördes tio skruvborrningar i jordlagren och åtta hammarborrningar genom jord- och berglager. I fem borrhål utfördes även geofysisk borrhålsloggning.

Resultaten visar att ATEM-metodiken lämpar sig väl för karakterisering av vissa jord- och berglager i undersökningsområdet. Särskilt väl fungerar metoden för att urskilja olika lager i den sedimentära berggrunden vilket möjliggör en tredimensionell kartläggning av den sedimentära berggrunden, till exempel sandstenslagrens utbredning. Tack vare detta kan man även identifiera ett flertal förkastningszoner i området. Ett av de viktigaste resultaten är att gränsen mellan jord och berg har kunnat bestämmas med betydligt större noggrannhet än tidigare vilket resulterat i en reviderad och mer tillförlitlig jorddjupsmodell.

I Vombsänkan har vi pekat ut ett antal områden som kan vara av intresse när det gäller konstgjord infiltration, det rör sig om områden med mäktiga sand- och grusavlagringar med omättad zon. Vi har även pekat ut ett antal områden med stora jorddjup som ligger likt begravda dalgångar delvis bestående av sand- och grusavlagringar som bedöms som potentiella större grundvattenresurser. I tre borrhål, Revinge, Hemmestorp och Sövdeborg, förekommer sandstenslager vilka är kraftigt vattenförande (24 000 till > 60 000 l/tim). Med hjälp av ATEM-data kan dessa lateralt uthålliga sandstenssekvenser tydligt urskiljas och kartläggas. Underlaget från dessa undersökningar utgör en god bas för vattenförsörjningsplanering i området.

## ABSTRACT

In the autumn of 2019, the Geological Survey of Sweden (SGU) conducted surveys in Vombsänkan in Skåne using helicopter-borne transient electromagnetic measurement (ATEM – Airborne Transient ElectroMagnetic). The primary purpose was to study the hydrogeological conditions in the area to identify and map groundwater reservoirs that may be suitable for largescale extraction. The survey is part of the government assignment that SGU received in 2018 with the aim of characterizing groundwater resources in areas where shortages occur.

The study area extends from Lund municipality in the west–northwest to Ystad municipality in the east–southeast. The area consists of a bedrock depression bounded on the southwest by the ridge of Romeleåsen and on the northeast by the Fyledal Fault. The bedrock in Vombsänkan consists mainly of muddy limestones, sandstones, and clay rocks. The soil comprises glacial till at the margins of the depression and sand and gravel deposits in the center. The soil cover is thick throughout the depression, often exceeding 30 m. Aquifers occur in both the soil and in the bedrock.

The ATEM measurements were performed with the Danish SkyTEM measurement system. Measurements of resistivity were made along parallel flight lines at approximately 200 m intervals to provide stratigraphic information to 200 m depth. This permits three-dimensional mapping of geologic characteristics, including soil and bedrock stratigraphy, clay content, and the spatial distribution of groundwater. During measurement, the instrument is suspended under the helicopter in a 300 m<sup>2</sup> frame about 30–50 m above the ground. In total, approximately 3 300 line-km were measured, covering an area of about 760 km<sup>2</sup>.

The resistivity of soil and bedrock depends upon various factors, including clay and water content. Brolin and Dahlqvist (2020) detail the ATEM method and how resistivity data have been processed and analyzed. To improve existing soil stratigraphy data, eighteen drillings were carried out in the soil and eight through soil and rock. Geophysical borehole logging was also performed in five locations.

The results show that the ATEM methodology is well suited to the characterization of certain soil and rock layers in the study area. The method works particularly well for distinguishing different layers in the sedimentary bedrock, which enables three-dimensional mapping of units, such as sandstone, and permits identification of tectonic faults. Another key result is that the soil-rock interface has been determined at much greater accuracy than was previously possible, which has resulted in a revised, more reliable soil depth model of the study area.

In Vombsänkan, we have highlighted areas with unsaturated zones hosted in Quaternary sand and gravel deposits that may be of interest for artificial infiltration. We have also highlighted bedrock valleys buried by thick sand and gravel fills as potentially large groundwater resources. Heavily waterlogged (24 000 to > 60 000 l/h) sandstone units were identified in the Revinge, Hemmestorp and Sövdeborg boreholes. Using ATEM data, these laterally-extensive sandstone sequences could be clearly identified and mapped. These combined data provide an excellent basis for water supply planning, both in the study area and its vicinity.

## TERMER

Akvifer: En vattenförande formation i jord eller berg som kan avge vatten i användbara volymer.

Artesisk brunn: Brunn där grundvattennivån står över markytan.

**ATEM:** Airborne Transient ElectroMagnetic. Luftburen TEM-metod.

**Borrhålsloggning:** Olika geofysiska mätinstrument förs ner i ett borrhål och registrerar borrhålsväggens och grundvattnets fysikaliska egenskaper.

Brunnsarkivet: SGUs brunnsarkiv som tar emot och lagrar information om brunnar enligt lagen om uppgiftsskyldighet (SFS 1975:424).

Diamikt: Osorterade sediment.

Drumlin: Landform av morän.

**DGPS:** Differentiell GPS (globalt positionssystem) där en ökad noggrannhet ner till centimeternivå uppnås genom systematisk korrektion.

**Grundvattenmagasin:** En hydrauliskt avgränsad enhet av en eller flera geologiska formationer som medger uttag av grundvatten.

Hydraulisk konduktivitet, K (m/s): Ett mått på markens vattengenomsläpplighet.

**Konsoliderad:** Sediment som genom tryck och kemiska utfällningar hårdnat. Exempelvis sand som konsoliderats till sandsten genom att kalciumkarbonat fällts ut i porutrymmet, motsatsen är Okonsoliderad.

Litologi: Beskrivning av jord- eller bergart beroende på kornstorlek och mineralsammansättning.

Palynologisk: Mikroskopiska undersökningar av fossila sporer och pollen.

Resistivitet: Ett materials motstånd till att leda elektrisk ström.

RH2000: Rikets höjdsystem.

Sandurfält: Isälvsavlagringar som bildats framför en glaciär.

**Seismik:** Geofysisk metod som utnyttjar hur en tryckvåg breder ut sig i marken, utnyttjas framför allt för bestämning av jorddjupet.

**Skruvborrning:** En jordskruv roteras ner genom jordlagren med en borrbandvagn. Skruven tas upp och bedömning av jordart samt eventuell provtagning görs i fält.

**SkyTEM:** Helikopterburen TEM-metod anpassad för hydrogeologiska tillämpningar. SkyTEM är också namnet på det företag som utför mätningarna.

**Sondering:** En spets trycks, vrids eller slås ner genom jordlagren med en borrbandvagn. Motståndet mot neddrivningen registreras och tolkas till jordart.

TEM: Transient ElectroMagnetic, en tidsdomän elektromagnetisk geofysisk mätmetod.

**Voxel**: En tredimensionell motsvarighet till en pixel. En voxel motsvarar en volymenhet med en bestämd dimension.

## INLEDNING

I spåren av de torra somrarna 2016 och 2017 fick Sveriges geologiska undersökning (SGU) hösten 2017 i uppdrag av regeringen att under åren 2018–2020 förfina och utöka kartläggning och karakterisering av grundvattenresurser i särskilt utsatta områden. Syftet med kartläggningen var att ta fram ett förbättrat planeringsunderlag som underlättar och förbättrar kommunal och regional vattenförsörjningsplanering. Särskilt utsatta områden är områden med en förhöjd risk för att tillgången till grundvatten av god kvalitet inte uppfyller de behov som grundvattenanvändningen medför (Hjerne m.fl. 2018).

En beprövad och kostnadseffektiv metod för att snabbt samla in högupplöst undermarksinformation över stora områden är via helikopterburen transient elektromagnetisk mätning (ATEM). Mätningarna genererar tredimensionell information om markens resistivitetsfördelning ned till som mest cirka 200 m djup, som i kombination med övriga geologiska och geofysiska data (framför allt lagerföljder från borrningar) kan tolkas om till geologiska förhållanden och hydrogeologiska förutsättningar. Mätmetoden lämpar sig väl i områden med mäktiga jordlager och sedimentär berggrund. I dessa geologiska miljöer kan man ofta hitta jord och berglager där förutsättningarna för grundvattenuttag är goda respektive sämre, varför metoden lämpar sig extra väl för just kartläggning av grundvattenresurser. SGU har sedan 2013 utfört omfattande undersökningar på Gotland, Öland och i Halland, Västergötland, Östergötland samt Örebro län med samma teknik och goda resultat (Dahlqvist m.fl. 2015, 2017, 2018a, 2019, 2020a, 2020b, Persson m.fl. 2020).

Skåne utgör en del av Sverige där de geologiska förutsättningarna för ATEM-mätningar generellt är goda. I Skåne bedöms vidare risken för bristsituation med avseende på grundvatten som stor (Hjerne m.fl. 2018). Behovet och känsligheten vid vattenbrist är betydande till följd av det höga befolkningstrycket, den stora jordbrukssektorn och diverse andra verksamheter som nyttjar eller kan påverka grundvattnet såväl kvantitativt som kvalitativt. Samtidigt indikerar klimatmodelleringar minskad grundvattenbildning i regionen (Rodhe m.fl. 2009) framöver vilket ytterligare spär på risken för brist på grundvatten av god kvalitet i tillräcklig mängd.

Mot denna bakgrund beslutade SGU att inom ramen för ovan nämnda regeringsuppdrag, låta utföra helikopterburna TEM-mätningar över stora delar av Skåne och Blekinge under oktobernovember 2019. Totalt undersöktes ett område på cirka 2 300 km<sup>2</sup> vilket motsvarar cirka 10 000 linje-km datainsamling. I denna rapport redovisas resultaten av de mätningar som utförts i Vombsänkan, från Gårdstånga i nordväst till Kåseberga i sydost. Totalt rör det sig om cirka 3 300 linjekm med en areal på cirka 760 km<sup>2</sup>. Undersökningarna har även omfattat kompletterande borrningar i jord och berg, samt geofysisk borrhålsloggning i berg.

Rapporten utgör inte en fullständig redovisning av all insamlad information utan redogör för hur data har bearbetats och tolkats i delar av undersökningsområdet, i syfte att öka kunskapen om de hydrogeologiska förutsättningarna i området i stort och samtidigt peka ut intressanta områden ur ett hydrogeologiskt perspektiv. SGUs målsättning är att materialet ska komma samhället till nytta genom såväl vidare användning inom myndigheten som genom externa intressenter. Datamängden kan studeras via SGUs 3D-visare, och beställas via SGUs kundservice.

Rapporten vänder sig framför allt till de som arbetar med grundvatten- och allmängeologiska frågor inom undersökningsområdet såsom länsstyrelsen, berörda kommuner och VA-bolag samt förmodade framtida direkta användare av data såsom konsulter. I avsnittet *Resultat och tolkningar* finns ingående redovisningar av samtliga borrningar, dess relation och betydelse för tolkning av resistivitetsdata. Därefter finns en genomgång av typiska resistivitetsmönster i jordlagren och berggrunden inom området. Slutligen finns ett avsnitt om hydrogeologiskt intressanta miljöer och områden inom Vombsänkan. En utförlig beskrivning av bearbetningen av ATEM-data finns i Brolin och Dahlqvist (2020)

## MÅL OCH SYFTE

Undersökningen syftar övergripande till att öka kunskapen om de geologiska och hydrogeologiska förhållandena i Vombsänkan i Skåne. Mer konkret har målsättningen varit att generera:

- utökad kunskap om jordlagrens uppbyggnad i tre dimensioner
- en förbättrad modell över bergöverytans läge och därmed jorddjup
- utpekande av hydrogeologisk intressanta miljöer som begravda dalar och förkastningar
- underlag för att skapa geologiska och hydrogeologiska 3D-modeller.

Den insamlade informationen och de nya insikterna bedöms, i enlighet med regeringsuppdragets instruktion, bidra till förbättrad kommunal och regional vattenförsörjningsplanering genom ett förbättrat bedömningsunderlag avseende exempelvis:

- planering av kommunal dricksvattenförsörjning och vattenskyddsområden
- planering och tillsyn av brunnar för enskild vattenförsörjning, geoenergi och avlopp
- vattenförvaltningsarbete och vattenförsörjningsplaner
- undermarksplanering och infrastrukturprojekt.

Fokus för rapporten har varit att identifiera geologiska miljöer och områden där det kan finnas goda förutsättningar för större grundvattenuttag. Underlaget kan dock användas för en mängd olika frågeställningar som rör mark, grundvatten, undermarksarbeten och inte minst klimatanpassningsfrågor (fig. 1).



**Figur 1.** Basen för en hänsynsfull samhällsplanering är ett tillförlitligt geologiskt underlag. Underlaget krävs för en långsiktigt hållbar användning, för bevarande och skyddande av viktiga vattenresurser. Figuren är omgjord från figur 1 i SGU-rapport 2009:24.

## UNDERSÖKNINGSOMRÅDE

Undersökningsområdet framgår av figur 2 och sträcker sig från Gårdstånga i nordväst till Kåseberga i sydost. Området motsvarar den så kallade Vombsänkan, ett förhållandevis låglänt område om cirka 759 km<sup>2</sup>, i centrala och sydöstra Skåne. Sänkan ligger inom den så kallade Sorgenfrei-Tornquistzonen och är tektoniskt bildad av förkastningsrörelser i berggrunden. Mot sydväst avgränsas området av Romeleåsen som är en i landskapet tydligt framträdande urbergsrygg. Fyledalens Förkastningszon utgör den nordostliga begränsningen, vars utsträckning är förhållandevis anonym i stora delar av terrängen. Vombsänkans norra del är karakteristiskt flack. Mot söder är landskapet mer kuperat och mjukt böljande. I undersökningsområdets södra del sätter vidare Fyledalens dalgång, utmed Fyledalens Förkastningszon, tydlig prägel på landskapet.



Figur 2. Undersökningsområdet Vombsänkan i Skåne samt orienteringskarta över södra Sverige.

Vombsänkan präglas av stora, tämligen orörda naturområden och hyser en mångfald växt- och djurarter. Sänkan rymmer ett flertal sjöar och vattendrag, vidsträckta våtmarksområden och betesmarker (fig. 3). Åkermark förekommer men är, i jämförelse med exempelvis sydvästra eller nordöstra Skåne, relativt begränsad i sin omfattning. Bebyggelse förekommer framför allt i form av mindre byar, utmed landsvägar och i en del något större tätorter. Följande kommuner ligger inom undersökningsområdet: Eslöv, Lund, Sjöbo, Tomelilla och Ystad (fig. 2).

I området finns två huvudsakliga större avrinningsområden knutna till Kävlingeån och Nybroån. Ytvattendelaren går från Röddinge genom Fyledalen och ner mot Sövestad. Längst söderut i undersökningsområdet ligger även de mindre avrinningsområdena Kabusaån öster om, och Svartån väster om Ystad.

Huvudsakligen återfinns de större grundvattenmagasinen i Vombsänkan i de mäktiga sand- och grusavlagringar som i vissa fall ligger ytligt och på vissa ställen överlagras av andra, ofta mer täta jordarter, samt i den sedimentära berggrunden. Det finns ett antal kommunala vattentäkter i Vombsänkan. Bland annat har Sydvatten en stor vattentäkt vid Vombfältet där ytvatten från Vombsjön infiltreras och bildar konstgjort grundvatten som förser stora delar av sydvästra Skåne med dricksvatten. Stora uttag görs även från brunnar i Fyledalen, av Tomelilla och Ystads kommun. Från berggrunden är det främst i söder, vid Ystad, det sker stora uttag, både för kommunal dricksvattenförsörjning och för bevattning.



**Figur 3.** Vombsänkan, vy från Romeleåsens golfbana. Notera höjdskillnaden, cirka 150 m ö.h. vid fotoplats, och botten på dalen cirka 50 m ö.h. Foto: Peter Dahlqvist.

### Geologi

#### Berggrund

Vombsänkan är en 5–11 km bred, förkastningsavgränsad, nordväst–sydostligt orienterad gravsänka i berggrunden som sträcker sig från Gårdstånga till Ystad (fig. 4). Sänkan fortsätter utanför land ut i södra Östersjön mot Bornholm. I sydväst avgränsas den av förkastningar knutna till Romeleåsen och Ystad–Rönnehöjdryggen (Erlström & Guy-Ohlson 1994). I nordost gränsar den mot Fyledalens Förkastningszon och Colonusskiffertråget. Urberget i sänkan stupar, med lokala avvikelser som SkyTEM-undersökningarna visar generellt åt nordost. Urberget består av gnejs och granit och går i dagen vid flera ställen på Romeleåsen. Såväl på Romeleåsen som i Colonusskiffertråget påträffas även en stor mängd diabasgångar (fig. 4).

Vår kunskap om berggrundens uppbyggnad på djupet i Vombsänkan kommer främst från sex djupborrningar (Snaven-1, Assmåsa-1, Kullemölla-1, Köpingsberg-1, -3 och Hammar-1; fig. 4) samt seismiska undersökningar av OPAB, Swedegas, SECAB, Lunds universitet och Lunds Tekniska Högskola. Kunskapen om berggrunden i Vombsänkan är, förutom resultaten från de djupa undersökningsborrningarna och tolkningen av seismiska data, till största delen baserad på beskrivning och analyser på borrkaxprover från brunnsborrningar. De flesta brunnar når dock inte ner i de djupare delarna av berggrunden. Det finns endast två kärnborrningar i Vombsänkan (Revinge-1 och Fårarp-1, fig. 4). Båda når ner i understa krita–övre jura och ger värdefull information om lagerseriens uppbyggnad i detta avsnitt.

Den sedimentära berggrunden i Vombsänkan består av mesozoiska lager (trias–jura–krita) som överlagar det prekambriska urberget. Även om det inte är uteslutet pekar befintliga djupborrningar och seismiska data på att äldre paleozoisk berggrund (kambrium–silur) saknas i Vombsänkan, vilket betyder att mesozoisk berggrund förekommer direkt på urberget. En översiktlig stratigrafisk illustration av förekommande berggrundlager ges i figur 5. De äldsta mesozoiska lagren påträffas närmast Romeleåsen och utgörs av den triassiska Kågerödsformationen. Denna har noterats i enstaka brunnsborrningar utmed Romeleåsens nordöstra kant. Några förekomster i de djupare delarna av Vombsänkan har inte påvisats, även om det inte är uteslutet att de lokalt kan förekomma. På dessa spridda förekomster av triassisk berggrund följer en sekvens med under- och mellanjurassisk berggrund, följt av överjurassisk och underkretaceisk berggrund vilken i sin tur överlagras avVombformationen. Den senare bildar berggrundsytan för merparten av Vombsänkan. Merparten av den triassiska och jurassiska berggrunden består av dåligt konsoliderade sandiga och leriga lager med varierande resistivitet. Den underkretacesiska berggrunden är även den mestadels dåligt konsoliderad, finkornig och karbonathaltig. De sandiga lagren är generellt porösa och vattenförande.

Vombsänkan är delad av Herrestadsryggen i en nordvästlig och en sydöstlig del (fig. 4). På Herrestadsryggen påträffas urberget samt tunna lager med undre krita- och juraberggrund avsevärt ytligare än på andra håll i Vombsänkan på grund av vertikala förskjutningar av berggrunden. Söder om Sövde finns också ett område med ytligt liggande urberg och sedimentär berggrund av jura–äldre kretaceisk ålder (fig. 4). Dessa strukturer visar att Vombsänkan inte är en likformig gravsänka utan det finns lokala avvikelser där förkastningsrörelser gjort att underliggande urberg lokalt ligger högre upp än i omgivningarna.

#### Trias—jura

Kunskapen om trias-jura berggrunden som överlagrar det underliggande urberget är begränsad till information från ett fåtal brunnsborrningar och prospekteringsborrningar. Jurassisk berggrund är dock blottad i en överskjuten och brant stående lagerserie i Fyledalens Förkastningszon vid Eriksdal. Dessa lager är däremot inte helt representativa för vad som förkommer på djupet i Vombsänkan. De återspeglar mer den jurassiska berggrunden som tidigare funnits i området nordost om förkastningszonen.



Figur 4. Översiktskarta med borrhål som diskuteras i avsnittet och en profil från NV mot SO, se röd linje i kartan.

Även om trias-jura-undre krita berggrund utgör berggrundsytan i de inre nordvästra delarna av Vombsänkan och på Romeleåsens nordöstra flank är kunskapen om lagrens uppbyggnad begränsad till ett fåtal brunnsuppgifter. Till exempel i övergångszonen mellan Vombsänkan och Romeleåsens urberg finns lokalt tiotalet meter med röda leror under tunna grå jurassiska lager med finsandiga sediment och lera som överlagrar urberget. De röda lerorna har med viss tvekan tolkats som triassiska Kågerödslager. I en brunnsborrning en kilometer nordväst om Marsvinsholm överlagras urberget av fyra meter mäktig, rödflammig, gulbrun lera som även den tolkas som Kågerödslager. I Vombsänkan vid Herrestadsryggen har en 18 m mäktig röd lerig lagerföljd genomborrats som troligtvis också tillhör Kågerödsformationen.

12 SGU-RAPPORT 2021:23



**Figur 5.** Schematisk stratigrafisk illustration av förekommande berggrund i Vombsänkan.

Gränsdragningen för berggrundsytorna på SGUs berggrundskarta (Af 212, Erlström m.fl. 2004, fig. 4) som markerar gränsen för under- och mellanjurassisk berggrund är relativt osäker eftersom den endast baseras på ett fåtal observationspunkter. I borrkax från brunnsborrningar i den nordvästra delen av Vombsänkan har under–mellanjurassisk berggrund bekräftats med hjälp av mikrofossil (pollen och sporer) (Erlström m.fl. 2004).

Berggrundslager motsvarande den rät-underjurassiska Höganäsformationen med kolhaltiga, siltiga, leriga och sandiga lager har beskrivits från borrkax från borrningar i trakten kring Eslöv, det vill säga den allra nordvästligaste delen av Vombsänkan. Likartade bergarter har bedömts bygga upp den ytnära berggrunden inom en zon utmed Romeleåsen, det vill säga Vombsänkans sydvästra avgränsning. Det är dock möjligt att dessa lager kan vara mellanjurassiska Fuglundalager, eftersom dessa består av likartade bergarter. Som jämförelse vilar Fuglundalager direkt på det kristallina urberget i OPAB-borrningen Snaven-1. Någon underjurassisk berggrund har alltså inte påvisats vare sig i Snaven-1- eller Assmåsa-1-borrningarna. I området väster om Sövdesjön finns däremot två brunnsborrningar med underjurassiska kolhaltiga lerstenar under den överkretaceiska ljusgrå mer sandiga och karbonathaltiga Vombformationen. I den norra delen av gränsområdet, mellan Vombsänkan och Romeleåsen, har leriga, finsandiga, kolhaltiga bergarter daterats till äldsta jura och i en borrning vid Skårby har rätiska bergarter identifierats.

Strax väster om Sövdesjön, i anslutning till den förkastningsavgränsade urbergsryggen, finns relativt säkra uppgifter på underjurassisk berggrund som vilar på urberget (Erlström m.fl. 2004).

Den olikartade representationen av juraberggrund i borrningarna Snaven-1, Assmåsa-1, Fårarp-1 och Revinge-1 beror främst på jurassisk tektonik, bland annat kopplad till mellanjurassisk vulkanism i centrala Skåne som gjort att den under-mellanjurassiska berggrunden varierar i bevarad mäktighet (fig. 4).

Vanligtvis påträffas lager med under- och mellanjurassiska bergarter direkt på urberget. Det betyder dock inte att man kan utgå från att under- och mellanjurassisk berggrund finns bevarad i hela Vombsänkan. Även om det på berggrundskartorna visas ett sammanhängande område med denna berggrund utmed den sydvästra flanken av Vombsänkan är utbredningen sannolikt mer varierande i verkligheten, beroende av förekomsten av lokala förkastningsavgränsade gravsänkor och höjdryggar. Däremot bedöms de överjurassiska lagren (Fyledalslera och Vitabäckslager) ha en mer utbredd förekomst eftersom de påvisats i samtliga djupborrningar och i de båda kärnborrningarna Revinge-1 och Fårarp-1 (fig. 4). Mäktigheten och uppbyggnaden av den jurassiska lagerföljden i den nordvästra delen av Vombsänkan, nordväst om Herrestadsryggen, baseras i huvudsak på uppgifter från Snaven-1 och Assmåsa-1. I Snaven-1 påträffades 36 m mäktiga leriga, siltiga och kolhaltiga Fuglundalager direkt på urberget följt av 25 m Glassand, 28 m Fyledalslera och ett 46 m mäktigt avsnitt med Vitabäckslera (fig. 6). I Assmåsa-1 överlagras urberget, i stället för Fuglundalager, av 17 m mellanjurassisk Glassand följt av 24 m Fyledalslera, 5 m Nytorpssand och en odefinierad sekvens med Vitabäcksleror–underkretaceiska lager. Mäktigheten på Vitabäckslagren i Assmåsa-1 är osäker men bedöms i stort motsvara mäktigheterna i Snaven-1-borrningen (fig. 6).

Generellt kan man därför utgå från att det underst i Vombsänkan finns ett intervall som domineras av kolhaltiga, siltiga och leriga lager som överlagrar urberget. Dessa tillhör antingen den underjurassiska Höganäsformationen eller de mellanjurasiska Fuglundalagren. Mäktigheten kan vara från några 10-tals till uppemot 100 m för detta intervall. På Glassanden vilar sedan cirka 25 m tät lera tillhörande Fyledalsleran följt av cirka 15–35 m med lerdominerade Vitabäckslager och en 10–60 m mäktig underkretaceisk lerdominerad sekvens (fig. 5). Det betyder att från och med Fyledalsleran och upp till och med den underkretaceiska lagerföljden består berggrunden till merparten av relativt leriga och finsandiga lager.

#### Gränsen mellan jura och krita

Vitabäckslagren innefattar berggrundslager som spänner över allra äldsta jura och yngsta krita. Lagren är relativt väl dokumenterade i kärnborrningarna Fårarp-1 och Revinge-1 (fig. 7, Lindström m.fl. 2003, Hajny 2016) samt i en skärning vid Eriksdal (Erlström m.fl. 1991). Dessa lager bildar den ytnära berggrunden inom en zon mellan Vombformationens överkrita och den rät– underjurassiska berggrunden på Romeleåsens nordvästra flank och de nordvästra inre delarna av Vombsänkan. De fåtal daterade uppgifter som finns av berggrunden gör det svårt att bedöma exakt hur förekomsten och utbredningen av dessa berggrundslager är på djupet. Av denna anledning har området förts samman till en enda sammanhängande enhet i berggrundskartan (Erlström m.fl. 2004, fig. 4). Underkretaceiska bergarter som överlagrar berggrund av äldre juraålder har bland annat verifierats i en borrning vid Hemmestorps Fure (Norling 1981, Erlström m.fl. 2004). Vitabäckslagren domineras av finkorniga bergarter (finsand, silt, lera), ofta med hög organisk halt och innehåller även rikligt med fossila skal från musslor. Vitabäckslagren är cirka 44 m mäktiga i Snaven-1.

#### Undre krita

Undre krita, yngre än Vitabäckslager, har en mycket varierande mäktighet. I Assmåsa-1 har endast 45 m med undre krita påträffats medan lagerserien i Köpingsberg-1, och -3 är minst 250 m mäktig (Norling 1981, Chatziemmanouil 1982, Vajda 1988, fig. 6). Lagerserien domineras av sand/sandsten, silt/siltsten, lera/lersten, kalksten och kol. Den är litologiskt ganska homogen och saknar typiska särskiljande karaktärer. Palynologiska undersökningar (mikroskopiska studier av fossila sporer och pollen) av borrkax från brunnsborrningar kring Blentarp indikerar att berggrunden består av lager av valangin ålder, det vill säga allra understa delen av undre krita, på 61 m djup.

Vid Everlöv påträffas apt–cenomansediment på 77–89 m djup under lager av coniac–santonålder och vid Skårby förekommer en drygt 50 m mäktig sekvens med lager av berrias–cenomanålder överlagrande rätiska sediment på 112 m djup (Erlström m.fl. 2004). Allra understa delen av undre krita påträffas även i kärnborrningen vid Fårarp (Lindström m.fl. 2003). Här ligger gränser mellan jura och krita på cirka 100 m djup. De yngsta lagren i denna borrning är av yngre valangin (Lindström m.fl. 2003). Dessa borrhålsdata indikerar en sammanlagd mäktighet för undre krita inklusive cenoman på 80–120 m för den nordvästra delen av Vombsänkan. I borrhålen Snaven-1, Assmåsa-1 och Kullemölla-1 är lagerföljden dåligt daterad i detta intervall vilket försvårar korrelation med dessa. Enligt Chatziemmanouil (1982) är mäktigheten på undre krita 95 m i

Assmåsa-1 (inklusive cenoman). Mäktigheten kan i Snaven-1 uppgå till mer än 150 m. Det är dock svårt att fastlägga gränsen mellan krita och jura i dessa borrningar.

I Vombsänkans sydöstra delar tycks däremot undre krita vara betydligt mäktigare. Dateringar i Köpingsbergsborrningarna och Hammar-1 visar på en lagerserie som är i storleksordningen 200–300 m mäktig (fig. 6). Liknande mäktigheter finns angivna för borrningar i Hanöbassängen (Norling 1981) och på Bornholm (Christensen 1984).



Figur 6. Schematisk illustration av berggrundens uppbyggnad i djupa borrningar i Vombsänkan (modifierad efter Erlström m.fl. 2004).



Figur 7. Berggrundens uppbyggnad i kärnborrhålen Revinge-1 och Fårarp-1. Obs! Notera olika djupskala för borrhålen.

#### Övre krita

Under större delen yngre krita var Vombsänkan mer eller mindre en avskuren isolerad havsvik, avgränsad från Skurupsplattformen av Romeleåsen och dess förlängning åt sydöst, Ystad–Rönne höjdryggen. Berggrunden tillhörande övre krita har utförligt beskrivits av Chatziemmanouil (1982) samt Erlström och Guy-Ohlson (1994). Merparten av lagerserien består av lager av santon– campanålder. I den nordvästra delen av Vombsänkan utgör lager av santonålder berggrundsytan. Inom övriga delar av sänkan består berggrundsytan av campanlager, förutom i ett område kring Köpingsberg, sydost om Herrestadsryggen, där maastrichtlager är påvisade.

Berggrund av cenomanålder är förutom i brunnsborrningar påvisade i flertalet av de djupa borrningarna. I Assmåsa-1 förekommer ljusgrå glaukonitisk sandsten av cenomanålder på 369–386 m djup (fig. 6). Likartade glaukonitiska sandstenslager förekommer även i Revinge-1 och Fårarp-1 (fig. 7). I Köpingsberg-1 påträffas cenomanlager på 742–805 m djup. I Snaven-1 och Hammar-1 är lager av alb–cenomanålder inte differentierade utan de är sammanförda till en enhet. Generellt sett karakteriseras detta avsnitt av sandiga glaukonitiska sediment med inslag av sandig kalksten och konglomerat med fosfatiska bollar.

Berggrund tillhörande turon är endast påvisad i de djupa borrhålen. Avsnittet domineras av siltsten, sandsten och kalksten. I Snaven-1 är turon 86 m mäktig (346–432 m djup) och karakteriseras av ljusgrå sandig hård och delvis karbonatcementerad siltsten. I Assmåsa-1 (321–369 m djup) och Kullemölla-1 (574–614 m djup) förekommer även här karbonatrik delvis glaukonitisk siltsten mellanlagrad av vit kvartsrik kalksten, speciellt i den undre delen av intervallet i Assmåsa-1. Längre åt sydost i Köpingsberg-1 är inslaget av karbonat i turonsekvensen större. I avsnittet mellan 686 och 742 m påträffas i huvudsak sandig kalksten mellanlagrad av karbonatrik siltsten och lersten. Motsvarande lager förekommer på 500–564 m djup i Hammar-1. Turonsekvensen är således relativt homogent utbildad i Vombsänkan och är i medeltal cirka 60 m mäktig. Merparten av dessa djupare liggande lager har inte kunnat identifieras av ATEM-undersökningar.

Resterande del av övre krita (coniac-maastricht) domineras av finklastiska karbonatrika sediment avsatta i en marin kustnära miljö. Förutom små lokala kontraster i uppbyggnaden, till exempel inslag av konglomerat, utgörs hela lagerserien av en litologisk kartläggningsbar enhet som endast kan särskiljas åldersmässigt med hjälp av fossil (Chatziemmanouil 1982). Hela avsnittet förs till Vombformationen (Erlström 1994). Formationen är 700 m mäktig i Köpingsberg-1 och utgör en betydande del av den sedimentära lagerföljden i Vombsänkan (fig. 6).

Vombformationens undre delar utgörs av bergarter av coniacålder. Dessa består av förhållandevis hård sandig kalksten på 720 m djup i Köpingsberg-1, 401 m i Snaven-1 och 299 m i Assmåssa-1. Gränsen är dessutom tydligt markerad i borrhålsgeofysiska data.

Coniacsekvensen är i storleksordningen 50–70 m mäktig i dessa borrhål och domineras, förutom i de undre delarna, av mer eller mindre lerig siltsten med relativt stort inslag av karbonat och glaukonit. Karbonathalten ökar i den sydöstra delen av Vombsänkan.

Övergången mellan coniac och santonålder visar inga markanta förändringar i berggrundens uppbyggnad. En kontinuerlig och svagt accelererande nedsänkning av Vombsänkan i samma omfattning som sedimentationshastigheten under santon–campan resulterade i att mäktiga likformiga sandiga bergartssekvenser bildades. Santonsekvensen är som mest knappt 400 m mäktig och består av lerig och karbonatrik siltsten, sandsten och lersten. Lager med kalksten och märgel förekommer frekvent.

Under campantid bildades i stort sett likartade bergarter som under santon. Karbonathalten tycks däremot öka i de sydöstra delarna av Vombsänkan där inslag av sandig kalksten och märgel är vanligt förekommande.

I äldre litteratur finns flera olika informella namn angivna för den ytnära berggrunden. Namn som Eriksdalsmärgel, Kåsebergamärgel, Köpingesandsten och Lyckåsmärgel har lokal prägel och kan inte användas som kartläggningsbara enheter över större områden (Erlström m.fl. 2004). Lyckåsmärgeln utgörs av en mjuk, grågrön, lerig, vanligen mycket fossilrik bergart medan Köpingesandstenen är mer gulaktig och något hårdare. Inslag av urbergsbollar är vanliga i båda typerna.

Berggrund av maastrichtålder är enbart känd från de södra delarna av Vombsänkan. I Köpingsberg-1 förekommer berggrund av maastrichtålder på 20 till 71 m djup (fig. 6). Bergarterna karakteriseras av brunaktigt gröna siltstenar och gråvit finkornig kalksten, liknande skrivkrita.

#### Jordarter

Vombsänkan kännetecknas av stora jorddjup med ofta komplexa lagerföljder. Det är en följd av en komplicerad historia av nedisningar, isavsmältningsskeden och mellanliggande perioder med flera olika issjöar och dräneringar av dessa. Jorddjupet är upp till 70 m i de centrala delarna av Vombsänkan (Daniels & Thunholm 2014, Ising 2020). I ytan dominerar isälvs- och issjösediment norra delen av Vombsänkan, medan södra delen domineras av morän, i ett ofta väl utvecklat backlandskap (fig. 8). Jordarterna i området kartlades i huvudsak på 1970-talet och 1980-talet i SGUs serie Ae (Daniel 1986, 1992, 1999, Ringberg 1980, 1987).

Inlandsisen smälte av från området för 16 000–17 000 år sedan (Hughes m.fl. 2016, Stroeven m.fl. 2016). Isfronten var då nordväst-sydostlig, det vill säga ungefär parallell med Vombsänkans utsträckning, med en isrörelse från nordost. Det medförde att issjöar dämdes upp mot Romeleåsens nordostsluttning, vilket resulterade i issjösediment på nivåer upp till cirka 100 m ö.h. längs sluttningen. I södra delen av området låg en stor avsnörd ismassa kvar som så kallad dödis. I sänkor på dödisen bildades sjöar där det avsattes sorterade sediment, framför allt lera och sand. När dödisen smälte av bildades det sydskånska backlandskapet med kullar av moränlera eller lerig morän och efter sänkorna med de sorterade sedimenten återstår höjder eller platåer av lera, så kallad "platåtera" omgärdad av sand (fig. 8). Issjöarna i norra delen av Vombsänkan sänktes efter hand och i något stadium, troligen i flera omgångar, har det förekommit stora flöden med isälvar och issjötappningar åt nordväst genom Fyledalen. Även österifrån, genom Tolångaåns dalgång har det kommit stora flöden från isälvar och från dränering av en issjö vid Brösarp och Andrarum. Stora dödisar låg kvar i norra delen av Vombsänkan när sanden och gruset avsattes. Vombsjön, Krankesjön och en mängd torvmarker efter igenväxta sjöar är tydliga spår efter detta. Dessutom är sydvästra slutningen av Sjöbo Ora tolkad som en dödiskontakt (Johnsson 1956, Lidmar-Bergström m.fl. 1991).

Moränen i Vombsänkan är till största delen lerig morän eller moränlera. I de centrala delarna är den utvecklad till ett moränbacklandskap som i jordartskartans beskrivning (Daniel 1986, 1992) har delats in i tre områden: 1) *Söder om Sövdesjön* – kuperat moränbacklanskap, delvis täckt av utbredda issjösediment och möjligen flygsand. 2) *Norra delen av backlandskapet* – storkuperade former, med ett antal stora platåformade kullar, delvis med platålera. 3) *Södra delen av backlandskapet* – småkulliga moränformer med mjukt rundade kullar och rikligt med dödisgropar. I detta område finns ofta ytligt liggande "intermoräna sediment". På kanterna mot Romeleåsen, mot lerskifferslätten i öster (Colonuskiffertråget) samt i sydöstra delen av undersökningsområdet är moränen flackare, men drumliner och små transversella ryggar förekommer.

Isälvssedimenten i ytan (fig. 9) är till största delen avsatta som sandurfält eller deltan, speciellt i norra delen av Vombsänkan. I södra och mellersta delen, i anslutning till backlandskapet, är de ofta kulliga, ibland med ryggform. Egentliga rullstensåsar, till exempel Hällestads åsar, Bilarpsåsen och Ramsåsaåsen, finns bara i kanterna av Vombsänkan (fig. 9). Isälvsavlagringarna har i figuren namngivits enligt jordartskartornas beskrivningar (Daniel 1986, 1992, 1999, Ringberg 1980, 1987). I norra delen av Vombsänkan underlagras isälvssedimenten till allra största delen av finkorniga sediment avsatta i de issjöar som dämdes upp i samband med isavsmältningen. "Åsarna" i sydöstra delen av området (Hörupsåsen, Vallebergaåsarna och Kåsebergaåsen) samt Köpinge backar är omdiskuterade och komplexa bildningar, då de till stora delar är täckta av morän och finkorniga sediment.

Postglacial sand och svallgrus finns huvudsakligen längs kusten upp till cirka 15 m ö.h. Även vid Vombsjön och Sövdesjön finns postglacial sand, som delvis har avsatts i tidigare sjöstadier. Flygsand finns vid kusten och på en del av isälvs- och issjösedimenten i Vombsänkan. Mäktigheten av postglacial sand och grus är upp till fem meter vid kusten och i enstaka dyner, annars sällan mer än ett par meter.



**Figur 8.** Jordartskarta över Vombsänkan med omgivningar (SGUs kartdatabas, Jordarter 1:25 000–1: 100 000). Sektionen i figur 10 är belägen längs den rosa linjen. Kartrutorna för den äldre jordartskartläggningen har markerats. Relief i bakgrunden från Lantmäteriets höjddata. Notera att kartan är tiltad för att optimera projektionen av kartan på en A4-sida.



**Figur 9.** Isälvssediment och issjösediment inom området markerat med grön färg. Namn på olika avlagringar som diskuteras i jordartsavsnittet. Kartrutorna för den äldre jordartskartläggningen har markerats. Relief i bakgrunden från Lantmäteriets höjddata. Notera att kartan är något förvrängd för att få plats på en A4-sida.

Utbredda svämsediment finns längs Kävlingeån, Klingavälsån och Björkaån samt i botten av Fyledalen (fig. 11). De varierar i kornstorlek från sand till silt/lera och är oftast inte mer än ett par meter mäktiga. Torv och gyttja förekommer i kärr och sänkta sjöar. Torven inom området är sällan mer än ett par meter mäktig, men tillsammans med gyttja och lergyttja som ofta underlagrar torven kan de organiska sedimenten vara upp till 15 m mäktiga.

En tredimensionell modell av jordlagerföljden i södra halvan av Vombsänkan har gjorts i ett tidigare projekt vid SGU (Ising 2020). Den är huvudsakligen uppbyggd med hjälp av brunnsuppgifter där lagerföljderna har sammanlänkats till ett nät av sektioner (se ett exempel i fig. 10). Cirka 40 lager har identifierat, varav fem olika moräner med mellanliggande sorterade sediment. Berget är indelat enbart i "urberg" och "sedimentärt berg". 3D-modellen finns tillgänglig på SGUs webbplats (https://apps.sgu.se/sgu3d/3dgeomdb/tinmodel.html?model\_id=111 och https://apps.sgu.se/sgu3d/3dgeomdb/tinmodel.html?model\_id=114).



**Figur 10.** Tvärsektion med 20 gånger överförhöjning. Cirka fem moräner med mellanliggande sorterade sediment har identifierats. I vänstra delen ser man Romeleåsens urbergsområde, centralt i bilden en platålera på moränlera och till höger Fyledalen, som är djupt nedskuren i den sedimentära berggrunden. Läget av sektionen framgår av figur 8. Modellen beskrivs i sin helhet i Ising (2020).



Figur 11. Fyledalen, från norr mot söder vid Benestads Backar. Foto: Cecilia Brolin.

### Hydrogeologiska förhållanden och vattenförsörjning

Vombsänkans geologi medför generellt goda hydrogeologiska förutsättningar i bemärkelsen att området hyser betydande volymer grundvatten, i såväl jord som berg. Grundvattentäkter för kommunal dricksvattenförsörjning finns i samtliga kommuner inom undersökningsområdet. Totalt finns 17 avgränsade grundvattenförekomster representerade inom vattenförvaltningen (tabell 1, fig. 12). Majoriteten av dessa ligger i sand- och grusavlagringar. Sett till yta och volym utgör dock de sedimentära bergarterna i området de mest omfattande grundvattenförekomsterna. I stora delar av undersökningsområdet är den ytnära berggrunden förhållandevis sandig och vattenförande och beter sig således i stora delar som ett pormagasin.

Grundvattnet i jordlagren är generellt hårt, välbuffrat och med ett högt pH-värde. Fluoridhalterna i jord är låga medan kloridhalterna är låga till måttliga. Sulfathalterna i de ytliga jordlagren är måttliga till höga och nitrathalterna varierar från mycket låga till mycket höga. Grundvattnet i berggrunden är generellt hårt, välbuffrat och med ett högt pH-värde. Fluoridhalterna i berg är låga till måttliga medan kloridhalterna måttliga till ställvis höga. Sulfathalterna i berggrundens grundvatten är generellt höga, medan nitrathalterna är generellt låga.

**Tabell 1.** Grundvattenförekomster i jord respektive sedimentärt berg inom undersökningsområdet. Kapacitetsvärden hämtade från SGU (1999). Typ av användning enligt SGUs Vattentäktsarkiv. För de förekomster där ingen typ av grundvattenanvändning listas förekommer sannolikt uttag i förhållandevis mindre omfattning för enskilt bruk.

Namn	Тур	Typ av grundvattenanvändning
Holmbyåsen	Sand- och grusförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), industri, jordbruk (ex. djurhållning, bevattning)
Revingehed	Sand- och grusförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), industri, jordbruk (ex. djurhållning, bevattning)
Hultan	Sand- och grusförekomst	
Åsumsfältet	Sand- och grusförekomst	
llstorp	Sand- och grusförekomst	
Fyledalen	Sand- och grusförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), industri, jordbruk (ex. djurhållning, bevattning)
Snogeholm	Sand- och grusförekomst	
Krageholm	Sand- och grusförekomst	
Köpingsberg	Sand- och grusförekomst	Jordbruk
Glemmingebro	Sand- och grusförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), jordbruk (ex. djurhållning, bevattning)
Kåsebergaåsen	Sand- och grusförekomst	
Eslöv-Flyinge	Sedimentär bergförekomst	
Vombsänkan	Sedimentär bergförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), industri, jordbruk (ex. djurhållning, bevattning)
Stora Herrestad-Fårarp	Sedimentär bergförekomst	
Romeleåsens östsluttning	Sedimentär bergförekomst	
Kågeröd	Sedimentär bergförekomst	Dricksvatten (allmän och enskild), jordbruk
Eriksdal	Sedimentär bergförekomst	

#### Grundvattenmagasin och vattenförsörjning i jordlagren

Undersökningsområdet rymmer totalt tio vattenförekomster i jord (tabell 1, fig. 12). Sex av dessa förekomster har kartlagts (som grundvattenmagasin) inom ramen för SGUs lokala hydrogeologiska kartläggning, vilket innebär att det finns bättre skattningar avseende avgränsningar och grundvattentillgång för dessa magasin jämfört med de som endast kartlagts i länsskala. Inom delar av området har även tolkningar av gynnsamma områden för större grundvattenuttag i Vombsänkan utförts av Gustafsson och Dahlqvist (2019).

Holmbyåsen (WA 46465606) inryms i en långsträckt isälvsavlagring i Vombsänkans norra utsträckning (fig. 9, 12). Avlagringen är sandig men innehåller ställvis skikt av lera och silt. Den maximala uttagsmöjligheten bedöms vara 25 l/s med bedömt bäst förutsättningar för uttag i området väster och söder om Flyinge. Den mättade zonens mäktighet i magasinet bedöms uppgå till 15–25 m. Inom magasinet förekommer leror avlagrade ovanpå åsen i ett sent skede av isavsmältningen, men skikt med leror och silt förekommer också inne i åsen enligt flera observationer. Inom områden där leran har stor utbredning har bedömningen gjorts att slutna förhållanden kan förekomma. Grundvattenströmningen i magasinet är riktad mot sydväst. Grundvattenmagasinet har tidigare använts för kommunal vattenförsörjning, men dessa brunnar är ersatta med brunnar nedförda i berggrunden. Grundvattenmagasinet Holmbyåsen är lokalkartlagt av SGU, Gustafsson (2011).

Förekomsten Revingehed (WA14819189, fig. 12) sträcker sig över stora delar av centrala Vombsänkan, inom den större isälvsavlagringen Vomb-Sjöbofältet (fig. 9) med en komplex geologisk uppbyggnad och ställvis stora jorddjup. Kartläggningen av uttagsmöjligheterna inom förekomsten varierar, i de västra delarna inom Lunds kommun har en lokal kartläggning utförts, medan de delar som tillhör Sjöbo kommun i öster finns endast den regionala grundvattenkartan som underlag. Uttagsmöjligheterna varierar stort inom förekomsten, från 5 l/s upp till över 125 l/s. De bästa uttagsmöjligheterna bedöms vara inom Vombs fure söder om Vombsjön, utmed ett stråk från Vomb upp mot samhället Revingehed, i ett område mellan Torna Hällestad och Veberöd samt söder om Flyinge i höjd med Skatteberga. Tätande lager förekommer inom delar av förekomstens utbredning. I norra delarna finns artesiska brunnar. Inom förekomsten ryms även det så kallade Vombverket, som är en anläggning för konstgjord grundvattenbildning som sedan mitten av 1900-talet använts för att producera dricksvatten med hjälp av så kallad konstgjord grundvattenbildning. Vatten från Vombsjön pumpas till infiltrationsdammar där det sedan, i syfte att efterlikna naturliga reningsprocesser, får infiltrera genom marken och jordlagren innan det pumpas upp och distribueras. För närvarande förser Vombverket sju kommuner med dricksvatten.

Hultan (WA70178938) och Åsumsfältet (WA37781110) är båda belägna norr om Sjöbo, inom det så kallade Vomb-Sjöbofältet (fig. 9, 12). Grundvattenmagasinet Hultan är beläget i en avskild del av en större isälvsavlagring, Vomb-Sjöbofältet, som har en komplex geologisk uppbyggnad. I ytan består avlagringen vid Hultan huvudsakligen av sand. Dess uppbyggnad på djupet är till stor del okänd, men förväntas ha en geologi lik den som återfinns i stora delar av Vomb-Sjöbofältet, där omväxlande lager av osorterat material och silt- samt lerlager återfinns. Jorddjupen är över lag stora inom hela magasinet, från 18 m i nordväst till minst 40 m i sydväst. Den generella grundvattenströmningen är, vid ett opåverkat tillstånd, mot Vombsjön i väst och söderut mot Björkaån. Grundvattenmagasinet Åsumsfältet är beläget i en avskild del av en större isälvsavlagring, Vomb-Sjöbofältet (fig. 9). I ytan består avlagringen huvudsakligen av grus och grusig sand, på djupet av mer omväxlande jordartsfraktioner. Jorddjupen är över lag stora. Den generella grundvattenströmningen är vid opåverkat tillstånd mot Björkaån i sydväst. Uttagsmöjligheterna har uppskattats till 5–25 l/s i båda förekomsterna. De utgör två i huvudsak öppna grundvattenmagasin. Grundvattenmagasinen är lokalkartlagda av SGU, Thulin Olander (2015a och b).

Ilstorp (WA68758318) ligger i Sjöbo kommun i den avlagring som bildar själva Vombslätten mellan Romeleåsen i söder och Vomb-Sjöbofälten i norr (fig. 9). Vombslätten är uppbyggd av issjösediment till en nästan helt plan slätt som når 35–40 m över havet. Området är genomskuret av Klingavälsån med tillflöden. Det finns enstaka högre partier med grövre isälvsavlagringar som höjer sig lite över omgivande finkornigare issjösediment. Grundvattenmagasinet utgörs i huvudsak av sand och till viss del grus. Uttagsmöjligheten har bedömts överskrida 125 l/s. Förekomsten utgör ett öppet grundvattenmagasin. I anslutning till Klingavälsån förekommer svämsediment i ytlagret och ställvis finns områden med torv och områden med postglacial sand. Annars är issjösedimenten dominerande i ytan. I magasinets sydvästra del återfinns berggrunden på 35–40 m djup. Grundvattenmagasinet är lokalkartlagt av SGU, Karlhager (2014). I ett examensarbete utförde Lindberg Skutsjö (2021) tolkningar av SkyTEM-data vid Ilstorp.

Förekomsten Fyledalen (WA44667498, fig. 12) utgörs av en isälvsavlagring som är avsatt i den så kallade Fyledalssänkan; en berggrundssänka eroderad utmed Fyledalens Förkastningszon. Geografiskt sträcker sig grundvattenmagasinet från Sjöbo kommun, mellan Tomelilla och Ystads kommuner. Delar av magasinet har en uttagsmöjlighet som överskrider 125 l/s. Förekomsten



Figur 12. Grundvattenförekomster (inom vattenförvaltningen, redovisas i VISS) i jordlagren.

utgör ett i huvudsak öppet grundvattenmagasin. I anslutning till Fyleån förekommer svämsediment i ytlagret och ställvis finns områden med torv och områden med postglacial sand. Annars är issjösedimenten dominerande i ytan. I magasinets sydvästra del återfinns berggrunden på 35–40 m djup. Grundvattenmagasinet är lokalkartlagt av SGU, Karlhager (2015).

Grundvattenförekomsterna Snogeholm (WA54918966) och Krageholm (WA64354658) är utpekade från SGUs regionala grundvattenkartläggning över Skåne län (Gustafsson m.fl. 2005). Utpekandet baserades på uppgifter från brunnsborrningar utförda i området där det har observerats grövre vattenförande sediment under och mellan finkorniga sediment och moränbäddar. Förekomsterna är utpekade som slutna grundvattenmagasin. Grundvattenförekomsten Snogeholm är utformad som en hästsko från Bellingasjön i sydväst, norrut till Sövdeborg och till Baldringe i öst. Grundvattenmagasinet Krageholm ansluter söder om Snogeholm i en båge via Hedeskoga och Stora Herrestad (fig. 12). Förekomsterna avgränsas av en antagen grundvattendelare. Båda förekomsterna har i SGUs kartläggning bedömts ha uttagsmöjligheter över 125 l/s. Under 2019 genomförde SGU en fördjupad skrivbordstudie (Gustafsson & Dahlqvist 2019) med den 3D-modell som tagits fram av Ising (2020) baserad på uppgifter från Brunnsarkivet och SGUs regionala grundvattenkartläggning över Skåne län (Gustafsson m.fl. 2005). Utifrån denna bedömning är uttagsmöjligheterna troligen inte så gynnsamma som tidigare antagits, de gynnsammaste möjligheterna inom grundvattenförekomsten Snogeholm kan finnas i ett område norr om Sövdesjön och Snogeholmssjön, från Karups sommarby i väst till Bökeberg i öst. Inom denna del har den naturliga grundvattenbildningen skattats av Gustafsson och Dahlqvist (2019) till cirka 100 l/s. Inom grundvattenförekomsten Krageholm finns troligen de gynnsammaste möjligheterna i ett område vid Marsvinsholm och Hedeskoga. I denna del bedöms grundvattenbildningen av Gustafsson och Dahlqvist (2019) uppgå till cirka 70 l/s.

Grundvattenförekomsten Köpingsberg (WA36877295, fig. 12) är utpekad utifrån från SGUs regionala grundvattenkartläggning över Skåne län (Gustafsson m.fl. 2005) Uttagsmöjligheten bedöms uppgå till 5–25 l/s. Förekomsten är belägen mellan Köpingebro och Glemmingebro. Förekomsten utgör ett öppet grundvattenmagasin i isälvsmaterial.

Grundvattenförekomsten Glemmingebro (WA30129061) är utpekad utifrån från SGUs regionala grundvattenkartläggning över Skåne län (Gustafsson m.fl. 2005, fig. 12) Uttagsmöjligheten bedöms uppgå till 5–25 l/s i den allra största delen, och uttagsmöjligheterna bedöms vara små i (< 1 l/s) i den östligaste delen. Förekomsten är belägen sydost om Glemmingebro samhälle. Förekomsten utgör ett öppet grundvattenmagasin i isälvsmaterial. Inom grundvattenförekomsten har höga sulfathalter observerats i provtagning av grundvattnet. Förekomsten är därför klassad som att ha otillfredsställande status. Den höga sulfathalten kan bero på en naturlig påverkan från den lokala berggrunden.

SE614242-138679 (WA78252673) utgörs av Kåsebergaåsen (fig. 9, 12) och är utpekad utifrån från SGUs regionala grundvattenkartläggning över Skåne län (Gustafsson m.fl. 2005). Uttagsmöjligheten bedöms uppgå till 5–25 l/s inom hela magasinet. Magasinet utgör ett öppet grundvattenmagasin. Sammansättningen på Kåsebergaåsen är delvis komplex, det förekommer ställvis lersediment i delar av avlagringen samt diamikt material i de övre delarna av åsen (Florén & Ohlsson 2006). Grundvattenmagasinet har genom sitt läge längs sydkusten en viktig funktion i form av att bilda grundvatten till det undre grundvattenmagasinet i den sedimentära berggrunden, då det dels försörjer magasinet med grundvatten, dels att det fyller på sött grundvatten i ett läge där risken för negativ påverkan av kloridhaltigt Östersjövatten är stor.

#### Grundvattenmagasin och vattenförsörjning i berggrunden

Undersökningsområdet rymmer totalt sex vattenförekomster i sedimentärt berg (tabell 1, fig. 13).

Förekomsten Vombsänkan (WA12744184, fig. 13) motsvarar de centrala delarna av undersökningsområdet, där ytberggrunden utgörs av så kallad kvartssandig och lerig kalksten tillhörande Vombformationen (fig. 4). Grundvattentillgången i denna formation är generellt god, med brunnskapaciteter som i stora delar bedöms uppgå till omkring 20 000–60 000 l/tim. I förekomstens allra sydostligaste delar, kring Ystad och Köpingebro, är uttagsmöjligheterna ur enskilda brunnar än högre, upp emot 200 000 l/tim. I förekomsten görs uttag såväl för kommunal och enskild dricksvattenförsörjning som för industri och jordbruk. Jordbrukets uttag dominerar i de sydöstra delarna. Inom förekomsten, främst i södra delarna, finns artesiska brunnar.

Förekomsterna Eriksdal (WA97124112) och Romeleåsens östsluttning (WA79873141) löper båda utmed Vombsänkans randområden, i gränslandet mot Colonusskiffertråget i nordost respektive urberget i sydväst (fig. 13), där jurassisk ytberggrund med finkornig sandsten och lera dominerar (fig. 4). Till följd av den ofta komplexa geologi som präglar dessa områden, med snabb växellagring i olika led och förkastningsstrukturer, växlar uttagsmöjligheter kraftigt på korta avstånd. Uttagsmöjligheten ur enskilda brunnar i dessa förekomster har tidigare bedömts variera mellan omkring 600 och 60 000 l/tim.



Figur 13. Grundvattenförekomster (inom vattenförvaltningen, redovisas i VISS) i berggrunden.

Förekomsten Eslöv-Flyinge (WA23502724, fig. 13) täcker undersökningsområdets nordligaste delar (och fortsätter även än längre norrut), där ytberggrunden utgörs av sandig och lerig jurassisk berggrund (fig. 4). Här uppgår uttagsmöjligheterna ur enskilda brunnar till mellan 2 000 och 20 000 l/tim. I denna del av berggrunden kan stråk av berggrund med låg konsolideringsgrad ställvis förekomma. Inom förekomsten finns artesiska brunnar.

Förekomsten Kågeröd (WA54002168) sträcker sig bara marginellt in i undersökningsområdet i den nordöstra delen och utgörs av ett område där den så kallade Kågerödsformationen utgör ytberggrund (fig. 4). Uttagsmöjligheterna är förhållandevis begränsade, ofta omkring 600 l/tim. I Kågerödsformationen är risken för ett relikt saltvatten stor.

Stora Herrestad-Fårarp (WA94413391) motsvarar det område centralt i Vombsänkan och Vombformationen där urberget ligger väldigt ytnära (Herrestadsryggen, fig. 4). Uttagsmöjligheterna i detta avsnitt är generellt högst begränsade på grund av det högt liggande urberget, ofta omkring 600 l/tim.

Den hydrauliska konduktiviteten är ett mått på ett materials vattengenomsläpplighet. Sammanställda data från Brunnsarkivet visar tydligt att de sedimentära bergarterna i Vombsänkan (och även området sydväst om Romeleåsen) har ett väsentligt högre K-värde (hydraulisk konduktivitet) än berggrunden utanför som består av urberg respektive lerskiffer (fig. 14, från Hjerne m.fl. 2021). Även området med mycket begränsade uttagsmöjligheter vid Stora Herrestad–Fårarp framträder tydligt i data, som ett område med lägre K-värde.



**Figur 14.** Karta över undersökningsområdet med omnejd som visar beräknade och interpolerade K-värden (m/s, log10K). Underlagsdata från Brunnsarkivet som bearbetats och rapporterats i Hjerne m.fl. (2021). Notera att värdena är log-värden och de högsta värdena (högre genomsläpplighet och bättre förutsättningar för grundvattenuttag) är således de med grön färgton och de lägsta värdena (sämre förutsättningar) de med röd färgton.

## GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

### SkyTEM

SkyTEM är ett helikopterburet geofysiskt mätsystem utvecklat vid Århus universitet i Danmark som är anpassad för hydrogeologisk kartläggning med avseende på upplösning och djup. ATEM en allmän term för luftburen TEM mätning där A står för Airborne och TEM för Transient Electromagnetic. TEM är en induktionsmetod som innebär att en elektrisk ström induceras genom variationer i ett magnetfält.

Instrumentet består av stor spole som hänger i en ram under helikoptern (fig. 15). I spolen går en ström som slås av momentant och ger upphov till ett magnetfält. Responsen på magnetfältet ger i sin tur upphov till ett inducerat elektriskt och magnetiskt fält i jordlagren och berggrunden. Det inducerade fältet mäts i en mottagarspole som också sitter på ramen (fig. 15). Responsen från marken varierar beroende på olika materials elektriska resistivitet. För en utförlig beskrivning av SkyTEM-metodiken se Sørensen och Auken (2004) och Christiansen m.fl. (2009). Resultaten från ATEM-mätningarna presenteras vanligen som elektrisk resistivitet i enheten Ohm-meter (Ohmm).

Variationerna i den elektriska resistiviteten i jord- och berglager beror framför allt på skillnader i porositet mellan olika geologiska enheter samt deras innehåll av lermineral och vatten, men även vattnets ledningsförmåga. Genom att koppla den uppmätta resistiviteten till geologisk information, till exempel lagerföljder från brunnar, kan man tolka resistivitet till geologi. Beskrivning av databearbetning och inversionsmodellering av TEM-data i området finns i Brolin och Dahlqvist (2020).



#### Långt efter strömavslag

Figur 15. Grundprincipen för mätsystemet och strömutbredning i marken. Ramens (blå) storlek är cirka 30 × 15 m.

Under mätningarna i Vombsänkan flög helikoptern mellan 80 och 110 km/h, med ramen hängande på 30–40 m höjd över markytan. Undersökningen utfördes längs relativt parallella linjer med cirka 200 m avstånd (fig. 16). Under flygningarna gör piloten anpassningar både i horisontell och vertikal position av säkerhetsskäl vid tät bebyggelse, skog, kraftledningar, järnvägar och annan infrastruktur, men även för att inte skrämma till exempel hästar. Flyglinjer inom undersökningsområdet redovisas i figur 16. Totalt flögs cirka 3 300 linjekilometer i ett område på cirka 760 km<sup>2</sup> under några veckor hösten 2019 (Brolin & Dahlqvist 2020). Data från flygundersökningarna består av mätningar med cirka 30 till 40 m mellanrum längs flyglinjerna. Totalt har data gett upphov till cirka 59 000 resistivitetsmodeller som sedan använts för tolkningar (Brolin & Dahlqvist 2020). Modellens vertikala upplösning är 2 m i ytan och ökar successivt (logaritmiskt) med djupet. Det betyder att jord- och berglager tunnare än så inte går att urskilja i resistivitetsdata. Totalt delas jord och berg in i 30 lager i resistivitetsmodellerna. De beräknade modellerna visar på mjukare övergångar än den geologiska verkligheten och resistivitetskontraster mellan olika jord- och berglager är oftast underskattade.



Figur 16. Karta visar undersökningsområdet med flyglinjer längs vilka det har samlats in ATEM-data.

#### Borrningar och borrhålsloggning

Efter att ATEM-data bearbetats och tolkats utfördes tio skruvborrningar eller sonderingar, samt åtta hammarborrningar i undersökningsområdet (fig. 17, tabell 2, bilaga 1). Skruvborrningar och sonderingar utfördes av SGUs egen fältpersonal. I en av dessa punkter installerades ett grund-vattenrör. Hammarborrningarna utfördes i enlighet med Normbrunn -16 av HP Borrningar i Klippan AB.

Borrpunkterna lokaliserades till svårtolkade områden med behov för kompletterande lagerföljdsinformation, alternativt områden med indikerat goda hydrogeologiska förutsättningar. Justeringar i förhållande till tillgänglighet och önskemål från fastighetsägare gjordes i vissa fall.

I samband med hammarborrningarna togs jord- och bergprov (kaxprov) för varje borrad meter. Jord- och kaxproverna har granskats av SGU och i vissa fall har en revidering av lagerföljdsinformationen gjorts med hänseende till vad som bedömdes vid borrningstillfället. Fem borrhål undersöktes med geofysisk loggning med avseende på naturlig gammastrålning, resistivitet, och temperatur (tabell 2). Data och tolkningar från borrhålsloggningen redovisas i utvalda delar i resultaten för borrningarna. Borrhålsloggningen utfördes av personal från Teknisk geologi vid Lunds tekniska högskola.

**Tabell 2.** Information från utförda borrhål och sonderingar. Nivån för markytan vid borrhålen är inmätt med hjälp av DGPS vid hammarborrningarna, vid sonderingarna är höjden från GSD-höjddata, grid 2+, noggrannhet +/-0,25 m (Lantmäteriet). (s) = skruvborrning/sondering, (r) = grundvattenrör, (h)= hammarborrhål med bevarat borrhål. U.m.y= under markytan, gvy=grundvattenyta. (l) = geofysisk borrhålsloggning. Notera att jorddjupen när det gäller sonderingarna är samma som totaldjupet. I vissa fall kan det vara avslut mot berg. För kompletta lagerföljder, se bilaga 1. Uppmätt gvy \* i anslutning till borrning, \*\* 2021-03-03.

Borrhålsnamn	Nivå markyta (RH2000)	Totaldjup (m u.m.y)	Jorddjup (m u.m.y)	Grundvattenyta (m u.m.y)	Kommentar	GV-kapacitet Berg (jord) I/tim
Silvåkra (s)	31,7	16,5	≥ 16,5		Torrt	
Karstgården (s)	26,1	13,5	≥ 13,5		Stopp berg/block	
Charlottenlund (s)	31,2	6,5	≥ 6,5		Stopp berg/block	
Omma (s)	37,5	15	≥ 15		Stopp berg/block	
Sövdeborg (s, r)	52,1	27,3	≥ 27,3	10,9* , 10,97**	22 m rör	
Roshus (s)	57,2	36	≥36	Möjlig gvy 12,5	Stopp berg/block	
Navröd (s)	53,5	33	≥ 33	Möjlig gvy 10,9	Hårt men kunde fortsätta	
Nygård (s)	50,4	20,3	≥ 20,3		Torrt	
Ållskog (s)	71,1	20	≥ 20		Stopp berg/block	
Högestad (s)	65,9	23,5	≥ 23,5	Torrt	Hårt	
BH18 Brödåkra (h)	81,2	61	45	1,15*, 1,05**		300–4 500
BH10 Revinge (h, l)	22,4	88	34	Artesiskt*, Artesiskt **	Mycket finmaterial	9 000–60 000
Idala-Veberöd	42	180	51	4,52*	Urberg ca 120– 123 m	
BH11 Hemmestorp (h, l)	36,7	118	28	6,92*, 7,07**		300-60 000
BH7 Everlöv (h)	54,9	72	49	10,32*, 5,48**		1 200
BH17 Dösjö (h, l)	39,9	91	65	3,27*, 3,6**	Urberg på 75 m	300–9 000 (1 800)
BH19 Sövdeborg (h ,l)	41,3	67	20	0,96*, 1,02**		1 200 till > 60 000
BH6 Elsagården (h)	48,4	81	> 81	1,27*,1,76**		(900–12 000)
BH16 Herrestad (h ,l)	38,7	31	12	7,78*, 7,73**	Urberg på 17 m	180



Figur 17. Hammarborrningar i berg samt skruvborrning/sonderingar i jord som utförts inom Vombsänkan i projektet.

### Tolkningsstöd

Som stöd för tolkningen av insamlade TEM-data har information från tidigare borrningar och undersökningar i området sammanställts. Informationen består framför allt av lagerföljdsinformation från brunnsborrningar, men också av resultat från markbundna geofysiska undersökningar.

Information om jordlagerföljder från tidigare borrningar och undersökningar i Vombsänkan har i huvudsak hämtats från SGUs egna databaser (fig. 18). Majoriteten av lagerföljdsinformationen – motsvarande information från 840 borrplatser – kommer från Brunnsarkivet, med ursprung från borrprotokoll med information i huvudsak från privata vatten- och energibrunnar. Data om lagerföljder är fritt tillgängliga på SGUs webbplats (www.sgu.se). Data från Brunnsarkivet har gett jorddjupsuppgifter och lagerföljder i jord och berg, samt i vissa fall kapacitetsuppskattningar och grundvattennivåer. Kvaliteten på informationen varierar stort, liksom noggrannheten avseende geografisk positionering. *Parameterdatabasen,* med information från SGUs grundvattenkartläggning, har bidragit med lagerföljder från 239 borrplatser (fig. 18). *Jorddagboken,* med information från SGUs jordartskartläggning, har bidragit med lagerföljder från 124 borrplatser (fig. 18). Information från borrningar utförda i samband med SGUs egen kartläggning är i regel pålitlig för i princip varje meter.

Viss ytterligare lagerföljdsinformation har tillförts via Trafikverket (i huvudsak längs vägsträckningar) och Sydvatten (i huvudsak i anslutning till vattentäkter), samt från ett fåtal djupare undersökningsborrningar (Chatziemmanouil 1981), se figur 4. Den insamlade lagerföljdsinformationen har harmoniserats i syfte att förenkla och i viss mån kvalitetssäkra identifierade geologiska benämningar. I såväl Brunnsarkivet som Parameterdatabasen och Jorddagboken fanns det mer än 500 unika benämningar som till slut har samtolkats till cirka 40 klasser för jordlagren och berggrunden (fig. 19).

Som tolkningsstöd har också ett antal geologiska sektioner framtagna i samband med SGUs kartläggning i området använts (Daniel 1992, 1999, Gustafsson m.fl. 2005). Dessa sektioner är som regel baserade på borrpunkter från ovan nämnda databaser. I delar av området finns även sedan tidigare en tredimensionell modell av jordlagerföljden (Ising 2020). Den baseras på brunnsuppgifter där lagerföljderna har sammanlänkats till ett nät av sektioner.

Genom åren har ett flertal markbundna geofysiska undersökningar utförts i Vombsänkan. Undersökningarna omfattar såväl något mer ytnära resistivitets- och georadarmätningar (Kristoffersson 2014), som djupare seismiska mätningar (Chatziemmanouil 1981, 1982). Utvalda resultat av dessa undersökningar har vid behov digitaliserats och använts som tolkningsstöd.



Figur 18. Borrningar från SGUs databaser som innehåller lagerföljdsdata.

## **RESULTAT OCH TOLKNINGAR**

Resultaten från undersökningen presenteras tillsammans med tolkningar under avsnitten: Borrningar, Bergöveryta och jorddjupsmodell, Resistivitetsfördelning inom geologiska typområden, samt Hydrogeologiskt intressanta områden. Viss upprepning av resultaten förekommer då varje avsnitt ska kunna stå relativt bra för sig själv.

ATEM-data från undersökningen ger en bild av hur resistiviteten är fördelad längs en flyglinje (fig. 19). Data med information om resistivitetsfördelningen finns ner till cirka 150–200 m djup, dock avtar upplösningen med djupet. I bilaga 2 finns översiktliga bilder på medelresistiviteten för olika djupintervall från markytan ner till 178 m djup. Vid geologisk och hydrogeologisk tolkning av ATEM-data behöver resistivitetsfördelningen översättas till geologiskt material och hydrogeologiska egenskaper hos olika jord- och bergarter. I tabell 3 har vi sammanställt ungefärliga resistivitetsintervall för olika jord- och bergarter i området, med en koppling till dess innehåll av grundvatten. Värdena som anges i tabell 3 är inte alltid själva jord- eller bergartens resistivitet utan den resistivitet som modellen ger, vilken påverkas av metodens upplösning som är beroende av till exempel ovanliggande jord- och berglager samt djup till var jord- eller bergarten befinner sig (för diskussion se Brolin & Dahlqvist 2020). Värdena för dessa intervall har erhållits genom korrelation mellan lagerföljdsinformation från olika borrhålsdatabaser och resistivitetsdata, framför allt från SGUs egna borrningar.

Sand- och grusavlagringar som utgör grundvattenmagasin har vanligen en resistivitet på 70–150 Ohmm. De delar av dessa sand- och grusavlagringar som ligger över grundvattenytan har vanligen en avsevärt högre resistivitet, från 200 till flera tusen Ohmm. Sand- och grusavlagringar åtskiljs tämligen enkelt mot områden med lera, silt och torv som vanligen har en resistivitet under 50 Ohmm. Moränen inom undersökningsområdet har ett brett resistivitetsintervall med värden mellan 20 och 300 Ohmm. Det betyder att intervallet för morän överlappar värdena för nästan samtliga jord- och bergarter i området (tabell 3) vilket gör jordarten svår att säkert särskilja från andra jordlager. Dock är det ibland möjligt att skilja på sand- och grus-avlagringar och morän. Områden med lerig morän och moränlera ligger i det lägre intervallet, ofta mellan 20 och 80 Ohmm. Högt liggande moränområden (och därmed i huvudsak över grund-vattenytan) har ofta resistivitetsvärden över 200 Ohmm medan morän i lägre liggande områden (kan vara en effekt av grundvatten) vanligen har en resistivitet på 50–150 Ohmm.

Eftersom uppbyggnaden av den sedimentära berggrunden varierar från lera, sand, lersten, skiffer, sandsten, siltsten, kalksten och kvartsit så varierar resistivitetssignalen inom det sedimentära berggrundsområdet stort. Lägst resistivitet har lera/lersten med en resistivitet under 30 Ohmm. Sandsten har en resistivitet på 40–150 Ohmm medan siltsten ofta har en lägre resistivitet (under 40 Ohmm). Den lerskiffer som ligger längs den nordvästra avgränsningen av området har en något högre resistivitet än de sedimentära bergarterna nere i Vombsänkan. Vanligen ligger resistivitet ni den paleozoiska lerskiffern över 100 Ohmm men kan ha så låg resistivitet som 40 Ohmm. Högst resistivitet, i vad vi tolkat som sedimentärt berg, finner vi i två områden där det är möjligt att det finns kambrisk kvartsit med resistivitet över 500 Ohmm.

Urberget ligger i stora delar av Vombsänkan på sådant djup att det inte går att avgöra var gränsen är (> 200 m). Vid den sydvästra avgränsningen mot Romeleåsen, samt i en urbergsrygg vid Sövdesjön samt utmed delar av Fyledalens Förkastningszon påträffas urberget ytligt eller endast överlagrat av tunna jordlager eller tunn sedimentär berggrund (fig. 4). Urberget går ofta att urskilja tydligt i ATEM-data på grund av sin höga resistivitet. Ofta är värdena över 500 Ohmm och högst resistivitet (ofta över 1000 Ohmm) har urberget där det ligger i dagen eller med endast tunna jordlager ovanpå. På större djup, där tunna sedimentära berggrundslager överlagrar urberget, är resistiviteten oftast 300–500 Ohmm. Det kan bero på att de översta metrarna är mer uppspruckna och har ett visst innehåll med grundvatten, men det kan även bero på att metoden har en begränsad upplösning på större djup (se Brolin & Dahlqvist 2020).



**Figur 19.** Exempel på profil som visar resistivitetsfördelningen längs en flyglinje. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. I profilen syns även DOI= depth of investigation. Nedan till vänster visas teckenförklaring från ett urval av jord- och berglager från borrningar. Nedan i mitten visas resistivitetsteckenförklaringen. Till höger visas respektive resistivitetslagers mäktighet och på vilket djup som lagret slutar. Teckenförklaringar i denna figur gäller för samtliga resistivitetskartor och profiler i denna rapport där inget annat anges.

**Tabell 3**. Översättningstabell med generella resistivitetsintervall för olika geologiska material inom undersökningsområdet. gvy= grundvattenytan.

Geologi	Grundvattenmiljö	Resistivitetsintervall	Kommentar
Sand och grus	Över gvy	över 200 Ohmm	Förekommer främst i ytligt liggande mäktiga isälvsavlagringar
Sand och grus	Under gvy	vanligen 50–100 Ohmm	Resistiviteten sänks på grund av vattenmättade porer
Morän	Under/över gvy	50–300 Ohmm	Lerinnehåll och vattenmättnadsgrad sänker resistiviteten
Lerig morän/moränlera	Under/över gvy	20–80 Ohmm	Lerinnehåll och vattenmättnadsgrad sänker resistiviteten
Torv, lera, finsand, silt	Under gvy	under 50 Ohmm	Ofta vattenmättade jordarter, ibland hög halt Iermineral
Lersten	Under gvy	under 30 Ohmm	Högt lerinnehåll ger låg resistivitet
Sandsten	Under gvy	35–150 Ohmm	Vattenmättnad och lerinnehåll påverkar
Siltsten	Under gvy	under 40 Ohmm	Vattenmättnad och lerinnehåll påverkar
Kalksten	Under gvy	40–100 Ohmm	Vattenmättnad och lerinnehåll påverkar
Lerskiffer (silur)	Under gvy	vanligen över 100 Ohmm	Tätare bergart med färre porer än lersten
Kambrisk kvartsit	Under gvy	över 500 Ohmm	Tät bergart med få porer. Vattenmättnad och totaldjup påverkar
Urberg	Under/över gvy	över 300 Ohmm oftast över 500 Ohmm	Tät bergart med få porer. Vattenmättnad och totaldjup påverkar

#### Borrningar

Nedan beskrivs resultaten från utförda skruvborrningar och sonderingar i jord, samt hammarborrningar i jord och berg (fig. 17, tabell. 2). Resultaten kopplas ihop med resistivitetsvärden från närliggande profil samt data från borrhålsloggning när sådan utförts. Lagerföljder från borrningarna redovisas i sin helhet i bilaga 1. Samtliga profiler som illustreras i detta avsnitt går i sydväst– nordostlig riktning längs flyglinjerna (jämför fig. 16).

Silvåkra: Borrpunkten lokaliserades till ett område med vad som tolkades vara en mäktig jordlagerföljd dominerad av grovkorniga, sorterade sediment. Enligt jordartskartan utgörs de ytliga jordlagren vid borrningen av lera i ett område av isälvssediment. Närliggande resistivitetsmodeller uppvisar cirka 40 m relativt homogen signal på 70-100 Ohmm (fig. 20). I övre metrarna av topografiska höjder är dock resistiviteten ofta över 200 Ohmm. Borrningen, som övergick i sondering vid 6 m djup, nådde totalt 16 m och gav en tolkad lagerföljd dominerad av sand och silt (fig. 20, bilaga 1). Inget grundvatten påträffades under borrningen. Tolkningen är att avlagringarna ligger på toppen av en relativt isolerad höjd vilket skapar dåliga förutsättningar för en mäktig mättad zon och även för större grundvattenuttag. En lagerföljd från en närliggande brunn (ID: 91015365, cirka 250 m mot ost) visar en övergång från den silt- och lerinblandade sanden till grus och sand på knappa 30 m djup med grundvattennivån vid ungefär samma djup. Borrprotokollet ger uppgift på cirka 12 000 l/tim i uttagskapacitet. Resistiviteten bör ligga nära 100 Ohmm för att utgöra områden med sand och grus med grundvatten. Jorddjupet tolkas vara cirka 40 m (fig. 20). Det undre jordlagret med en resistivitet mellan 50 och 90 Ohmm tolkas bestå av antingen sand/grus eller morän. Berggrunden består troligen av lersten med en resistivitet på 10-30 Ohmm. Längst i nordost i profilen syns lågresistiva jordlager som utgör Krankesjöns sediment (fig. 20).

**Karstgården:** Borrpunkten lokaliserades till ett område med osäkert jorddjup, i syfte att bestämma nivån för övergång mellan jord och berg. Enligt jordartskartan utgörs ytliga jordlager i området av sandiga isälvs- eller issjöavlagringar. Resistivitetsmodellen (fig. 20) visar tre lager med omväxlande hög och låg resistivitet ned till nivån för bergöverytan med lagergränser vid cirka 4, 10 och 35 m under markytan. Borrningen gav drygt tre meter finsand–silt (65–50 Ohmm) ovan en varvig sekvens av omväxlande lera och silt (cirka 30 Ohmm) ned till morän på cirka 10 m djup, där sondering fick ta vid ned till drygt 13 m till stopp mot block eller berg. Övergången från lera–silt till morän syns i resistivitetsdata, från cirka 30 till 45 Ohmm. Sonderingen når sannolikt inte ända ned till berget utan avslutas mot ett block i moränen. Resistivitetsförändringen vid cirka 35 m djup utgör troligtvis gränsen mellan morän (45 Ohmm) och lersten (30 Ohmm) och jorddjupet tolkas till cirka 35 m (fig. 20). Det undre jordlagret, bestående av sand/grus eller morän, med en resistivitet mellan 50 och 90 Ohmm sträcker sig mot Silvåkraborrningen.



**Figur 20.** Resistivitetsmodeller vid borrningarna Silvåkra och Karstgården, samt dess lagerföljder. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

**Charlottenlund:** Skruvborrningen utfördes i syfte att lokalisera nivån för övergång mellan jordlager och underliggande jurassisk berggrund. Enligt jordartskartan utgörs de ytliga jordarterna i området av isälvssediment. Borrningen gav två meter finkornig sand ovanpå sandig och därefter lerig morän, med stopp mot block eller berg på drygt sex meter. Övergång från jord till berg tolkas till ungefär 20 m djup där resistiviteten är cirka 30 Ohmm (fig. 21). Jordlagrens resistivitet i närområdet varierar mellan 30 och 500 Ohmm. De lägsta värdena motsvarar sjösediment under Vombsjön medan de högsta värdena finns i högt liggande jordlager vilka tolkas bestå av sand och grus (fig. 21). De översta sandiga lagren har en resistivitet mellan 200 och 500 Ohmm. Vid övergången till morän i borrningen sänks resistiviteten något till strax över 100 Ohmm. Övergången mellan jord och berg är relativt osäker då borrningen ligger på Vombsänkans nordvästra rand i övergångszonen mellan den jurassiska och paleozoiska berggrunden vilket inte minst visas av bergets resistivitet mot sydväst (under 20 Ohmm) och mot nordost (över 50 Ohmm) om borrpunkten (fig. 21). Längst mot sydväst i profilen syns lågresistiva jordlager som utgör Vombsjöns sediment (fig. 21).

**Omma:** Skruvborrningen utfördes i syfte att lokalisera nivån för övergång mellan jordlager och underliggande jurassisk berggrund. Enligt jordartskartan är punkten lokaliserad till ett gränsområde med isälvssediment, svämsediment och kärrtorv. Närliggande resistivitetsmodeller uppvisar en bild med hög-låg-hög resistivitet de översta cirka 20 m (fig. 22). Borrningen gav 1,5 m fyllning ovan olika sorters morän ned till borrstopp mot block eller berg på 15 m (sondering sista 5 m). Resistivitetsförändringarna tolkas motsvara förändringar från torr fyllning/morän till morän under grundvattenytan till berggrunden. Bergets överyta tolkas vid övergången till något högre resistivitet på cirka 15–20 m djup. Till höger i profilen ser man ett högresistivt (över 400 Ohmm) område på djupet motsvarande urberg främst bestående av gnejs som tydligt kan urskiljas mot den sedimentära lagerföljden i Vombsänkan (fig. 22).



**Figur 21** (ovan) och **22** (nedan). Resistivitetsmodeller i borrningen Charlottenlunds (fig. 21) respektive Ommas (fig. 22) närhet, samt dess lagerföljder. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.


**Figur 23.** Resistivitetsmodeller i borrningen Sövdeborgs närhet, samt dess lagerföljd. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

Sövdeborg: Skruvborrningen utfördes i syfte att verifiera tolkad grundvattennivå och jordlagerföljd. I närliggande resistivitetsmodeller syns på cirka 10 m djup en tydlig övergång från höga resistiviteter på 300-800 Ohmm, till lägre värden på cirka 100 Ohmm, som skulle kunna utgöra övergången till den mättade zonen (fig. 23). Under denna skiftning är resistivitetsvärdena tämligen homogena (80-100 Ohmm) ned till tolkad bergövervta som ligger ytterligare cirka 20 m ner. Enligt jordartskartan utgörs ytliga jordlager i området av isälvssand eller issjömaterial. Borrningen, som övergick i sondering vid 20 m djup, avslutades vid 27 m mot morän och indikerar från markytan cirka 10 m finsand/mellansand med inslag av morän, underlagrat av knappa 10 m sand med mindre inslag av silt och tunna lager av morän och slutligen, till borrstopp, grövre sorterat material dominerat av grusig sand (fig. 23). De nedre, grövre delarna har generellt en något lägre resistivitet (~80 Ohmm) jämfört med de övre, finkornigare (~90 Ohmm) vilket kan spegla att mängden grundvatten är större i det grövre intervallet. Ett grundvattenrör sattes ned till 22 m djup. Grundvattenytan uppmättes några dagar efter borrning till cirka 10,9 m respektive 10,97 m (2021-03-03) under markytan, det vill säga i nivå med vad resistivitetsdata indikerar. Borrningen är utförd i ett område med kuperad terräng med höjder och förändringar i topografin med upp till 10 m på korta avstånd. Stora områden i närheten torde därmed ha över 20 m omättad zon. Det gör att vi med relativt stor säkerhet kan tolka närområdets resistivitet som att de höga värdena (300-800 Ohmm) motsvaras av sand och grus över grundvattenytan, och sorterat material under grundvattenytan har en resistivitet på 80–100 Ohmm (fig. 23). Områden med denna geologiska miljö utgör infiltrations- och nybildningsområde. Vid övergången i botten av borrningen ökar resistiviteten till över 100 Ohmm vilket tolkas som morän. Vid cirka 500 m i profilen kan man urskilja liknande mönster med riktigt hög resistivitet vid ytan och lägre undertill. Här är dock denna övergångsyta sluttande vilket tolkas som att det är större sannolikhet att det är torr morän som ligger här då en grundvattenyta troligen inte har en sådan gradient (fig. 23).

**Navröd:** Borrpunkten lokaliserades till ett område med indikerat mäktiga lager med modellerade resistivitetsvärden potentiellt motsvarande vattenförande isälvsmaterial (90–150 Ohmm, fig. 24). Enligt jordartskartan utgörs jordarterna i området av sandig morän och isälvssand eller issjömaterial. Borrningen, som övergick till sondering vid drygt 20 m, visar en lagerföljd helt dominerad av olika sorters morän. Intermoräna skikt med sand och grus uppgår som mest till 0,5–1 m (bilaga 1, fig. 24). Borrningen avslutades i nivå med tolkad bergöveryta, på 33 m djup, men hade kunnat fortsätta. Tolkningen är dock att man då kommit ned i okonsoliderad lersten tillhörande berggrunden. Grundvattenytan uppskattades i samband med borrning till cirka 11 m under markytan vilket sammanfaller med att resistivitetsmodellen faller till värden under 100 Ohmm på djup under 10 m (fig. 24). Jordlagren ökar i mäktighet mot nordost som sydväst, i det senare fallet till något som liknar en begravd dal (fig. 24) vilket diskuteras i senare avsnitt.



**Figur 24** (ovan) och **25** (nedan). Resistivitetsmodeller i borrningen Navröd (fig. 24) respektive Roshus & Nygårds (fig. 25) närhet samt dess lagerföljder. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

**Roshus:** Borrningen utfördes inom ett större område med indikerat mäktiga lager med resistivitetsvärden motsvarande vattenförande isälvssand eller issjömaterial (100–120 Ohmm, fig. 25). Ytligt finns högre resistivitetsvärden, omkring 170–230 Ohmm. Enligt jordartskartan utgörs de ytliga jordlagren i området av sandig morän och isälvssand eller issjömaterial. Borrningen gav en meter finsand ovanpå 35 m lerig morän och morän. Borrningen övergick till sondering från 12 m. På drygt 12 m djup noterades möjlig grundvattenyta, vilket sammanfaller tämligen väl med övergången från höga (170–230 Ohmm) till något lägre (120–150 Ohmm) resistivitetsvärden (fig. 25). Borrstoppet på 36 m djup ligger ungefär i nivå med tolkad bergöveryta, men skedde möjligen mot ett block i morän. Resistiviteten i berggrunden motsvaras troligen av lersten (under 30 Ohmm).

Nygård: Skruvborrningen placerades sydväst om borrningen Roshus (fig. 25). Enligt jordartskartan är båda punkterna lokaliserade i samma typ av ytlig geologi, dominerat av issjösand eller issjömaterial men med inslag av sandig morän (fig. 25). Resistivitetsmodellen ger dock betydande skillnad i sammansättning mellan båda punkter, med förhållandevis lägre värden i Nygård (50–75 Ohmm) jämfört med Roshus (100–150 Ohmm). Borrningen vid Roshus gav grusig sand den ytligaste metern och därefter moränlera, silt och lera ned till 14 m varpå sondering indikerar morän ned till borrstopp på dryga 20 m. Lagerföljd med silt och lera har alltså en noterbart lägre resistivitet än den i huvudsak morändominerade sekvensen vid Roshus. Tolkningen är att borrstopp skedde mot block i morän och att jorddjupet är cirka 50 m. Berggrunden består antingen av lågresistiv lersten (under 30 Ohmm) silt- eller sandsten (30–50 Ohmm, fig. 25). Ållskog: Borrningen lokaliserades till ett område som visar stora områden med mäktiga lager med resistivitetsvärden potentiellt motsvarande vattenförande sand och grus (90–130 Ohmm, fig. 26). Enligt jordartskartan finns lerig morän i ytan. Borrningen nådde totalt 20 m med sondering de sista 10 m. Lagerföljden består rakt igenom av morän och moränlera (fig. 26). Viss indikation finns såväl från borrning som i resistivitetsdata på att de övre 10 m, med resistivitet på 45–60 Ohmm) har ett något högre innehåll av finmaterial relativt de djupare delarna i jordlagerföljden med högre resistivitet (över 60 Ohmm). De undre högresistiva jordlagren som tolkas som morän har en hög resistivitet (upp mot 250 Ohmm) och är högst troligen mycket torr och hård (fig. 26) vilket kan vara en anledning att borrningen inte kunde fortsätta. Tolkat jorddjup är cirka 45 m och övergången sker troligen mot en lågresistiv (under 30 Ohmm) lersten. Området nordost om den streckade lodräta linjen i profilen (fig. 26) har inte tolkats för jorddjup utan här gäller SGUs befintliga jorddjupsmodell.

**Högestad:** Skruvborrningen placerades i ett område med hög resistivitet på sydsluttningen av Fyledalen där de ytliga jordlagren har en resistivitet på 150–600 Ohmm (fig. 27). Enligt jordartskartan utgörs de ytliga jordarterna i området av isälvssediment. Borrningen gav torr morän, med omväxlande inslag av lera, silt, sand, sten och block, genom hela djupet (fig. 27, tabell 1). De sista dryga 15 m sonderades. Sonderingen avslutades på drygt 23 m, i nivå med bedömd bergöveryta. Berggrunden består troligen av en lågresistiv (under 30 Ohmm) lersten vid läget för borrningen. Nordost om borrningen vid Fyledalen har berggrunden en högre resistivitet (80–150 Ohmm) och består troligen av jurassisk berggrund vilket kan jämföras med den lågresistiva berggrunden mot sydväst tillhörande Vombformationen (fig. 27). Inom området nordost om den streckade lodräta linjen i figur 27 har ingen nytolkning av jorddjupen utförts utan här gäller SGUs befintliga jorddjupsmodell.



**Figur 26** (ovan) och **27** (nedan). Resistivitetsmodeller i borrningen Ållskogs (fig. 26) respektive Högestads (fig. 27) närhet samt dess lagerföljder. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta. Områdena nordost om den streckade lodräta linjen har inte tolkats för jorddjup utan här gäller SGUs befintliga jorddjupsmodell.

**BH18 Brödåkra**: Platsen för borrningen valdes för att få svar på jordarternas sammansättning, gränsen mellan jord och berg samt vad en kilformad struktur med något högre resistivitet bestod av (fig. 28). Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av sandig morän. Enligt de närmst liggande resistivitetsmodellerna sker det resistivitetsförändringar vid cirka 20, 40 och 60 m djup (fig. 28). Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet. Lagerföljden består förenklat av 36 m lerig morän och moränlera följt av sand och grus (36–45 m) och därefter kommer berggrunden bestående av skiffer (fig. 28, 29). Viss hydraulisk kommunikation mellan de undre sandiga jordlagren och den spruckna skiffern torde finnas. Foderrör sattes till 48 m djup.

Flödet var som störst i den övre spruckna skiffern (4 500 l/tim), dock var konduktivitetsvärdena höga (strax under 3 000  $\mu$ S/cm) hela vägen. På grund av höga konduktivitetsvärden för grund-vattnet avbröts borrningen vid 61 m. Det gör att vi saknar den djupaste övergången som vi ser i resistivitetsmönstret. Vår tolkning är att den undersökta anomalin är kopplad till förkastningsrörelser. Material från borrningen indikerar paleozoisk skiffer. Tidigare har området tolkats att enbart bestå av jurassisk berggrund vilket gör att berggrundskartan bör revideras här (fig. 4). Mot nordost framträder högresistiv berggrund som tolkas bestå av silurisk lerskiffer i det så kallade Colunskiffertråget.

Det utfördes ingen borrhålsloggning i Brödåkra. Vid återbesök vid borrhålet uppmättes betydligt lägre och mer normala konduktivitetsvärden (300–350  $\mu$ S/cm) i hela vattenkolumnen. De nedre delarna hade rasat igen och djupet var endast 51 m (2021-03-03). Borrningen ligger en bit upp på den höjd som avgränsar Vombsänkan i nordost och markytan är vid borrhålet 81,25 m.

Grundvattennivån står endast cirka 1 m under markytan, och det sker grundvattenutflöde bara några meter ifrån borrhålet vid en bäck som skär ner lite i jordlagren. Med hjälp av borrningen och resistivitetsdata kan man anta att moränen här längs Vombsänkans nordvästra del mellan Gårdstånga och Hammarlunda är cirka 40–50 m mäktig och har en resistivitet på 50 till 100 Ohmm (fig. 29).

Trots underlagrande sand och grus mellan 36 och 45 m (fig. 28, 29) uppvisar inte borrningen några stora mängder vatten. Även uttagskapaciteten i berg är låg och konduktiviteten i grundvattnet kan vara hög. Moränen är tät och borrningen ligger högt så här finns endast ett litet möjligt nybildningsområde. Det mesta av nederbörden rinner ner i Vombsänkan i egenskap av ytvatten eller som ytligt grundvatten.



**Figur 28.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH18 Brödåkra. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

# Borrhål: BH18 Brödåkra

Koordinater: N 6179968/401703 E

Höjd m ö. h.: 81 m Totaldjup: 62 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-11-27



Morän/moränlera Sand/grus

Siltig finsand

Svart skiffer



**Figur 29.** BH18 Brödåkra. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. Ingen geofysisk borrhålsloggning utfördes i borrhålet. I ATEM-kolumnen visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering för respektive lager. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

BH10 Revinge: Borrplatsen valdes dels för att få lagerföljden i jord, dels avgöra gränsen mellan jord och berg, men även för att studera lagerföljden i berggrunden. Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av isälvsavlagringar. Närliggande resistivitetsmodeller visar flera lager med omväxlande låg och hög resistivitet vid cirka 10, 20, 40, 60 och 85 m djup (fig. 30). Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 31). Jordlagerföljden består av sand (0–10 m), morän och moränlera (10–34 m). Berggrunden består överst av lersten med ökande andel kol neråt (34–59 m), sandsten (59–79 m) följt av lersten (79–88 m). Foderrör sattes till 39 m djup. Mellan 79 och 88 m djup påträffades ett antal fossil i borrkaxet bestående av, delar av tagghudingar belemniter och en ammonit. En preliminär undersökning av fossilen pekar mot att de är tidigjurassiska. Längst i sydväst respektive nordost (se fig. 30) syns högresistiv berggrund tolkat som Romeleåsen respektive Colonusskiffertråget. Borrningen visar på stora flöden från cirka 54 m och neråt, störst flöde uppmättes vid cirka 69 m djup (60 000 l/tim). Konduktiviteten i grundvattnet uppmättes till mellan cirka 300 och 700 µS/cm. Grundvattentrycket är svagt artesiskt och står ibland över markytan och ibland precis under. Trots artesiskt tryck klarnar inte vattnet vilket kan tyda på låg konsolideringsgrad i berggrunden. Resistivitetsmätning vid borrhålsloggning (endast 49–52 m djup på grund av ras) i borrhålet gav inga tydliga förändringar, resistiviteten ligger mellan 30 och 50 Ohmm vilket överensstämmer med ATEM-data och rimligt för lersten.

Gammakurvan visar tydlig förändring vid 10 m, därefter väldigt homogent 10–34 m vilket motsvarar morän och moränlera, varefter det kommer in i ett parti med förändringar 38–54 m vilket motsvarar lersten med kolinslag (fig. 31). Tyvärr har hålet rasat in under detta djup så loggningen slutar på cirka 54 m. Konduktiviteten i grundvattnet ligger mellan 500 och 600  $\mu$ S/cm. När borrhålet besöktes i mars 2021 var grundvattentrycket artesiskt och inga konduktivitetsmätningar utfördes. Markytan vid borrhålet ligger på 22,42 m vilket betyder att den ligger lägst av samtliga utförda borrningar i denna undersökning. En närliggande brunn (ID23300957) med 16,4 m sand har en grundvattennivå på 3,7 m under markytan och en uttagskapacitet på 37 800 l/tim vilket tyder på att även jordlagren kan rymma stora grundvattenmängder.

De artesiska förhållandena i denna del av Vombsänkan uppstår troligen genom en kombination av att det finns ett tryck uppifrån höjdområdena och från sydost i kombination med tät berggrund i form av lersten och täta jordlager i form av morän och moränlera. De bästa förutsättningarna verkar vara knutna till den berggrund som i huvudsak består av sandsten och har en resistivitet mellan 40 och 60 Ohmm (fig. 30, 31). I profilen i figur 30 syns denna sandsten mellan 2 600 och 3 600 m på -40 till -70 m. Troligen finns även likande förutsättningar i vad som tolkas vara en liknande sandsten som syns längre mot sydväst mellan 1 500 och 2 600 m som ligger i en förkastning på 0 till -140 m. Akvifererna i sandstenen är troligen skyddade från mänsklig påverkan tack vare mäktig moränlera och i huvudsak lersten som överlagrar.



**Figur 30.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH10 Revinge. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

# Borrhål: BH10 Revinge

Koordinater: N 6175360/401100 E

Höjd m ö. h.: 22 m

Totaldjup: 88 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-12-02



Sand/grus

Morän/moränlera

- Siltsten, lersten, finkornig sandsten
- Sand/sandsten



Figur 31. BH10 Revinge. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. I de två följande kolumnerna visas data från geofysisk borrhålsloggning. Som jämförelse visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**Idala-Veberöd:** Under undersökningens gång utfördes en geoenergibrunn inne i Veberöd som saknar intilliggande SkyTEM-data men som kan jämföras med mätningar i utkanten av bebyggt område där det finns data (jämför fig. 14, 17). Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av sandiga issjösediment. Inför borrningen studerades resistivitetsmodeller söder respektive norr om borrplatsen (fig. 32). Borrningen utfördes med vatten (Wassara-teknik) i stället för hammarteknik och kaxprovtagning utfördes med en lägre frekvens.

Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 32, 33). Jordlagren består från markytan av sand (0–18 m), lera (18–24 m) och morän (24–51 m). Därefter kommer en sedimentär lagerföljd med i huvudsak sandsten men med betydande inslag av kol från 51 till 120/123 m där övergången till det prekambriska urberget, bestående av grå-röd gnejs sker. Vid övergången, mellan 120 och 123 m finns en zon med kaolinvittrat urberg (fig. 33). Foderrör sattes ner till 127 m och borrningen avslutades på 177 m djup. Enligt borrprotokollet kommer fast berg (sedimentärt) på 57 m. På 177 m djup uppmättes ett flöde på 15 000 l/tim vilket får anses vara bra för en brunn i urberget. Grundvattennivån var cirka 4,5 m under markytan fyra dygn efter borrning.

Genom att jämföra borrningen med närliggande resistivitetsdata kan man tolka närliggande resistivitetsmönster till att gränsen mot berg är där man går från morän till okonsoliderad och porös lersten med en lägre resistivitet. I figur 32 har vi valt att lägga in resistivitetsvärden från en interpolerad 3D-grid i det område där data saknas. Det finns ett fåtal brunnar i närheten varav de flesta visar på en i huvudsak sandig övre och lerig undre del samt en övergång till sandsten i likhet med borrningen Idala-Veberöd. Sandstenen noteras som okonsoliderad och kapacitetsuppskattning har varit svår på grund av stor materialproduktion, det vill säga att det kommer upp mycket sand. Det finns även brunnar i den övre sandiga akviferen i jordlagren, vanligen med bedömd uttagskapacitet på mellan 5 000 och 8 000 l/tim.

I nordvästra delen av profilen (fig. 32) framträder urberget som hög resistivitet på cirka 20 m djup och vid borrningen kommer urberget på cirka -80 m. Avståndet är cirka 1 400 m vilket ger en lutning för urbergsytan på cirka 7 %.



**Figur 32.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen Idala-Veberöd. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta. Notera att resistivitetsmodellerna ligger cirka 700 respektive 1 200 m från borrningen i detta fall vilket är betydligt längre ifrån än vid övriga borrningar. De värden som finns mellan 1 150 och 2 950 utgörs av den beräknade 3D-gridden (som bara går ned till -100 m). Området sydväst om den streckade lodräta linjen har inte tolkats för jorddjup utan här gäller SGUs befintliga jorddjupsmodell.

# Borrhål: Idala-Veberöd

Koordinater: N 6165810/405715 E Höjd m ö. h.: ingen uppgift

Totaldjup: 177 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-11-10



Morän/moränlera Sandsten Kol, org rik lera Kaolinvittrat urberg Urberg, gnejs

Ålder	Djup, m	Dominerande litologi	Naturlig Gamma, cps 0 100 Caliper, mm 100 150	Long resistivity, Ohmm Short resistivity, Ohmm Single point resistance, Ohm	ATEM Resistiv. Ohmm	Beskrivning	Övrigt
	-10		Ingen loggning utförd	Ingen loggning utförd	Ingen data	(0-18 m) Gul brun fin-medelkornig sand med inslag av grus	GV yta 4,52 m
kvartär	-20					(18-51 m) Gråbrun sandig Iera/moränlera/morän	
	-40						
	-60 -70					(51-69 m) Vit och ljusgrå fin- medelkornig kvartssand, rikligt med kolfragment. Partier med grov sand och lera (69-72 m) Kol och svarta leror	
jura	-80						
	-100						små provmängder
×	-110					(120, 122 m) Kaplin itter urber	mycket kolfragment
	-130 –	× × × × × × × × × × × ×				(123-123 m) Kaolinivitta turberg (123-177 m) Urberg, grå-röd gnejs	Foderrör till 127 m
prekambrium	-140						
	-160						
	-170 –	× × × × × × × × × × × ×					GV flöde ca 15 000l/tim

**Figur 33.** Idala-Veberöd. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. Ingen geofysisk borrhålsloggning utfördes i borrhålet. Inga resultat från närliggande ATEM-sonderingar finns i ATEM-kolumnen på grund av för stora avstånd. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**BH11 Hemmestorp:** Borrningen genomfördes för att bestämma övergången mellan jord och berg samt i syfte att studera en sekvens med omväxlande låg- och högresistiva lager (fig. 34). Strukturen som kommer fram i resistivitetsmodellen är troligtvis orsakad av förkastningar. Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av isälvssediment. De närmst liggande resistivitetsmodellerna visar resistivitetsförändringar vid cirka 15, 30, 60 och 100 m djup. Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet. Jordlagren består av sand (0–17 m) och morän (17–26 m). Berggrunden börjar ovanifrån med ljus siltig/finsandig kalksten (26–66 m) följt av glaukonitisk sandsten (66–69 m) och därefter en lerigare sekvens (69–107 m) och slutligen en mörkgrå sandsten med möjligt innehåll av glaukonit och kol (fig. 35). Foderrör sattes till 39 m djup.

Borrhålsloggningen visar tydliga förändringar i gammakurvan på cirka 27 och 66 m, vilket motsvarar övergången till sedimentär berggrund respektive övergången till en lerigare sedimentär berggrund (fig. 35). Resistivitetssonden visar på en stor förändring vid 69 m från cirka 100 Ohmm till 30 Ohmm som visar övergång mot ett lerigare sedimentärt berg. Borrhålsloggningen visar på större sprickor vid 41 och 54 m samt ett ojämnare och troligen mer sprickrikt intervall, ökande med djupet, mellan 70 och 105 m djup (fig. 35).

Vid besök i mars 2021 hade borrhålet rasat och djupet var nu endast 42 m, alltså endast 3 m öppet borrhål i den delen som gav mellan 2 100 och 9 000 l/tim (fig. 35). Konduktiviteten i grundvattnet varierade mellan 380 och 430  $\mu$ S/cm och grundvattennivån stod cirka 7 m under markytan. Borrhålet är placerat i en stor sammanhängande sandavlagring med inslag av både isälvsavlagringar och svallsand.

I borrningen och resistivitetsdata kan man urskilja tre grundvattenmagasin, ett i jordlager och två i berg, åtskilda av relativt täta jordlager (11 m morän) samt en mycket lågresistiv och troligen tät mellanlagrande lersten med en mäktighet på cirka 10 m (fig. 34, 35). Resistiviteten i de två grundvattenmagasinen i berg ligger vanligen mellan 40 och 60 Ohmm när man ser dem som större och uthålliga enheter. Sandstenarna är något yngre än sandstenarna vid borrningen i Revinge (BH10) men har ungefär samma resistivitet och uttagskapacitet. De två akvifererna ligger relativt skyddade från påverkan tack vare överlagrande moränlera och i den undre akviferen av överlagrande lersten.

Borrningen gav mycket vatten, mot slutet dock även mycket finmaterial. Flödet i den övre akviferen som utgörs av sandig–lerig kalksten varierar stort, 300–36 000 l/tim. I den undre akviferen som består av siltsten och siltig sandsten konstaterades mycket högt flöde, 48 000–60 000 l/tim (fig. 35). Konduktiviteten i grundvattnet varierar mellan 300 och 500  $\mu$ S/cm genom hela borrhålet. Båda akvifererna är uthålliga i flera kilometer och sträcker sig längs med Romeleåsens sträckning på djup mellan 50 och 150 m (fig. 34).



**Figur 34.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH11 Hemmestorp. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.



**Figur 35.** BH11 Hemmestorp. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. I de två följande kolumnerna visas data från geofysisk borrhålsloggning. Som jämförelse visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**BH7 Everlöv:** Platsen valdes för att studera en dalformad anomali i resistivitetsmönstret (fig. 36). Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av isälvssediment. Närliggande resistivitetsmodeller visar tydliga resistivitetsförändringar vid cirka 5, 10, 20, 50 och 100 m djup. Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 37). Jordlagren består av sand (0–5 m), silt och finsand (5–17 m), följt av i huvudsak lera och moränlera till 45 m djup (mellan 36 och 39 m dock grusig sand). Mellan 45 och 72 m djup tolkar vi borrkaxet som mestadels bestående av lerig och siltig sandsten (fig. 37) som dock är så dåligt konsoliderad att foderrörsdrivning var tvunget ända ner till 72 m djup. På grund av borrningstekniska skäl avbröts borrningen vid 72 m vilket gör att vi saknar den sista övergången vid cirka 100 m djup. Baserat på data från BH11 Hemmestorp (se avsnitt ovan) tolkas resistivitetsskillnaden motsvara en övergång från sandsten till lersten.

Borrningen gav endast 1 200 l/tim (på cirka 50 m djup). Grundvattennivån låg på cirka 10,3 m under markytan, tyvärr utfördes ingen konduktivitetsmätning vid borrtillfället. På grund av den dåliga konsolideringsgraden och stor mängd finmaterial var det inte möjligt att utföra fler kapacitetsmätningar. Ingen borrhålsloggning utfördes vid Everlöv.

Borrningen utfördes i ett relativt kuperat område med omväxlande barr och lövskog samt öppna ytor med företrädesvis hagmark. Markytan vid borrningen är 54,9 m. Totaldjupet var 68 m vid platsbesök i mars 2021 och troligen fylls foderröret underifrån. Grundvattennivån låg vid samma tillfälle cirka 5,3 m under marknivån och konduktiviteten var mellan 230 och 500  $\mu$ S/cm i grundvattent. De kringliggande isälvssedimenten verkar till stor del utgöras av högresistiva och därmed torra avlagringar vilket gör att vi inte kan förvänta oss några större grundvattenreserver i jordlagren.

Den resistivitetsanomali vi skulle undersöka visade sig bestå av i huvudsak okonsoliderad silt- och sandsten utan större vattenföring (fig. 37). Resistiviteten i sandstenslagret ligger mellan 70 och 110 Ohmm. Detta är högre resistivitet än borrningarna vid Hemmestorp (fig. 35) och Revinge (fig. 31) där sandstenen var mer vattenförande. Det kan finnas flera anledningar till att det saknas större mängder grundvatten, en är låg nybildning på grund av tät ovanliggande morän och tät överlagrande lersten, men kan även bero på att den undersökta anomalin har en begränsad utbredning eller annan sammansättning och porositet på sandstenen.



**Figur 36.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH7 Everlöv. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

# Borrhål: BH7 Everlöv

Koordinater: N 6161940/410596 E

Höjd m ö. h.: 55 m

Totaldjup: 72 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-11-04



Sand/grus



Morän/moränlera

Lerig siltsten och finkornig sandsten

	Ålder	Djup, m	Dominerande litologi	Naturlig Gamma, cps 0 100 Caliper, mm 100 150	Long resistivity, Ohmm Short resistivity, Ohmm Single point resistance, Ohm	ATEM Restistiv. Ohmm	Beskrivning	Övrigt
/	$\land$	0				488		
		-				379	(0.5 m) Cul brun fin	
		-				251	medelkornig sand med	
		-		Ingen	Ingen loggning	158	insiag av grus	
		-10 -		loggning utförd	utförd	94		GV yta 10,32 m
						58	(5-17 m) Silt och finkornig sand med inslag av lera, gulfärgad till ca 8 m	
		-				43		
kvartär	artär	-20 —				44		
	Š	-				52	(17-45 m) Domineras av	
		-30 -				52	varierande siltig och sandig, grusig mellan 36 och 39 m	
						37		
		-40				23		
undre krita?	$\times$	-				23	(45-49 m) Siltig lersten med inslag av finkornig sandsten	
	a?	-50				44		Foderrör till 49,75 m GV flöde ca 1 200 I/tim
	undre krit	-60 -				78	(49-72 m) Tolkat som mest bestående av finkornig sandsten med varierande	
		-70 -				104	lerhalt.	GV flöde <100 l/tim

Figur 37. BH7 Everlöv. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. Ingen geofysisk borrhålsloggning utfördes i borrhålet. I ATEM-kolumnen visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**BH17 Dösjö:** Syftet med borrningen var att undersöka jordarternas sammansättning, bestämma gränsen mellan jord och berg samt gräns till urberget som här tolkas ligga relativt ytligt (fig. 38). Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av sandiga issjösediment. Foderrörsdrivning skedde ner till 78,5 m djup. Enligt närliggande resistivitetsmodeller sker det förändringar på cirka 10, 20, 40, 60 och 80 m djup. Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 39). Jordlagren (0–65 m) består av omväxlande sandiga och morändominerade partier. På 65 m djup kommer övergången till sandsten och här höjs resistiviteten markant. Vid cirka 75 m djup kommer urberget som här består av svart diabas (fig. 39) och har en relativt hög resistivitet.

Värden för vattenföringen varierade under borrningen. Konduktiviteten ökade med djupet och visar som högst över 5 000  $\mu$ S/cm vilket tolkas som saltpåverkat grundvatten (fig. 39).

Mätning med resistivitetssonden under borrhålsloggningen visar ett enformigt resultat vilket troligen beror på den ringa mäktigheten (totalt endast cirka 10 m på grund av mycket foderrör) samt att berggrunden består av urberg med ett resistivitetsvärde på cirka 1 000 Ohmm. Gammasonden visar dock flera skiftningar som tolkas motsvara förändringar i lerinnehållet och som även syns som resistivitetsförändringar, tydligast är övergången till urberget (fig. 39).

Området karakteriseras av sandig mark med mycket barrskog, mestadels tall, och öppen hagmark. Borrhålet besöktes i mars 2021, djupet var då 91 m och grundvattenytan mättes in på cirka 3,4 m under marknivå. Konduktiviteten i grundvattnet var hög i borrhålet, cirka 5 600–5 800  $\mu$ S/cm.

Jordlagren uppvisar en förvånansvärd stor mäktighet (över 60 m) och nästan hela den sedimentära lagerföljden är borteroderad från urbergshöjden (fig. 39).

Vid borrningen registrerades inga större vattenmängder i jordlagren trots flera avsnitt med både sand och grus. Den troliga förklaringen är att dessa avsnitt har liten utbredning och sällan kontakt med andra avsnitt med samma vattengenomsläpplighet.

Den högresistiva urbergsryggen syns tydligt i profil (fig. 38) och kan följas åt både väst och öst. Som högst verkar urberget ligga strax väster om borrningen vid Dösjö. Här ligger urberget troligen på cirka 0 m med stupning mot ostnordost.







**Figur 39.** BH17 Dösjö. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. I de två följande kolumnerna visas data från geofysisk borrhålsloggning. Som jämförelse visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**BH19 Sövdeborg:** Borrningen utfördes för att bestämma övergången mellan jord och berg samt i syfte att få en komplett kretaceisk lagerföljd i berggrunden. Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av isälvssediment. Enligt närliggande resistivitetsmodeller sker det tydliga förändringar i resistivitet vid cirka 10, 25, 40, och 65 m djup (fig. 40). Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet. Jordlagren består av sand (0–5 m) följt av lerig morän och moränlera (5–15 m) varpå den sedimentära berggrunden följer. Foderrör sattes till 27 m djup vilket visar på bergarternas dåliga hållfasthet. På grund av borrningstekniska skäl fick borrningen avbrytas vid 67 m.

Borrkaxet från berggrunden är svårtolkat och var stundtals svårt att provta på grund av höga grundvattenflöden. Från 15–25 m består berggrunden av lersten som sedan får inslag av siltsten och sandsten mellan 25–40 m. Därefter kommer cirka 20 m som domineras av sandsten vilket också tydligt avspeglas i de flöden som uppmättes vid borrningen (fig. 41). Redan vid övergången stiger kapaciteten från 1 800 till 15 000 l/tim för att sedan öka ytterligare vid 55 m (48 000 l/tim) och som mest över 60 000 l/tim vid 61 m djup.

Caliper-loggen visar på stora förändringar mellan 28 och 44 m vilket torde peka på flera nivåer med dåligt litifierade bergarter som lätt kan spolas ut. Konduktiviteten i grundvattnet var hela tiden låg, cirka 400  $\mu$ S/cm. Borrhålsloggningen visar på förändringar i gammakurvan vid cirka 15 respektive 27 m djup (fig. 41). Förändringen vid 27 m är relativt liten och kan delvis bero på att det är foderrör ovanför men vi ser även en förändring i vattenföringen och en övergång från lersten till siltsten på denna nivå. Anledningen till förändringen vid 15 m syns inte i borrkaxet men det kan delvis visa på den svårtydda övergången mellan jord och berg (fig. 41).

Borrningen ligger i ett relativt kuperat område med öppen hagmark och spridda större skogspartier med mestadels lövträd. Markytan vid borrplatsen är 41,3 m. Grundvattennivån var i mars 2021 cirka 1,1 m under markytan och konduktiviteten 250  $\mu$ S/cm i toppen och 700  $\mu$ S/cm i botten av borrhålet. Uppmätt djup var 67 m så inget ras eller igensättning hade skett i borrhålet. Både borrningen och resistivitetsdata indikerar att det finns ett grundvattenmagasin i den del av berggrunden som består av sandsten. Resistiviteten i det mest vattengivande lagret är vid borrpunkten cirka 30–40 Ohmm. Denna sandsten går att följa (se fig. 40), även om den på vissa platser verkar ha en lägre resistivitet (närmare 20 Ohmm) och därmed troligen ett större lerinnehåll. Sandstenen överlagras av tätare och mindre vattengivande berggrund bestående av leroch siltsten (10–20 Ohmm) samt 14 m moränlera och lerig morän (20–70 Ohmm). Den rikliga vattentillgången talar för stor uthållighet på sandstenen.



**Figur 40.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningar. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

#### Sand/grus Siltsten Koordinater: N 6161136/421119 E Höjd m ö. h.: 41 m Siltig lersten Morän/moränlera Totaldjup: 67 m Lerig siltsten och finkornig sandsten Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-11-19 Long resistivity, Ohmm Naturlig ATEM Dominerande Gamma, cps Resistiv Short resistivity, Ohmm Beskrivning Övrigt Djup, m 0 100 Ohmm litologi Ålder Caliper, mm Single point resistance, Ohm 100 150 0 136 GV yta 0,96 m 126 (0-5 m) Gul brun fin-medelkornig 94 sand med inslag av grus kvartär 68 -10 41 (5-15 m) Brungrå sandig, stenig lera, moränlera och morän 27 WWWWWW 28 -20 Dryway way any had may been been and the same of the s (15-25 m) Osäker övergång till 33 lerig siltsten (berggrund). Gammaloggen visar relativt låga GV flöde ca 1 200 l/tim värden vilket borde betvda mer kvarts, dvs mindre lera än vad 27 10 100 som syns i proven. Från 25 m ökar gammasignalen vilket tolkas som växellagrad lagerföljd med siltsten/sandsten/lersten Foderrör till 27 m 14 GV flöde ca 9 000 l/tim -30 100 M 11 (25-40 m) Siltig lersten med inslag av finkornig sandsten MMMMM ura/undre krita ospec GV flöde ca 1 800 l/tim

## Borrhål: BH19 Sövdeborg

-40

-50

-60

ころろ

10

100

mann

mon



Figur 41. BH19 Sövdeborg. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. I de två följande kolumnerna visas data från geofysisk borrhålsloggning. Som jämförelse visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

23

36

39

29

15

100

(40-61 m) Tolkat som mest bestående av finkornig sandsten med varierande lerhalt.

ANM: 40-61 m: förvånansvärt

än vad som syns i kaxproven

(60-67 m) Gråbrun siltig och

finsandig lersten

mycket lera i proven. Höga vattenflöden indikerar mer sand

GV flöde ca 15 000 l/tim

Stora flöden trots mest lera i proven

GV flöde ca 48 000 l/tim

GV flöde >60 000 l/tim

GV flöde <60 000 l/tim

**BH6 Elsagården:** Borrningen genomfördes för att studera en dal-liknande struktur med högre resistivitet än kringliggande geologi (fig. 42). Enligt jordartskartan består de ytliga jordlagren av sandiga issjösediment. De närmst liggande resistivitetsmodellerna visar på resistivitetsförändringar på cirka 10, 20, 80 m djup. Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 43). Foderrörsdrivning skedde genom hela borrningen ner till 81 m djup och berggrunden nåddes aldrig. Borrningen är mycket intressant då den visar på över 80 m djupa jordlager vilket är bland det största djup som med säkerhet registrerats i Vombsänkan. I lagerföljden finns mäktiga partier med sandiga sediment som kan vara av intresse då de kan utgöra akviferer. Lermoränen har en låg resistivitet på 15–30 Ohmm (fig. 43). Från 22 m ner till 81 m består jordlagren i huvudsak av sand. I partierna mellan 22–30 m, 62–75 m, samt 77–81 m förekommer huvudsakligen grusig sand till sandigt grus (fig. 43). På grund av borrningstekniska skäl avbröts borrningen vid 81 m.

Uppmätta flöden under borrningen varierade mellan tämligen låga till relativt höga (mellan 900 och 12 000 l/tim, fig. 43). Konduktiviteten på grundvattnet var genomgående låg (cirka 400–600  $\mu$ S/cm). Bäst kapacitet konstaterades i det grova materialet vid cirka 64–67 m djup där resistiviteten var under 60 Ohmm (fig. 43). Med de grova sediment som fanns här bör man vid en filtersättning få en bättre uttagskapacitet än vad flödet vid borrningen indikerar. Ingen borrhålsloggning utfördes vid Elsagården då foderrör sattes hela vägen.

Borrplatsen ligger i en tallskog och markerna är sandiga. Jordartskartan visar att de ytliga jordlagren bildar en mosaik med både morän, lera, isälvsmaterial, svämsediment och torv (fig. 8). Vid besök av borrhålet i mars 2021 var djupet 72 m, grundvattenytan mättes till 0,4 m under markytan, vilket talar för ett relativt stort tryck i akviferen, och konduktiviteten mellan 450 och 700  $\mu$ S/cm. Igensättning av borrhålet har skett underifrån.

De stora mäktigheterna med sand och grus (här cirka 60 m), som dessutom verkar ha en stor utbredning kan vara av stort intresse för vattenförsörjningen. Detta grundvattenmagasin är i delar av området överlagrat av mäktiga täta jordlager vilket å ena sidan torde skydda grundvattnet från förorening, men å andra sidan kan begränsa grundvattenbildningen och därmed påverka kapaciteten negativt. Den dalform man ser i figur 42 går att följa cirka 5 km mot ost och diskuteras i senare avsnitt. Resistiviteten i själva dalformen, det vill säga den del som är nedskuren i berget ligger mellan 35 och 65 men mestadels över 50 Ohmm. Överytan på själva dalen ligger på cirka 0 m, och botten på cirka -30 m. Bredden är cirka 500 m. Den överliggande sanden, i huvudsak finsand, har en resistivitet på cirka 100 Ohmm. En uttagskapacitet på upp mot 12 000 l/tim som uppmättes vid borrning får anses som bra för en brunn i jordlagren.



**Figur 42.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH6 Elsagården. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.

# Borrhål: BH6 Elsagården

Koordinater: N 6157058/413924 E

Höjd m ö. h.: 49 m

Totaldjup: 80 m Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-11-10 Sand/grus Morän/moränlera Grusig sand

Siltig, finsandig lera



Figur 43. BH6 Elsagården. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. Ingen geofysisk borrhålsloggning utfördes i borrhålet. I ATEM-kolumnen visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

**BH16 Herrestad:** Borrplatsen ligger på den så kallade Herrestadsryggen som är en väst–ostligt orienterad urbergsrygg som delar Vombsänkan i en nordvästlig och en sydvästlig del. På ryggen finns urberget lokalt direkt under jordlagren vid borrplatsen eller under tunna lager med sedimentär berggrund (fig. 3). Enligt jordartskartan består jordlagren av moränlera. Enligt resistivitetsdata sker en gradvis förändring ner till cirka 20 m djup där det sker ett markant skifte till en mycket hög resistivitet (fig. 44). Tolkning av borrkax och information från borrarna ger en lagerföljd som i stora drag följer förändringarna i resistivitet (fig. 45). Jordlagren består huvudsakligen av lerig morän med en trolig mäktighet på cirka 13 m. Därefter kommer ett tunt lager med sedimentär berggrund i form av siltig lersten tolkat som jurassisk lersten (13–15 m). Dessa lager pålagrar urberget som består av röd gnejs (15–30 m). Foderrörsdrivning gjordes till 18 m. Borrningen gav endast 180 l/tim för undre delen av borrhålet i urberget. Anledningen till de ringa vattenmängderna är troligen en kombination av tunna relativt täta moränlager och dålig vattenföring i urberget.

Resistivitetsmätningar i borrhålet visar generellt en resistivitet mellan 100 och 300 Ohmm för urberget (fig. 45). Gammakurvan visar förändringar vid cirka 13 och 24 m där den första motsvarar övergången från morän till sedimentärt berg. Den andra motsvaras av en förmodad pegmatitgång i urberget. Caliperloggen visar inga direkta förändringar vilket var väntat då det endast är mätt i urberget (18–31 m). Konduktiviteten i grundvattnet ligger på cirka 500 µS/cm.

Vid fältbesök i mars 2021 mättes brunnens totaldjup till 31 m. Grundvattenytan låg cirka 7,5 m under markytan och konduktiviteten var 540–600 µS/cm. Borrningen är lokaliserad till ett område dominerat av åkermark och ligger lite upphöjt över omgivningen med utsikt mot sydost. I söder avgränsas höjden av en betydande förkastningszon som gör att urberget i till exempel Köpingebro ligger på cirka 1000 m djup. Resistivitetsmönstret vid sidan av urbergshöjden visar också på dessa stora vertikala förskjutningar av berggrunden och även på brant stupande lager intill förkastningszonen söder om ryggen (fig. 44). Norrut sker en successiv pålagring av tilltagande mäktig sedimentär berggrund vilket också syns i resistivitetsdata.

Borrningen stödjer tolkningen av resistivitetsdata, det vill säga att den höga resistiviteten motsvaras av ytligt liggande urberg tillhörande Herrestadsryggen (fig. 44). Området diskuteras senare i avsnittet *Större förkastningar och avgränsningar i berggrunden*.



**Figur 44.** Profil som visar resistivitetsfördelning, tolkning av gränsen mellan jord och berg och lagerföljder från borrningen BH16 Herrestad. Profilens läge visas i figur 15. Terrängytan är draperad med färgkodning från den förenklade jordartskartan. För teckenförklaring rörande jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 19. Svart linje är tolkad bergöveryta.



**Figur 45.** BH16 Herrestad. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. I de två följande kolumnerna visas data från geofysisk borrhålsloggning. Som jämförelse visas modellerad resistivitet från närliggande ATEM-sondering. I de två högra kolumnerna finns underlag från borrtillfället och kommentarer från tolkning av borrkax.

### Bergöveryta och jorddjupsmodell

Tolkningen av berggrundens överyta (fig. 46) inom undersökningsområdet har gjorts genom att gränsen mellan jordlager och bergets överyta markerats manuellt längs samtliga resistivitetsprofiler i området. Punkterna har därefter interpolerats till en sammanlagd yta. Ytan särskiljer inte områden med urberg från sedimentärt berg. Gränsen mellan jordlager och berggrund baseras på lagerföljder från borrningar samt resistivitetsvärden enligt tabell 3 (se figur 19 för exempel).

Vid ett flertal tillfällen har vi vid tolkning av bergets överyta och skapandet av den nya jorddjupsmodellen valt att utesluta data från Brunnsarkivet då resistivitetsdata tyder på att övergången mellan jord och berg ligger på ett annat djup än vad som registrerats i brunnsprotokollen. Den största anledningen till detta är den övergripande låga konsolideringsgraden hos de sedimentära bergarterna. Det är ofta svårt att i samband med konventionell brunnsborrning bestämma vad som är jord och sedimentär berggrund.

Bergets överyta ligger inom området som högst på cirka 140 m ö.h., på Romeleåsen, och som lägst på cirka -65 m ö.h., vid Revingefältet. I figur 46 illustreras bergets överyta som isolinjer (20 m intervall) på den befintliga berggrundskartan med relief i bakgrunden. Vombsänkans utformning framträder tydligt i bergets överyta. De båda förkastningszonerna i sydväst och nordost har branta kanter medan huvuddelen av sänkan är relativt flack med få stora förändringar (fig. 46). I såväl de centrala som de södra delarna av Vombsänkan, söder om Herrestadsryggen ligger stora delar av bergets överyta under havsnivå.



**Figur 46.** Berggrundens överyta som relief och med 20 m intervalls konturer. Röd kontur markerar 0 m i RH2000. Ytan är draperad med befintlig berggrundskarta med genomskinlighet.

Tolkningen av berggrundens överyta har resulterat i en uppdaterad och förfinad jorddjupsmodell (fig. 47). Tidigare baserades jorddjupsmodellen på punkter från borrningar (bland annat från Brunnsarkivet) samt antagande kring jordlagrens normala mäktighet för olika geologiska miljöer (se Daniels & Thunholm 2014 för mer information). Den nya modellen bygger på en komplettering av ett stort antal nya punkter från tolkningen av ATEM-data. I de delar av undersökningsområdet där mycket data rensats bort på grund av dåliga mätdata (se Brolin & Dahlqvist 2020) samt i utkanten av flyglinjerna (främst vid samhällen, områdets yttre avgränsning samt militära områden) har den nya modellen sammanfogats med SGUs regionala jorddjupsmodell (Daniels & Thunholm 2014). För att få en jämn övergång mellan dessa två dataset har vi använt oss av en övergångszon på 500 m vid interpolationen. Detta gäller även två områden inom själva flygområdet, vid Fyledalen, samt vid Romeleåsen där det var svårt att göra en tolkning baserat på resistivitetsdata (fig. 47).

I modellen framträder fyra områden med mycket stora jorddjup: 1) vid Skatteberga mellan Södra Sandby och Flyinge, 2) från Vombs fure och ner mot Fyledalen, 3) området kring Snogeholmssjön, Ellestadsjön och Krageholmssjön (som hädanefter kallas Sjöstråket), samt 4) området kring Bussjö–Marsvinsholm (fig. 47). I dessa områden är jordlagren ofta över 50 m mäktiga. I Revinge och Sjöstråket är jordlagren över 80 m mäktiga. När det gäller Vombs fure och Fyledalen består de mäktiga jordlagren till stora delar av isälvsmaterial som bildar höjder i landskapet (jämför fig. 9).



**Figur 47.** Ny jorddjupsmodell som inom undersökningsområdet är baserad på ATEM-data och borrningar. Områden med stora sammanhängande jorddjup som diskuteras i texten står med kursiv text i figuren. Inom streckade områden har ingen nytolkning av jorddjupet utförts.

Det är en tydlig skillnad i jorddjupet för området sydost om Herrestadsryggen och Ystad jämfört med den nordvästra delen av Vombsänkan. Här är jorddjupen oftast inte mer än 20 m mäktiga, undantaget höjdområden vid Köpingebro, Hammars backar och Kåsebergaåsen. Lokalt är det ringa jorddjup, och exempelvis utmed Ingelstorpsån finns små skärningar med kvartssandig gulvit dåligt konsoliderad kalksten tillhörande yngre krita (Erlström & Guy-Ohlson 1994). Likaså utmed Nybroån vid Svenstorp (Erlström & Guy-Ohlson 1994) (fig. 47). En tolkning är att Herrestadsryggen påverkat de kvartära erosions- och avsättningsförhållandena och delvis skyddat denna del av Vombsänkan från viss erosion.

I figur 48 redovisas skillnaden mellan den nya och gamla jorddjupsmodellen. I flera fall skiljer det mer än 20 m i jordlagrens mäktighet. Under sjöarna saknas jämförelse då den gamla jorddjupsmodellen saknar jorddjupsinformation här. Områden som sticker ut när det gäller ökat jorddjup är främst sjöstråket vid Snogeholmssjön–Krageholmssjön, norra delen av Fyledalen vid Anklam och Tågra men även vid Flyinge, Veberöd, Ågerup, Ilstorp, Borrie och Hammars backar (fig. 48). I samtliga dessa områden är jorddjupet i den nya modellen mer än 20 m mäktigare än i den gamla modellen. Jorddjupen har justerats neråt i ett antal mindre områden där vi litat mer på resistivitetssignalen än på osäkra lagerföljder från borrningar (fig. 48). Anledningen till detta är att det ofta rör sig om okonsoliderade bergarter som är mycket svåra att skilja från kvartära avlagringar. De tolkade jorddjupen i dessa områden kan dock ha en något större osäkerhet.



**Figur 48.** Skillnad mellan befintlig och ny jorddjupsmodell. Notera att delar av undersökningsområdet inte är med i jämförelsen vilket betyder att här är det den befintliga jorddjupsmodellen som används. Även under sjöarna saknas jämförelse då befintlig jorddjupskarta saknar jorddjupsinformation därifrån.

### Resistivitetsfördelning inom geologiska typområden

#### Jordlager

Tolkning av lagerföljder från borrningar och resistivitetsdata visar att vissa jordarter har överlappande resistivitetsintervall (tabell 3). I figur 49 visas resistiviteten för det översta modellerade resistivitetslagret i jordlagren motsvarande de översta 2 m. Vid en jämförelse med jordartskartan (fig. 8) ser man tydliga överensstämmelser mellan resistivitet och jordart samt markanvändning och topografi. Resistivitetsvärdena visar olika mönster för olika jordarter som diskuteras senare i detta avsnitt. Det rör sig om sand och grus i form av isälvsmaterial (ofta hög resistivitet), morän (hög till låg resistivitet) samt lera, silt och torv (med låg resistivitet).

Isälvsavlagringar och issjösediment, som är de mest intressanta jordarterna hydrogeologiskt sett, består av i huvudsak sand och grus och utgör en stor del av Vombsänkans ytnära jordlager (fig. 8, 9). Sand- och grusavlagringarna uppvisar dock tydliga skillnader i resistivitet mellan olika områden (jämför fig. 49). Detta beror på skillnad i mäktighet, vattenmättnad, det vill säga omättad och mättad zon, samt förekomst av lerskikt (finmaterial) i avlagringarna. Totalt har 18 av borrningarna utförda inom detta projekt gjorts i områden där jordlagren består av sand- och grusavlagringar enligt jordartskartan (fig. 17). Nästan samtliga borrningar har dock en lagerföljd som till stora delar av lerblandade sediment, oftast morän (se borrningar i avsnittet *Borrningar* och lagerföljder i bilaga 1). Detta är ett viktigt resultat då det är lätt att få en felaktig bild av mängden rena sand- och grusavlagringar i Vombsänkan om man bara tittar på jordartskartan (fig. 8).



Figur 49. Resistiviteten vid markens överyta inom undersökningsområdet.

Jämförelse med lagerföljder från borrningar och databaser med resistivitetsdata visar att flera jordarter har resistivitetsintervall som överlappar (tabell 3). En erfarenhet från tidigare ATEMundersökningar (Dahlqvist m.fl. 2015, 2017, 2018a, 2019, 2020a, 2020b, Persson m.fl. 2020) är att det är svårt att modellera enskilda jordarters utbredning över större områden baserat på resistivitetsdata. I ett försök att göra en översiktlig indelning har vi delat in de ytliga jordlagren (den översta resistivitetsmodellen motsvarande de översta två metrarna) i fyra intervall (fig. 50) som kan tolkas motsvara fyra olika typer av jordarter och i förlängningen även olika hydrogeologiska förutsättningar. De fyra intervallen stämmer relativt väl överens med jordartskartan (fig. 8). När man jämför på djupet är det dock stora skillnader mot lagerföljdsinformationen. I mindre områden går det bättre att få till en bra voxelmodell där en viss resistivitet kan kopplas till en specifik jordart.

- 1. > 200 Ohmm: torr sand och grus, i undantagsfall torr morän
- 2. 70-200 Ohmm: sand och grus samt morän, oftast under grundvattenytan
- 3. 50-70 Ohmm: oftast morän
- 4. < 50 Ohmm: i huvudsak lerinblandade sediment eller torv



Figur 50. Voxelmodell för de översta jordlagren uppdelat i fyra resistivitetsintervall.

#### Dalformer i jordlagren

Tre olika typer av dalstrukturer har identifierats i resistivitetsdata; topografiska dalar, delvis begravda dalar samt helt begravda dalar. I huvudsak är kartläggningen av dalar utförd i regional skala och innefattar med andra ord endast större och välutvecklade dalar som kan utgöra eller innehålla akviferer. Det gör att det till exempel kan finnas lågresistiva lerfyllda dalar som inte diskuteras här och alla nedan nämnda dalar har inte heller illustrerats i figur 51.

Vombsänkan kan i sig betecknas som en topografisk dal. I Vombsänkan finns ett flertal mer eller mindre synliga dalar som är topografiskt synliga och kan betecknas som delvis begravda dalar som beskrivs nedan men även helt begravda dalar som beskrivs under ett eget avsnitt.

Gårdstångadalen: I områdets västnordvästra kant (fig. 51) finns en förträngning i Vombsänkan och här skär Kävlingeån ned i jordlagren. Allt vatten från vattendelaren som går från Röddinge till Sövestad transporteras ut detta håll mot Öresund. Då området här är smalt och trångt samt då vatten och sediment har transporterats härigenom under tiotusentals år är det troligt att avlagringarna här är komplexa och kan bestå av en mängd olika sediment avsatta under olika perioder. Jorddjupet är relativt stort och avlagringarna generellt relativt lågresistiva (15–70 Ohmm, fig. 51). Lager med låg resistivitet (15–50 Ohmm) tolkas som i huvudsak leriga sediment men jordlager med resistivitet i det övre spannet (50–70 Ohmm) verkar bestå av sand och grus.

Klingavälsdalen: Vattendraget startar vid Sövdesjön och ansluter till Kävlingeån strax väster om Vombsjön. Resistivitetsmässigt syns dalgången med vattendraget relativt markant från Ilstorp och nedströms (fig. 51). Resistiviteten i dalgången är oftast mellan 50 och 100 Ohmm och består av sandiga svämsediment att jämföra med hög resistivitet på 200 till över 1000 Ohmm på höjderna, bestående av isälvsmaterial, vid Vomb-Sjöbofältet samt i Veberöd- och Everlövsområdet (fig. 9).

Tolånga-Åsum-Björkadalen: Börjar i nordväst som Tolångaån och mynnar i Vombsjön som Björkaån. Syns som en dalform (fig. 51) med en resistivitet mellan 50 och 100 Ohmm, då vattendragen skurit ned i sand- och grusavlagringar med topografiska höjder och hög (ofta > 200 Ohmm) resistivitet vilket pekar på torra sediment. Tydligast är skillnaderna i Björkaån där svämsediment dominerar.

Fyledalen: En från början tektoniskt betingad markant dalstruktur med branta sidor och stora förändringar i höjdled (fig. 51). Såväl jorddjupet i själva dalen som på kanterna varierar stort (fig. 47). Vid Fårarp finns troligen en tidigare fåra som går lite längre söderut där Örupsån idag rinner. Resistivitetssignalen är inte helt lätt att tyda i Fyledalen varför vi i stora delar, från Eriksdal och mot sydost använt oss av befintlig jorddjupsmodell (jämför fig. 47) i stället för att tolka en ny bergöveryta.

I anslutning till Fyledalen finns några mindre bäckar som rinner i dalar från norr och söder som syns som lägre resistivitet tvärsgående den annars högre resistiviteten. Trydeån som mynnar i Fyledalen vid Ramsåsa, samt Örupsån som mynnar i slutet av Fyledalen vid Örup och senare blir till Nybroån. I Nybroån finns berghällar i anslutning till ån vid några få ställen, till exempel Svenstorps Villa och jorddjupet är generellt mindre i området här (fig. 47). Åarna bedöms vara dränerande, det vill säga grundvatten förser i huvudsak åarna med vatten och mer sällan det omvända.



Figur 51. Resistivitet vid markytan och några av de dalar (svarta streckade linjer) som diskuteras i avsnittet.

Söder om den egentliga Fyledalen finns tre mindre bäckar som kommer från dalar från nordost. Kviedalsbäcken, strax söder om Tosterup, Norreå, strax söder om Glemmingebro samt Ingestorpsån/Tuvebäcken vid Valleberga. Åarna syns som relativt lågresistiva (fig. 51). I samtliga tre åar finns det berghäll i botten på vissa platser (Erlström & Guy-Ohlson 1994). Det rör sig om små och grunda åar med relativt litet jorddjup (fig. 47). Åarna är med största sannolikhet dränerande, det vill säga grundvatten förser åarna med vatten och mer sällan det omvända.

Hammars ränna är en lågresistiv längsgående struktur som går bakom de höga klintarna vid Hammars backar och Kåsebergaåsen (fig. 51). Området syns som ett lågresistivt stråk som framträder tydligt mot de högresistiva sand- och grusavlagringarna som utgör åsarna. Området utgör ingen egentlig dal utan det är en markant resistivitetsskillnad som, med största sannolikhet, kopplas till förekomsten av svallsand och leriga sediment (30–60 Ohmm) avsatta i lugn miljö i skydd av åsarna.



Figur 52. Bergöverytans nivå i RH2000 samt lokalisering av de fyra dalar som diskuteras i avsnittet.

#### Helt begravda dalar som skär ner genom jordlager och ibland i berggrunden

I Vombsänkan finns ett antal långsträckta så kallade begravda dalar. Begravda dalar är vanligt förekommande i Danmark där de framgångsrikt kartlagts med hjälp av SkyTEM-undersökningar (Jørgensen & Sandersen 2009). Det rör sig om erosions- och ifyllnadsrester från tidigare vattendrag och isälvar som runnit i sänkan under och efter den senaste istiden. I dalarna finns ofta en annan jordart jämfört med de kringliggande jordlagren. I vissa fall har det strömmande vattnet även skurit ner i den sedimentära berggrunden och skapat jordfyllda dalar i denna.

Skattebergadalen: Vid Revingefältet mellan Södra Sandby och Flyinge finns en dalform med stora jorddjup på 50–80 m (fig. 47). Dalens överyta ligger på cirka 40 m djup. Dalen är djupt nedskuren och botten ligger på ned mot -20 m under havsnivån (fig. 52) och har en bredd på cirka 1,5 km. Området är ett av de områden där vi har få resistivitetsdata. Borrningar visar på omväxlande lagerföljder med sand och grus, men framför allt stora mäktigheter med lera och morän. Resistiviteten varierar också stort. Stora delar av den del som utgör själva dalformen har en resistivitet på 40–70 Ohmm.

Elsagårdsdalen: Vid BH6 Elsagården är jorddjupet minst 80 m och stora delar av lagerföljden består av sand och grus. De understa 11 m utgjordes av stenig grusig sand och uttagsmöjligheterna av grundvatten här torde vara stora. Dalen går att se som en struktur med något högre resistivitet (35–70 Ohmm) än kringliggande sediment (fig. 42). Den är cirka 800 m som bredast och går att följa från strax väster om borrpunkten till en annan dalform som diskuteras nedan, Sjöstråksdalen (fig. 51, 52). Det är troligt att dalen eroderat ned i den i huvudsak leriga och dåligt konsoliderade sedimentära berggrunden.

Sjöstråksdalen: Från Sövde i västnordväst till söder om Krageholmssjön i sydsydost finns ett område med mycket stora jorddjup i en dalform (fig. 52). Jorddjupen är ofta större än 70 m (fig. 47) och det finns såväl låg- som relativt högresistiva lager i dalen. De intressanta avsnitten har en resistivitet mellan 40 och 100 Ohmm och tolkas bestå av sand- och grusavlagringar. Dalgången är upp till en kilometer bred och i alla fall dubbelt så lång, och jorddjupet i det som utgör själva dalen är cirka 40–50 m. Dalen har eroderat ned i den i huvudsak leriga och dåligt konsoliderade sedimentära berggrunden som syns tydligt med sin lägre resistivitet (oftast under 20 Ohmm). Lagerföljdsinformation från borrningar i dalen visar på mycket varierande uppbyggnad av jordlagren, från lera via morän till grus.

Borriedalen: Precis västnordväst om Herrestadsryggen finns ett område där vi, baserat på resistivitetsdata, markant ökat jorddjupet (fig. 47, 48). Dalen som framträder i form av stort jorddjup (fig. 47) ligger i förlängningen av Örupsån, och eventuellt även en tidigare fåra av Fyleån, som kommer in från nordväst och fortsätter mot sydost vid Bussjö-Marsvinsholm och ända ned mot Abbekås (fig. 51, 52). Området ligger precis vid den avgränsning som delar området med stora respektive mindre jorddjup. Det är troligt att området söder om legat täckt av is eller skyddad av Herrestadsryggen. Då kan det vid Borriedalen ha bildats en erosionsdal som gett upphov till resistivitetsmönstret vi ser. Dalen är cirka 500–600 m bred och mellan 10 och 20 m djup (totalt jorddjup ofta över 40 m) och minst 5 kilometer lång. Resistiviteten i dalen varierar mellan 100 och 150 Ohmm men kan vara så hög som 200 Ohmm, vilket är markant högre än för de andra identifierade begravda dalarna. De få brunnar som finns i dalstrukturen indikerar såväl sand och grus som morän och lera.

#### Berggrund

ATEM-resultaten bekräftar men ger också ny värdefull information om den allmänna strukturella uppbyggnaden av Vombsänkan på djupet. Speciellt tydligt framträder den sedimentära berggrundens successiva pålagring på Romeleåsens nordöstra flank, den allmänna stupningen av lagerföljden mot nordost, det upphöjda urbergsblocket Sövderyggen och överskjutna komplexa lagerföljder i anslutning till Fyledalens Förkastningszon. Däremot är det inte alltid enkelt att översätta modellerad resistivitet till ett definierat berggrundavsnitt då den sedimentära berggrunden består av förhållandevis finkorniga sedimentbergarter som finkornig sand/sandsten, silt/siltsten, ler/lersten med i många fall likartad resistivitet (tabell 3). Generellt går det dock att dela in den sedimentära lagerföljden i leriga (under 30 Ohmm) och mindre leriga (över 30 Ohmm) bergarter. Lagerföljden uppvisar även gradvisa laterala skillnader i kornstorlek som försvårar tolkningen. På grund av den lösa berggrunden har det även varit svårt att utföra geofysisk borrhålsloggning på grund av stora mängder foderrör. Data från sådan loggning är ett viktigt komplement för att kunna tolka berggrundens uppbyggnad och därmed tolka ATEM-resultaten i berggrunden.

I figur 53 syns resistivitetsvärdet vid bergets överyta. Genom att studera resistivitetsvärdena kan man se vissa mönster som diskuteras senare i detta avsnitt. Det rör sig om områden med ytligt urberg, områden med förkastningar samt områden där den sedimentära berggrunden uppvisar skillnader i resistivitet. Vissa mönster går att se när man jämför med berggrundskartan (fig. 4) men det är tydligt att det finns potential i en utökad kartläggning av berggrunden baserat på ATEM-data.



Figur 53. Vombsänkan med medelresistivitet vid bergets överyta.

#### Vombformationen

Merparten av Vombsänkans ytnära berggrund består överst av Vombformationens karbonathaltiga sand- och siltstenar, märgel och sand/siltsten (fig. 4). Framför allt sandstenarna har lokalt hög porositet och permeabilitet. Lokalt ger brunnar i detta berggrundsavsnitt höga vattenflöden (> 10 000 l/tim). Däremot gör lokala vertikala och laterala variationer av lagrens kornstorlek och täthet att detta avsnitt inte genomgående ger höga vattenflöden överallt. Överytan på Vombformationen tolkas oftast ligga där resistivitetssignalen ligger på cirka 20 Ohmm (fig. 53). I vissa områden varierar resistiviteten från 20–40 Ohmm vilket indikerar en berggrund med något lägre lerinnehåll. I området söder om Herrestadsryggen är resistiviteten vid överytan av Vombformationen dock betydligt högre i jämförelse. I denna södra del av Vombsänkan har Vombformationen oftast en resistivitet mellan 40 och 60 Ohmm (fig. 53). Berggrunden söder om Herrestadsryggen är också något yngre än berggrunden i nordväst och den relativt högre resistiviteten beror sannolikt på ett högre sandinnehåll (lägre lerhalt). Det finns lagerföljdsdata som stöder denna tolkning och som visar att delar av detta område är mer sandigt än nordväst om Herrestadsryggen.

#### Jura

Det finns till vissa delar skillnader i resistivitetsmönster mellan den jurassiska lagerföljden och Vombformationen. Den översta delen av den jurassiska lagerföljden utgörs av antingen Vitabäckslera (med bedömd låg resistivitet) eller Nytorpssand (relativt något högre resistivitet). Den jurassiska berggrunden har ställvis en högre resistivitet är Vombformationen (fig. 53, vanligen över 50 Ohmm, se till exempel figur 32) men i vissa områden och avsnitt upp mot 150 Ohmm, se figur 27), framför allt är det för att den innehåller mer sandstensavsnitt (se till exempel figur 30). Sandavsnitten inom den jurassiska lagerföljden är porösa och permeabla vilket också visats vid borrning (BH 10 Revinge, Idala-Veberöd samt BH11 Hemmestorp). Ett sådant avsnitt är den mellanjurassiska Glassanden som utmed Romeleåsens nordöstra flank av Vombsänkan kan utgöra en grundvattenresurs där den förekommer på lämpligt djup för dricksvattenproduktion. Dock har den jurassiska berggrunden mycket dålig hållfasthet och hög utspolning av finsand bedöms därför som en risk vid pumpning vilket även uppstod vid flera borrtillfällen i detta projekt.

#### Paleozoisk berggrund

Nordost om Vombsänkan ligger det så kallade Colonusskiffertråget med upp till 1 000 m mäktig silurisk lerskiffer (fig. 4). Gränsen mot Vombformationens och den jurassiska lagerföljdens betydligt lösare berggrund samt att det rör sig om en markant förkastning gör att denna gräns bör vara väl synlig i resistivitetsdata. Längst i söder, från Hagestads naturreservat upp till förkastningens riktningsförändring finns ingen tydlig gräns som visar att det finns silurisk skiffer eller till och med kambrisk kvartsit inom flygområdet här (fig. 53). Längs områdets nordöstra gräns och kartlagda förkastningszon är det inte särskilt tydligt att det skiljer i litologi på sidorna om zonen. I vissa områden finns det tecken på förkastningar och en högresistiv berggrund (fig. 53). Över lag kan man dock följa de jurassiska lagren eller Vombformationens lagergränser så långt som flygprofilerna når mot nordost vilket i flera fall är cirka 500 m in i det som idag är kartlagt som silurisk skiffer (fig. 4). Inom Fyledalens Förkastningszon som avgränsar Colonusskiffertråget och Vombsänkan förekommer även komplexa kraftigt stupande lagerserier med jurassisk berggrund samt även lokalt uppskjutna lokala mindre bergblock med urberg och kambrisk kvartsit och alunskiffer. Zonen med dessa lager, som delvis är överskjutna på den mesozoiska berggrunden i Vombsänkan, varierar upp till ett par hundra meter i bredd och ger varierande resistivitetssignaturer beroende på zonens bredd och de ingående bergarterna. Ett exempel kan ses vid BH18 Brödåkra (fig. 28).

#### Urberg

Vid Herrestad (BH16) och Dösjö (BH17) finns två, tidigare dokumenterade, urbergsryggar mitt i den sedimentära sekvensen. Urberg har i princip alltid en högre resistivitet (fig. 53) än den sedimentära berggrunden främst på grund av dess lägre porositet. Dock är spannet stort vilket beror på djupet till urberget, dess beskaffenhet men även på resistivitetsmodellen. Ytligt urberg har oftast en resistivitet över 1 000 Ohmm. Längs Romeleåsens nordostsida har vi valt att lägga gränsen mot urberget där resistiviteten närmar sig 200 Ohmm. Urbergsryggarna i Vombsänkan visar på en resistivitet mellan 150 och 1 000 Ohmm och här har vi valt att lägga gränsen vid cirka 150 Ohmm. Resistivitetsmönster som liknar urberg och som kan utgöra urbergsryggar i området med sedimentärt berg finns även vid Romeleåsens förlängning vid Marsvinsholm (bilaga 2).

#### Större förkastningar och avgränsningar i berggrunden

Vombsänkans struktur är i sig en förkastning och genom årmiljonerna har det skett flera tektoniska händelser som skapat ett stort antal ytterligare förkastningar i området. I figur 54 visasresistiviteten 20 m ned i berggrunden. Den markanta resistivitetsskillnaden utmed Vombsänkans kanter är kopplade till Vombsänkans sedimentära lagerföljd och dess generellt låga resistivitet i jämförelse med Romeleåsens urberg och Colonusskiffertrågets skifferberggrund som båda har högre resistivitet. Förutom dessa finns det mindre markanta och mindre uthålliga zoner med stora resistivitetsskillnader som indikerar förkastningszoner.

Längs Romeleåsen har ett antal längsgående (nordvästlig–sydostlig riktning) förkastningszoner tolkats från resistivitetsdata (fig. 54). Zonerna karakteriseras av stupande lager med liknande resistivitet som modellerade resistivitetssektioner som liknar trappsteg (fig. 30, 34). Vi har tolkat att det som syns i resistivitetsmodellerna är sandstensavsnitt i den jurassiska och kretaceiska lagerföljden. De syns som längsgående stråk med något högre resistivitet än omgivande lersten (fig. 54). Förkastningarna är framför allt vanliga nära Romeleåsen. Längre från urberget minskar förekomsten av förkastningar, vilket delvis kan bero på att de finns på större djup i detta område.



Figur 54. Figuren visar resistiviteten 20 m ned i berggrunden samt uthålliga tolkade förkastningszoner (svarta streckade linjer).

Fyledalens Förkastningszon består av tvärställda lager med i huvudsak leriga och sandiga löst konsoliderade sediment av jurassisk och underkretaceisk ålder. Fyledalen är till stora delar fylld av i huvudsak sand, ofta med en mäktighet på 30–40 m (fig. 47). Resistiviteten i de kvartära sandoch grusavlagringarna som förekommer här och i den jurassisk–kretaceiska sekvensen är i många fall lika och gränsdragningen därmed svår (fig. 27). De flesta borrningar i området går bara ner i de kvartära lagren då vattenföringen i dessa är god och tillräckliga för vattentäktssyftet. Det gör dock att vi saknar lagerföljdsinformation från övergången jord–berg i stora delar av området vilket gör gränsdragningen osäker. Därför har vi även valt att utesluta området i vår tolkning av bergets överyta och i stället låtit SGUs befintliga jorddjupsinformation få vara kvar inom stora delar av Fyledalens Förkastningszon (fig. 47). Inom denna zon, där tolkning inte utförts, finns ett högresistivt område som antingen kan betyda ytligt liggande berggrund eller så är jorddjupet underskattat av befintlig jorddjupsmodell och resistiviteten pekar i stället på mäktigare jordlager med torra sand- och grusavlagringar eller torr morän.

Den sydvästra förkastningsgränsen, av Fyledalen, mot Vombformationen, syns tydligt i resistivitetsdata då dessa bergarter oftast verkar bestå av lerigare sediment och därmed har en lägre resistivitet (10–50 Ohmm). Resistiviteten inom Fyledalens Förkastningszon ligger ofta mellan 100 och 200 Ohmm i berggrunden (fig. 54). Den östra förkastningsgränsen, mot den siluriska skiffern i Colonusskiffertråget, är mindre tydlig men tolkas bestå av en övergång från en resistivitet på cirka 100–200 Ohmm i Fyledalens bergarter till över 300 Ohmm för skiffern i nordost. Vid Öved syns en tydligare nordostlig resistivitetsgräns. Det beror på att här finns ytlig kristallin berggrund i form av granitisk gnejs som har en betydligt högre resistivitet (500 till över 1000 Ohmm).

Urbergsryggarna vid Sövde och Herrestadsryggen går att se såväl i plan som i profiler (fig. 54, 38, 44). Urberget har en resistivitet över 150 Ohmm (fig. 45). Urberget ligger som högst på 20 m (vid Herrestad) respektive 0 m (vid Sövde) över havet. Det är dock bara inom små områden som urberget ligger så högt. I övriga delar finns urberget på större djup (flera hundra meter) och kan inte identifieras i resistivitetsdata. Urberget vid Sövde har samma sträckning som Romeleåsen och stupar ostnordost medan urberget som finns vid Herrestadsryggen mer ser ut som en cirkulär höjd än en urbergsrygg (fig. 54, jämför bilaga 2).

Området söder om Herrestadsryggen har en högre resistivitet, än norr om, vid bergets överyta (fig. 54) vilket som tidigare nämnt bedöms bero på att ytberggrunden är något yngre och mer sandig i sydost. Vi ser inte heller några längsgående förkastningar som i närheten av Romeleåsen (fig. 54) utan här är sandstenslagren relativt horisontella.

Längs områdets gräns i sydost, vid Hagestad, finns resistiviteter upp mot 200 Ohmm i berggrunden vid bergets överyta (fig. 54). Liknande resistivitetsmönster finns söder om samhället Löderup där berggrundskartan visar på en komplex uppbyggnad av granit, sandsten och skiffer kopplat till tektonik utmed förkastningszonen. Det är möjligt att området vid Hagestad har en liknande komplex uppbyggnad.

### Hydrogeologiskt intressanta områden

Inom undersökningsområdet har vi avgränsat ett antal områden som kan vara av intresse för större grundvattenuttag: begravda dalar, ås- och platåformer i jordlagren samt berggrund bestående av sandsten. Förutom ett antal exempel av vardera geologisk typmiljö ger vi även korta kommentarer på de befintliga grundvattenförekomsterna i Vombsänkan. En viktig hydrogeologisk typmiljö som inte får så stor plats i denna utpekning och sammanfattning är akviferer i ytliga sand- och grusavlagringar. Anledningen är att de är svårare att kartlägga på regional skala då resistivitetsintervallet för dem delvis överlappar med morän.

#### Begravda dalar

Hydrogeologiskt sett är begravda dalarna viktiga; dels kan de utgöra viktiga grundvattenmagasin, dels kan de också, i de fall de saknar tätande lager, agera som fönster och sprida föroreningar till djupare liggande grundvattenmagasin. I Danmark har man de senaste decennierna kartlagt över 220 begravda dalar till stor del baserat på SkyTEM-data. En sammanställning av undersökningar med en stor mängd referenser finns i Jørgensen och Sandersen (2009). De viktigaste erfarenheterna från undersökningar av begravda dalar i Danmark är att isälvsmaterial, i form av sand och grus, i begravda dalar oftast har en resistivitet över 60 Ohmm medan moränlera i begravda dalar vanligen har en resistivitet på 25–50 Ohmm.

Vi har identifierat tre typer av dalstrukturer i resistivitetsdata i jordlagren som avhandlas i avsnittet ovan om jordlager. Här följer en beskrivning av de hydrogeologiskt mest intressanta. Som helhet utgör Vombsänkan och dess sediment en stor grundvattenreserv. Förkastningarna som skapat dalen, de sedimentära bergarterna och de kvartära isälvsavlagringarna gör att uttagsmöjligheterna är stora sett ur ett nationellt perspektiv och det finns ett stort antal akviferer i både jord och berg (fig. 12, 13) vilka kan vara av stort regionalt och lokalt intresse.

Av störst grundvattenintresse är de områden som vi tolkar som helt begravda dalar; Skattebergadalen, Elsagårdsdalen, Sjöstråksdalen samt Borriedalen (fig. 51). Områdena bör med fördel undersökas vidare för att se vilka förutsättningar som finns för större grundvattenuttag. Nedan beskrivs kortfattat slutsatser om respektive dalstruktur.

- Skattebergadalen (fig. 51): Området har mycket stora jorddjup (fig. 47), tyvärr saknas resistivitetsdata över stora områden men flera borrningar överensstämmer med tolkningen att det rör sig om en begravd dal med sediment med resistivitetsvärden i huvudsak 40–70 Ohmm, sediment som ställvis består av sand- och grusavlagringar men det finns även morän och lera i lagerföljdsdata. I området finns ett flertal artesiska brunnar vilket stämmer bra överens med att det ligger mäktiga lågresistiva täta jordlager över själva dalgången.
- Elsagårdsdalen (fig. 51): Vid BH6 Elsagården är jorddjupet minst 80 m och stora delar av lagerföljden bestod av sand och grus. De understa 11 m utgjordes av stenig grusig sand och uttagsmöjligheterna av grundvatten här torde vara stora. Dalen syns som en struktur med något högre resistivitet (35–70 Ohmm) och är som mest 800 m bred. Dalen är troligen en sidodal, och kan vara hydrogeologiskt sammankopplad, med Sjöstråksdalen som diskuteras nedan (fig. 51).
- Sjöstråksdalen (fig. 51): Från Sövde i västnordväst till söder om Krageholmssjön i sydsydost finns ett område med mycket stora jorddjup i en dalform (fig. 51, 52). Jorddjupen är ofta > 70 m och de intressanta avsnitten har en resistivitet mellan 40 och 80 Ohmm och tolkas bestå av sand- och grusavlagringar. Dalgången är upp till en kilometer bred och jorddjupet cirka 40–50 m. Lagerföljdsinformation uppvisar en stor heterogenitet, från lera via morän till grus. Dalen sträcker sig mer än 10 km och kan därmed vara av stort intresse för större grundvattenuttag.

Borriedalen (fig. 51): Dalen ligger västnordväst om Herrestadsryggen. Det totala jorddjupet är cirka 40 m och själva dalen är 10–20 m mäktig. Dalen är cirka 500–600 m bred och går i sydvästlig riktning mot Bussjö-Marsvinsholm där jorddjupet ökar ytterligare (fig. 47). Resistiviteten i dalen varierar mellan 100 och 150 Ohmm men kan vara så hög som 200 Ohmm vilket är högre än sediment i de andra utpekade dalarna. Detta resistivitetsintervall tolkas erfarenhetsmässigt oftare som morän än sand- och grusavlagringar med stora grundvattenmängder. Det finns endast ett fåtal brunnar i dalstrukturen men vissa av dem visar på förekomst av sand och grus.

I Vombsänkan finns ett flertal mer eller mindre synliga (topografiska) dalar som kan betecknas som delvis begravda dalar. De fyra största och tydligaste som kan ha grundvattenintresse är:

- Gårdstångadalen (fig. 51): I områdets västnordvästra kant finns en förträngning i Vombsänkan och här skär Kävlingeån ned i jordlagren och allt vatten från vattendelaren som går från Röddinge till Sövestad transporteras ut detta håll mot Öresund. Då området här är smalt och trångt samt att vatten har transporterats här tiotusentals år är det troligt att avlagringarna här är komplexa och kan bestå av en mängd olika sediment från olika tider. Jorddjupet är relativt stort och avlagringarna är generellt så lågresistiva att de tolkas som i huvudsak bestående av leriga sediment med lägre grundvattenintresse. Dock visar såväl resistivitetsdata som lagerföljder på att det finns mäktiga sand- och grusavlagringar som kan utgöra viktiga akviferer.
- Klingavälsdalen (fig. 51): Vattendraget startar vid Sövdesjön och ansluter till Kävlingeån strax väster om Vombsjön. Resistivitetsmässigt syns dalgången med vattendraget relativt markant från Ilstorp och nedströms. Resistiviteten i dalgången är oftast mellan 50 och 100 Ohmm att jämföra med hög resistivitet på 200 till över 1000 Ohmm för höjdområdena med isälvs-avlagringar. I och i anslutning till dalen finns därmed såväl mättade sediment som tolkas utgöra mindre akviferer som omättade sediment där grundvattenbildningen primärt sker.
- Tolånga-Åsum-Björkadalen (fig. 51): Dalen börjar i nordväst vid Tolånga och mynnar i Vombsjön. Vattendrag rinner genom hela dalen och har skurit ned i sand- och grusavlagringar med topografiska höjder. Det är mycket troligt att det sker ett utbyte mellan ån och grundvattnet åt båda hållen både sett över året och geografiskt. Huvudsakligen rinner dock grundvatten till ån från de stora områden med sand- och grusavlagringar med stor omättad zon som vattendraget rinner genom.
- Fyledalen (fig. 51): Fyledalens markanta dalstruktur med branta sidor och stora förändringar i höjdled skapar en lokal tillrinning till sediment i dalens botten. I höjd med Tågra och Eriksdal finns en vattendelare som sammanfaller med ytlig berggrund och små jorddjup. Det sker idag stora kommunala grundvattenuttag i dalen och baserat på erfarenheter i dessa områden kan man förbättra befintlig jorddjupsmodell samt beräkna möjlig volym på akviferen i Fyledalen. Akviferen i jord kan enligt resistivitetsmönstret stå i kontakt med akviferer i underliggande sandsten vilket kan skapa ytterligare förutsättningar.

### Ås- och platåformer i jordlager

I avsnittet om resistivitetsfördelning inom jordlager visas (fig. 49, 50) ett antal områden med resistivitet över 200 Ohmm. I figur 55 visas områden med resistivitet över 200 Ohmm med en mäktighet på mer än 10 m. Detta tolkas som sand- och grusavlagringar ovanför grundvattenytan, det vill säga omättad zon. Områdena utgör sannolikt viktiga nybildningsområden för grundvatten. Dessa områden bedöms som intressanta för infiltration av ytvatten och konstgjord grundvattenbildning. Dock finns det risk för att dessa områden delvis även består av torr morän då även denna har en liknande resistivitet (tabell 3). Som viktiga nybildningsområden är dessa även viktiga ur skyddssynpunkt något som kan vara viktigt att beakta.


**Figur 55.** Områden med över 10 m mäktiga jordlager med en resistivitet över 200 Ohmm. Mörkare orange färg betyder större och ljusare mindre mäktighet på lagret.

### Sandsten

I flera borrningar av undersökningsborrningarna, BH10 Revinge, BH11 Hemmestorp, BH19 Sövdeborg gav de sandiga partierna av berggrunden betydande mängder grundvatten. Med hjälp av resistivitetsdata kan man relativt enkelt skilja dessa sandstenar från lerstenar med mindre vattenavgivande förmåga och andra sedimentära bergarter som till exempel lersten och lerskiffer. Sandstenarna finns som horisontella lager med stor uthållighet men även i områden med förkastningar där uthålligheten eventuellt är mindre. I avsnittet Större förkastningar och avgränsningar i berggrunden ovan beskrivs resistivitetsmönster som visar var olika sandstensavsnitt finns kopplat till förkastningar (fig. 54). Framför allt gäller detta norr om Herrestadsryggen och företrädesvis i närheten av Romeleåsen och Fyledalens Förkastningszoner. Sandstenslagren har i dessa områden även en kraftig lutning vilket indikeras i resistivitetsmodellerna (fig. 30, 34). Resistiviteten ligger ofta mellan 40 och 60 Ohmm. Centralt i Vombsänkan är förekomsten av sandstenspartier annorlunda, här ligger de oftare med en mer horisontell lagring (se till exempel fig. 40, 26). Det krävs uthålliga lager för att utgöra en bra akvifer, oftast överlagras dessa akviferer av lersten och täta jordlager i form av morän och lermorän. Det som talar emot större uttag ur sandstenarna är den mängd finmaterial som producerats i vissa av borrningarna. Det finns även sandsten med högre resistivitet, till exempel vid borrningen vid Everlöv (fig. 36) där sandstenen har en

resistivitet på 70–100 Ohmm och där kapaciteten var betydligt lägre. Möjligen rör det sig om en något annorlunda sammansättning och porositet men det kan även vara så att dessa sandstenskroppar är mindre uthålliga lateralt sett samt att de kan vara täckta av leriga jord- och bergarter vilket minskar grundvattenbildning. Vår tolkning är att de bästa akvifererna i berggrunden utgörs av sandsten med en resistivitet på cirka 35–60 Ohmm men det finns lägre värden (se BH19 Sövdeborg, fig. 40). I ett försök att illustrera var dessa finns har vi utfört en modellering i berggrunden. I figur 56 åskådliggörs större sammanhängande områden där resistiviteten är 35–60 Ohmm. I eller i anslutning till dessa bedöms möjligheterna som goda att finna stora mängder grundvatten i berggrunden i Vombsänkan. Lika tydligt är områden som saknar större sammanhängande sandstenskroppar ((se "tomma" områden i figur 56) och därmed har något sämre uttagsmöjligheter från berggrunden. I undersökningsområdets utkant kan det vara så att resistivitetsmodellen som figur 56 baseras på överskattar mängden sandsten något beroende på de mer högresistiva bergarterna som finns i Romeleåsen respektive Colonusskiffertråget.

En analys av angiven uttagskapacitet från Brunnsarkivet och den nationella sammanställning och beräkning av K-värde som utfördes av Hjerne m.fl. (2021) pekar på bättre förutsättningar för större grundvattenuttag ur berggrunden i den södra delen av Vombsänkan (fig. 14). Detta gäller även om man endast studerar brunnarnas enskilda uttagskapacitet. Berggrunden söder om Herrestadsryggen är som tidigare nämnt yngre och något sandigare än berggrunden nordväst om denna förkastningszon. Resistiviteten i berggrunden ligger oftast mellan 40 och 60 Ohmm (fig. 56) men i vissa delar upp mot 70–90 Ohmm. I området finns det generellt två sandstenslager, ett som ligger precis under jordlagren på cirka 10 till 20 m djup och ett på cirka 50 m djup under markytan, båda lagren är cirka 10–20 m mäktiga och mellanlagras av ett lågresistivt lager som tolkas bestå av tätare lersten. Den högre resistiviteten kan även peka på att konsolideringsgraden är något högre. I anslutning till kusten kan man se en gradvis sänkning av resistiviteten i berggrunden vilket kan vara ett tecken på att det finns en viss saltpåverkan på grundvattnet här. Man bör vara försiktig med stora grundvattenuttag i så kustnära lägen.



**Figur 56.** Voxelmodell som visar (större sammanhängande) sandstensavsnitt i berggrunden med en resistivitet mellan 35 och 60 Ohmm.

# Utpekade grundvattenförekomster

I avsnittet om *Hydrogeologiska förhållanden och vattenförsörjning* redogörs för ett antal grundvattenförekomster i jord (fig. 12) och berg (fig. 13) som är utpekade i vattenförvaltningsarbetet. När det gäller de utpekade förekomsterna i berg föreslår SGU att man gör en översyn av deras utbredning. Mycket tyder på att de förutsättningarna för uttag ur berggrunden i större utsträckning bör baseras på vilken bergart man kommer ned i, än som nu är fallet, vilken ålder eller tektonisk enhet den tillhör. Framför allt är det områden med mycket sandsten (fig. 56) som bör pekas ut som grundvattenförekomster. Några av grundvattenförekomsterna i jord är lokalkartlagda, men såväl dessa som övriga har nu fått ett uppdaterat underlag i form av bland annat jorddjupsinformation, men även information om utbredning av omättad och mättad zon samt resistivitetsmönster (flera av dessa illustreras i figur 55). Nedan redogörs kortfattat för den nya information som kommit fram baserat på resistivitetsdata som gör att grundvattenförekomsternas areal, volym samt uttagskapacitet kan bedömas på ett betydligt bättre sätt.

Det tolkade jorddjupet inom grundvattenförekomsten Ilstorp har blivit mindre i vissa områden och ökat på några ställen (fig. 48). Förekomsten och resistivitetsdata har studerats i ett examensarbete av Lindberg Skutsjö (2021) vilket bland annat inneburit omtolkning av beräknad grundvattenbildning till magasinet som helhet från 192 l/s (Karlhager 2014) till 350 l/s baserat på de nya avgränsningarna i areal. I de områden som föreslagits tillkomma och ingå i grundvattenförekomsten (Lindberg Skutsjö 2021) har jorddjupet ökat väsentligt. Lindberg Skutsjö (2021) har även gjort en lokal kartläggning, baserat på ATEM-data, av mäktighet och utbredning av lerlager inom förekomsten vilket visar på ytterligare ett användningsområde av data.

Grundvattenförekomsten Revingehed är mycket stor till sin areal och bör gå att avgränsa och dela upp i mindre förekomster baserat på resistivitetsdata. De största förändringarna är lokaliserade till förekomstens nordvästra del vid Södra Sandby och Flyinge där jorddjupet har omtolkats betydligt mot tidigare antaganden (fig. 48).

Inom grundvattenförekomsten Holmbyåsen har vi tolkat in både ökat (mellan Holmby och Flyinge och minskar jorddjup (mellan Holmby och Hammarlunda). Förändringarna i mäktighet av såväl mättad som omättad zon kan förändra beräkningar av uttagsmöjligheterna som utförts tidigare av Gustafsson (2011). Förekomst och utbredning av lerlager som finns inne i åsen kan nu kartläggas på ett bättre sätt.

Hultan (SE617353-136397): Jorddjupet har minskats inom förekomsten, framförallt är det de delar av jordlagren som tidigare tolkats bestå av täta jordarter, främst lera, som nu minskats. I anslutning till Vombsjön har dock mäktigheten på jordlagren tolkats vara större än vad man tidigare ansett (Thulin Olander 2015a).

Åsum: (SE617117-136703): Jorddjupet har förändrats inom förekomsten. Främst är det de delar av jordlagren som tidigare tolkats bestå av täta jordarter, främst lera, som nu minskats. Framför allt är det i förekomstens norra delar som jorddjupet minskat mest om man jämför med tidigare tolkning (Thulin Olander 2015b).

I de två förekomsterna Snogeholm och Krageholm som ligger under andra jordlager har mäktigheten på jordlagren generellt ökat (fig. 48), det gäller speciellt för magasinet Krageholm och i synnerhet (i båda förekomsterna) i det område som i denna rapport benämns Sjöstråket som går från Snogeholmssjön till söder om Krageholmssjön (diskuteras i avsnittet *Helt begravda dalar som skär ner genom jordlager och ibland i berggrunden*).

Inom stora delar av grundvattenförekomsten Fyledalen har vi som tidigare nämnt använt befintlig jorddjupsinformation på grund av svårtolkade resistivitetsdata. De delar av Fyledalen, norra respektive södra delen, där tolkning av jorddjup skett finns både ökade och minskade jorddjup (fig. 48). Området är komplext men med hjälp av lagerföljdsdata från befintliga vattentäktsbrunnar kan man troligen skapa relativt detaljerade 3D-modeller av jordlagren vilket kan förbättra kunskapen om denna grundvattenförekomst väsentligt.

Inom grundvattenförekomsten Köpingsberg har tolkningarna resulterat i ökat jorddjup i stora delar, medan det minskat i den östra delen. Utbredning av isälvsmaterial har tolkats om vilket tillsammans med jorddjup och omättad/mättad zon kan bidra till förändrad avgränsning av förekomsten och uppskattning av kapacitet.

Inom grundvattenförekomsten Glemmingebro har det inte skett några större förändringar av tolkat jorddjup, endast en liten ökning i de centrala delarna. Intressant är dock att data visar på ökat jorddjup i den del av åsen som inte ingår i förekomsten samt söder om förekomsten. Möjligen kan lokala studier visa på en annan utbredning än vad man tidigare ansett.

Förekomsten Kåseberga (SE614242-138679) har tolkats ha ett större jorddjup än vad man tidigare bedömt. Dock är stora delar högresistiv (fig. 55) och utgörs av torr sand och grus eller morän. Här finns goda möjligheter att beräkna omättad och mättad zon inom framtida lokalkartläggning.

# SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Undersökningen med helikopterburen ATEM i Vombsänkan har resulterat i insamling av en mycket stor mängd resistivitetsdata vilken legat till grund för den inledande geologiska och hydrogeologiska tolkning som presenteras i denna rapport. En fullständig analys av resistivitetsoch lagerföljdsdata som samlats in skulle vara mycket tidskrävande och SGU har i detta skede inte haft de möjligheterna. Vi har därför valt att översiktligt beskriva olika geologiska miljöer i Vombsänkan och dess resistivitetsmönster för att exemplifiera användbarheten av mätresultaten för fortsatta analyser. I rapporten presenteras och exemplifieras ett antal hydrogeologiskt intressenter som till exempel konsulter och handläggare på kommuner och länsstyrelser för att göra fördjupade analyser av de geologiska och hydrogeologiska förhållandena i Vombsänkan. Resistivitetsdata och tolkningar av dessa kan utgöra underlag för utredning av lokalisering av vattentäkter och vattenskyddsområden. Resultaten som presenteras i rapporten visar även hur man kan öka tillförlitligheten i tolkningen genom kalibrering av resistivitetsdata med lagerföljder från borrning (bilaga 1) och geofysisk borrhålsloggning.

# ATEM-metodens möjligheter och begränsningar

ATEM är en effektiv metod för att samla in data över stora områden. Metoden ger även en mer detaljerad information om jord- och berglager på djupet jämfört med andra luftburna mätmetoder. Det finns dock begränsningar, de geologiska förutsättningarna måste uppfylla vissa kriterier för att metoden ska ge riktigt bra och pålitligt resultat. TEM-mätningar förutsätter att det finns ett eller flera lågresistiva lager med en viss mäktighet så att den inducerade strömmen kan röra sig i marklagren. Vanligen utgörs sådana lågresistiva lager av lera, sedimentärt berg eller saltvattenpåverkade geologiska enheter. Den inversionsmetodik man använder för att få fram resistivitetsdata bygger på antagandet att resistiviteten enbart varierar med djupet. Det vill säga den förutsätter att marken är uppbyggd av parallella horisontella och homogena lager. Det rör sig med andra ord en endimensionell modell. I områden där geologin liknar de ovan beskrivna förutsättningarna fungerar inversionsmetoden väl. Dock uppstår problem där det finns laterala variationer, som vid kraftigt lutande lager och förkastningar. Inversionsmetoden som har använts i området är en så kallad "smooth inversion" som ger upphov till gradvisa övergångar mellan olika resistiviteter. Fördelen är att den ger ett bra resultat över flera olika geologiska miljöer men nackdelen är att alla övergångar blir "mjuka" vilket gör att lagergränser är svårare att identifiera exakt. För en ingående belysning av bearbetning och inversion inom området hänvisas till Brolin och Dahlqvist (2020).

Att koppla resistivitetsmönster till olika geologiska enheter kräver både kunskaper om mätmetoden och bearbetning samt geologisk och hydrogeologisk kunskap. Kopplingen är beroende av lokala företeelser och för att få riktigt bra samstämmighet bör man inte jämföra över för stora områden. För noggranna undersökningar bör därför detta göras lokalt. ATEM-data bör kompletteras med data från andra geofysiska mätningar och framför allt lagerföljder från borrningar för att tolkas till geologi. På så sätt kan man bestämma de olika geologiska materialens resistivitetsintervall (tabell 3). En svårighet med tolkningsarbetet är att dessa resistivitetsintervall ibland överlappar varandra, vilket gör att man inte kan utföra en direkt översättning från resistivitet till geologi.

SGU vill betona att ATEM-data endast bör användas för översiktlig avgränsning av områden. För att kunna utföra mer noggranna bedömningar av uttagsmängder, tillrinningsområden, grundvattenbildning etc., behöver man oftast utföra ytterligare undersökningar som till exempel geofysiska markmätningar, borrningar och provpumpningar.

# Geologisk och hydrogeologisk tolkning

Inom undersökningsområdet har det varit möjligt att med god precision göra en tolkning av bergets överyta (fig. 46) över stora områden vilket väsentligt förbättrat SGUs jorddjupsmodell (fig. 47). Resistivitetsdata har gjort det möjligt att med relativt god säkerhet tolka utbredning och geometri av relativt mäktiga lager av lågresistivt finmaterial (lera, lersten, torv) inom Vombsänkan. Det har dock visat sig svårare att på regional basis skilja mellan morän och sand- och grusavlagringar då resistiviteten för dessa överlappar varandra (tabell 3).

I Vombsänkan är en stor del av de sedimentära bergarterna löst sammansatta och därmed i vissa fall svåra att särskilja från jordlagren. Det gör att bedömning av jordart och berggrund vid borrning, framför allt när det gäller normal kommersiell borrning av till exempel vatten- och energibrunnar, kan vara mycket osäker. Jordarterna och berggrundens likhet märks också på resistiviteten som i flera fall uppvisar liknande resistivitetsvärden. Det betyder att bergets överyta i flera fall kan vara felaktig både i SGUs befintliga och i den här tolkade jorddjupsmodellen. Vår ambition har varit att göra en bergöveryta (fig. 46) baserat på den gräns som skiljer de lösa avlagringar som avsattes under kvartär tid från de avlagringar som avsattes under jurassisk och kretaceisk tid. Borrningsmässigt finns det dock tydliga tecken på att stora delar av den övre berggrunden är att betrakta som så lös att det är nödvändigt med foderrör för att borrhålet inte ska rasa igen. Hydrogeologiskt kan jordlagren och berggrunden, om de överensstämmer litologiskt, (till exempel kvartär sand på sandsten) uppvisa liknande hydrauliska egenskaper och fungera som ett sammanhängande grundvattenmagasin.

En viktig slutsats från projektet är att Vombsänkans jordlager till stor del består av morän, något som inte riktigt framkommer i jordartskartan (fig. 8), vilket delvis beror på att jordartskartan endast gäller de ytliga jordlagren. Dock är det viktigt med tanke på att man kan få en felaktig bild av mängden rena sand- och grusavlagringar som kan tänkas utgöra stora akviferer. Dessutom överlappar resistivitetsvärdena för morän och sand-och grusavlagringar varandra till viss del vilket ytterligare försvårar kartläggning av möjliga akviferer. Det finns dock ett stort antal områden med akviferer i sand- och grusavlagringar i Vombsänkan där lokala studier av resistivitetsdata kan vara till stor nytta. I ett examensarbete (Lindberg Skutsjö 2021) finns exempel på hur man kan använda ATEM-data för kartläggning av grundvattenförekomster på en mer lokal skala. Den hydrogeologiska tolkningen av resistivitetsdata, utförda borrningar och befintliga data har resulterat i att vi kunnat identifiera ett antal geologiska typmiljöer och intressanta områden som kan vara av vikt för både kommunal och enskild vattenförsörjning när det gäller till exempel nya brunnslägen eller infiltrationsbassänger. De hydrogeologiska typmiljöerna som har identifierats är:

- Ytligt liggande sand- och grusavlagringar med stor mäktighet och utbredning: I figur 55 visas områden med mäktiga sand- och grusavlagringar med stor omättad zon. Dessa utgör mycket viktiga infiltrationsområden och kan eventuellt användas som infiltrationsområden för till exempel konstgjord grundvattenbildning.
- Sand- och grusavlagringar i form av begravda dalar: Vi har lokaliserat fyra områden med större sammanhängande jorddjup som utgör begravda dalar; Skattebergadalen, Elsagårdsdalen, Sjöstråksdalen samt Borriedalen (fig. 51, 52). Jorddjupen är ofta närmare 80 m varav själva dalgångarna är mellan 20 och 40 m djup och upp till flera kilometer uthålliga. Fyllningen i dalarna varierar men i huvudsak innehåller de ovan nämnda dalarna sediment som tolkas bestå av sand- och grusavlagringar.
- Berggrund, bestående av uthålliga sandstensavsnit: I tre borrhål, BH10 Revinge, BH11 Hemmestorp och BH19 Sövdeborg, förekommer sandstenslager som var kraftigt vattenförande (24 000 till > 60 000 l/tim). Med hjälp av ATEM-data kan dessa och liknande sandstenslager tydligt urskiljas i den sedimentära lagerföljden. De sandiga avsnitten finns både som horisontella lager som är lateralt uthålliga men kan även följas i de förkastningszoner som kartlagts (fig. 54, 56). Sandstensavsnitten som utgör akviferer ligger ofta på stora djup på grund av de mäktiga jordlagren. Söder om Herrestad är dock jorddjupet mindre och sandstenen som här är av annan ålder ligger ytligare. Akviferen är alltså närmre markytan vilket gör den något mindre skyddad mot mänsklig påverkan. Även närheten till havet och det faktum att stora delar av bergets överyta ligger under havsnivån här gör att det finns risk för saltvatten-inträngning vid för stora uttag.

# REFERENSER

- Chatziemmanouil, J., Cherns, L., Gabrielsson, J., Holland, B., Kumpas, M. & Larsson, K., 1981: The potential for storage of natural gas in the sedimentary sequence of Scirkania. *SGU Phase 3 report*, 1–104.
- Chatziemmanouil, J., 1982: The Upper Cretaceous of the Vomb Trough, southern Sweden. *Stockholm Contribution on Geology 38*, 57–161.
- Christiansen A.V., Auken E. & Sørensen K., 2009: The transient electromagnetic method. I Kirsch R. (eds) Groundwater Geophysics. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Christensen, W.K., 1984: The Albian to Maastrichtian of southern Sweden and Bornholm, Denmark: A Rewiew. *Cretaceous Research 5*, 313–327.
- Barfod, A. A. S., Moller, I. & Christiansen, A.V 2016. Compiling a national resistivity atlas of Denmark based on airborne and ground-based transient electromagnetic data. *Journal of applied Gopphysics*, 134, 199–209.
- Brolin, C. & Dahlqvist, P., 2020: Bearbetning av helikopterburen TEM-data i delar av Skåne och Blekinge. *SGU-rapport 2020:40*. Sveriges geologiska undersökning, 80 s.
- Dahlqvist, P., Triumf, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., Jørgensen, Thulin, F., Olander, H., Gustafsson, M., Thorsbrink, M., Schoning, K. & Curtis, P., 2015: SkyTEMundersökningar på Gotland. Rapporter och Meddelanden 136. Sveriges geologiska undersökning, 108 s.
- Dahlqvist, P., Triumf, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., & Schoning, K., 2017: SkyTEM-undersökningar på Gotland, del 2. *Rapporter och Meddelanden 140*. Sveriges geologiska undersökning, 135 s.
- Dahlqvist, P., Bastani, M., Persson, L., Triumf, C.-A., Erlström, M., Gustafsson, M, Jörgensen, F., Gulbrandsen, M. & Malmberg Persson, K., 2018: SkyTEM-undersökningar på Öland. Rapporter och Meddelanden 145. Sveriges geologiska undersökning, 100 s.
- Dahlqvist, P., Brolin, C., Hellstrand, E., Erlström, M., Gustafsson, M., Malmberg Persson, K., Engdahl, M., Lång, L.-O. & Andersson, J., 2019: SkyTEM-undersökningar i Halland. Rapporter och Meddelanden 147. Sveriges geologiska undersökning, 124 s.
- Dahlqvist, P., Henriksson, O., Pile, O., Lång, L.-O., Lindh, Å., Gustafsson, M., Leroux, V.
  & Andersson, J., 2020a: Helikopterburna TEM-mätningar vid Vätterns nordvästra strand Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. *SGU-rapport 2020:24*. Sveriges geologiska undersökning, 71 s.
- Dahlqvist, P., Henriksson, O., Ising, J., Erlström, M. & Gustafsson, M., 2020b: Helikopterburna TEM-mätningar över Östgötaslätten Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. *SGU-rapport 2020:33*. Sveriges geologiska undersökning, 105 s.
- Daniel, E., 1986: Beskrivning till jordartskartorna Tomelilla SO/Simrishamn SV och Ystad NO/Örnahusen NV. Sveriges geologiska undersökning Ae 65–66, 151 s.
- Daniel, E., 1992: Beskrivning till jordartskartorna Tomelilla SV och Ystad NV. Sveriges geologiska undersökning Ae 99–100, 149 s.
- Daniel, E., 1999: Beskrivning till jordartskartan Tomelilla NV. Sveriges geologiska undersökning Ae 123, 89 s.
- Daniels, J. & Thunholm, B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. SGU-rapport 2014:14. Sveriges geologiska undersökning, 14 s.
- Erlström, M., 1994: Evolution of Cretaceous sedimentation in Scania. Lund Publications in Geology 122, 1–36.
- Erlström, M. & Guy-Ohlson, D., 1994: Campanian depositional settings in the Vomb Trough, Scania, Sweden. *Geologiska Föreningens Förhandlingar 116*, 193–204.

- Erlström, M., Guy-Ohlson, D. & Sivhed, U., 1991: Upper Jurassic–Lower Cretaceous petrography and stratigraphy at Eriksdal. Southern Sweden. *Sveriges geologiska undersökning Ca* 78, 1–59.
- Erlström, M., Sivhed, U., Wikman, H. & K-A. Kornfält., 2004: Beskrivning till berggrundskartorna 2D Tomelilla NV, NO, SV, SO 2E Simrishamn NV, SV 1D Ystad NV, NO 1E Örnahusen NV. Sveriges geologiska undersökning Af 212–214, 1–141.
- Florén, K. & Ohlsson, M., 2006: Glacifluviala avlagrings- och erosionsformer i sydöstra Skåne en sedimentologisk och geomorfologisk undersökning. *Seminarieuppsatser nr 124*. Centrum för Geobiosfärsvetenskap. Lunds universitet, 109 s.
- Gustafsson, O., Thunholm, B., Gustafsson, M. & Runling, S., 2005: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Skåne län. *Sveriges geologiska undersökning Ab 15*.
- Gustafsson, M., 2011: Grundvattenmagasinet Holmbyåsen. Sveriges geologiska undersökning K 376, 12 s.
- Gustafsson, M. & Dahlqvist, P., 2019: Grundvattentillgångar och grundvattenbildning, Södra Vombsänkan. Sveriges geologiska undersökning dnr 31-2970/2018, 20 s.
- Hajny, C., 2016: Sedimentological study of the Jurassic and Cretaceous sequence in the Revinge-1 core, Scania. *Dissertations in Geology 465*, Lund University, 1–51
- Hjerne. C-E., Gustafsson, M., Rodhe, L., Dahlqvist, P. & Kjellson, H., 2018: Utökad kartläggning och karaktärisering av grundvattenresurser. Delredovisning av regeringsuppdrag, *SGU diarienummer 21-2900/2017*, 39 s.
- Hjerne, C., Thorsbrink, M., Thunholm, B., Andersson, J. & Dahlqvist, P., 2021: Hydraulisk konduktivitet i Sveriges berggrund. *SGU-rapport 2021:09*. Sveriges geologiska undersökning, 75 s.
- Hughes, A. L. C., Gyllencreutz, R., Lohne, Ø. S., Mangerud, J. & Svendsen, J. I., 2016: The last Eurasian ice sheets a chronologicirkal database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas 45*, 45 s.
- Ising, J., 2020: Geologisk 3D-modell, Södra och mellersta Vombsänkan, Skåne. *SGU-rapport 2020:31*. Sveriges geologiska undersökning, 13 s.
- Johnsson, G., 1956: Glacialmorfologiska studier i södra Sverige. Meddelanden från Lunds universitets geografiska institution, *Avhandling 30*.
- Jørgensen, F. & Sandersen, P., 2009: Kortlægning af begravde dale i Danmark. Opdatering 2007-2009. GEUS. ISBN 978-87-7871259-2.
- Karlhager, A., 2014: Grundvattenmagasinet Ilstorp. Sveriges geologiska undersökning K 459, 17 s.
- Karlhager, A., 2015: Grundvattenmagasinen i Fyledalen. Sveriges geologiska undersökning K 470, 25 s.
- Lidmar-Bergström, K., Elvhage, C. & Ringberg, B., 1991: Landforms in Skåne, south Sweden. Preglacial and glacial landforms analysed from two relief maps. *Geografiska annaler 73 A (2)*, 61–91.
- Lindberg Skutsjö, L., 2021: Geologiska och hydrogeologiska tolkningar av SkyTEM-data från Vombsänkan, Sjöbo kommun, Skåne. Examensarbete i geologi vid Lunds universitet 15p, 25 s.
- Lindström, S., Erlström, M., Olsson, I. & Ahlberg, A., 2003: The Mesozoic succession of the Vomb Trough. Opublicerad forskningsrapport, *Sveriges geologiska undersökning, dnr: 03-1096/2000.*
- Norling, E., 1981: Upper Jurassic and Lower Cretaceous geology of Sweden. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar 103*, 253–269.
- Persson, L., Thorsbrink, M., Wickström. L., Pile, O., Maxe, L., & Erlström, M., 2020: Helikopterburna TEM-mätningar i Örebro län – Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. SGU-rapport 2020:41. Sveriges geologiska undersökning, 89 s.

- Ringberg, B., 1980: Beskrivning till jordartskartan Malmö SO. Sveriges geologiska undersökning Ae 38, 179 s.
- Ringberg, B., 1987: Beskrivning till jordartskartan Malmö NO. Sveriges geologiska undersökning Ae 85, 147 s.
- Rodhe, A., Lindström, G. & Dahné, J., 2009: Grundvattennivåer i ett förändrat klimat. Slutrapport från SGU-projektet "Grundvattenbildning i ett förändrat klimat". SGUs diarienummer 60-1642/2007. Institutionen för Geovetenskaper, Uppsala universitet och Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut.
- Stroeven, A. P., Hättestrand, C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B. W., Harbor J. M., Jansen J. D., Olsen L., Cirkaffee M. W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G. C., Stömberg B. & Jansson K. N., 2016: Deglaciation of Fennoscirkandia. *Quaternary Science Reviews* 147, 91–121.
- Sørensen, K.I. & Auken, E., 2004: SkyTEM a new high-resolution helicopter transient electromagnetic system. *Exploration Geophysics*, *35(3)*, 194–202.
- Thulin Olander, H., 2015a: Grundvattenmagasinet Hultan. Sveriges geologiska undersökning K 522, 13 s.
- Thulin Olander, H., 2015b: Grundvattenmagasinet Åsumsfältet. *Sveriges geologiska undersökning K 529*, 13 s.
- Vajda, V., 1988: Biostratigrafisk indelning av den Mesozoiska lagerföljden i Köpingsbergsborrningen 3, Skåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet, 27,* 1–13.

# BILAGA 1. LAGERFÖLJDER FRÅN UTFÖRDA BORRNINGAR

ld: Silvåkra (ELM2020111602)			
N= 6172853 E	= 403404		
0 – 1,6 m	silt		
1,6 – 5 m	sand		
5 – 6 m	siltig finsand		
6 – 16,5 m	sand-silt		
	(5) 12020444(02)		
Id: Karstgården (ELM2020111603)			
$N = 61/162/E^{2}$	= 402185 fincendia cilt		
0 – 1,5 m 1 F 2 m	fincand		
1,5 - 2 111	finsandig grousilt		
2 - 3,3 m			
3,3 - 3,8 m	iera		
3,8 - 4 m	SIIL		
4 - 4, 2 (1)			
4,2 - 5,4 m	lerig silt		
5,4 – 5,6 m	iera		
5,0 - 0 m	SIIt		
6 - 9,7 m	lera		
9,7 - 10  m	ieng moran		
10 – 13,5 m	moran		
Id: Charlotten	und (FLM2020111701)		
N = 6172735 F	= 413043		
0 - 1 m	finsand-mellansand		
1 – 1 5 m	finsand-mellansand		
1.5 – 2 m	morän		
2-3 m	sandig morän		
3 – 4 m	siltig sandig morän		
4 – 5 m	lerig morän		
5-6m	lerig morän		
6 - 6.2  m	lerig morän		
6 - 6.5 m	lerig morän		
6.5 – 7 m	berg/block		
0,0 7 111			
Id: Omma (ELM	M2020111001)		
N= 6168773 E	= 416605		
0 – 1,5 m	fyllning		
1,5 – 2 m	lerig morän		
2 – 4 m	moränlera		
4 – 8 m	lerig morän		
8 – 9 m	lerig siltig morän		
9 – 10 m	sandig siltig morän		
10 – 10,5 m	morän		
10,5 – 11,5 m sedimentlikt			
11,5 – 12 m	morän		
12 – 15 m	morän		

	(5) \$ 420204 44 604 \$
Id: Sovdebor	g (ELM2020111601)
N= 6160575	E= 419110
0-1m	sand
1 – 2,5 m	finsand-mellansand
2,5 – 3 m	siltig finsand- mellansand
3 – 4,5 m	finsand-mellansand
4,5 – 5 m	finsand
5 – 7 m	finsand-mellansand
7 – 7,5 m	morän?
7,5 – 8 m	silt
8 – 8,5 m	morän?
8,5 – 10 m	sandig morän
10 – 11 m	siltig sand
11 – 12 m	välsort mellansand, gruskorn
12 – 14,6 m	sand
14,6 – 15 m	morän
15 – 16,6 m	sand
16,6 – 17 m	sandig morän
17 – 18 m	siltig sand
18 – 18,3 m	grovsand-mellansand
18,3 – 19 m	sand, dåligt sorterad m silt-sten
19 – 20 m	grusig sand
20 – 23,3 m	grusig sand
23,3 – 23,5 m	ngrövre
23.5 – 24 m	grusig sand
, 24 – 26 m	friktionsiord
26 – 27.3 m	morän
,_	
ld: Roshus (E	LM2020111702)
N = 6158300	F= 417657
0 - 1 m	finsand
1 – 2 m	siltig lerig morän
2 - 10 m	lerig morän
10 - 11 m	siltig sandig morän
10 = 11  m 11 = 12  m	sandig morän
12 - 36 m	morän
12 - 30 11	moran
ld: Nygård (E	1 1 2 0 2 0 1 1 1 7 0 5 )
N- 6156606	E = 11520201117037
0 1 m	grusig sand
0 – 1 m 1 2 m	gi usig saliu moränlara
1 - 2 m	
2 - 3 (1)	ieng silt
5 – 4 M	varvig iera, siit/iera
4 – 11 M	lera
11 – 14,3 m	iera
14,3 – 20,3 m	i moran

ld: Ållskog (EL	M2020111704)
N= 6157413 E	= 423962
0 – 0,5 m	matjord
0,5 – 1 m	lerig siltig morän
1 – 2,3 m	lerig morän
2,3 – 3 m	moränlera
3 – 9,5 m	lerig morän
9,5 – 10 m	morän
10 – 12 m	morän stenigare
12 – 18 m	morän
18 – 20 m	morän
ld: Navröd (EL	M2020111703)
N= 6157896 E	= 416066
0 – 1 m	finsandig mellansand
1 – 2 m	mellansand, sten
2 – 3,5 m	sandig morän
, 3,5 – 8 m	lerig morän
, 8 – 8.5 m	sandig lerig morän
8.5 – 9 m	sandig morän
9 – 10 m	sandig morän
10 – 11 m	lerig sandig morän
10 11 m	lerig morän
12 - 13.2  m	lerig sandig morän
12 - 13,2  m 13.2 - 14  m	sandig morän grövre
13,2 14 m	lerig sandig morän
14 = 14,0  m 14.8 = 15  m	sandig morän
14,0 - 15 m	arusia sand
15 = 15,8  m	lorig morän
15,0 - 10 111	lerig morën
10 - 17 11	
17 - 18 m	ierig siitig moran
18 – 19,2 m	slitig sandig moran
19,2 – 20 m	tingrusig sand
20 – 21 m	ierig sandig moran
21 – 21,6 m	siltig sand
21 – 22 m	sandig moran
22 – 23 m	sandig moran
23 – 33 m	moran
IG: BHIU REVI	1ge
N= 61/5360 E	= 401100
0 – 10 m	sand
10 - 14  m	moraniera
14 – 20 m	moran
20 – 34 m	moraniera
34 – 59 m	siltsten m kol
59 – 72 m	sandsten m kol
79 – 88 m	siltsten

Id: Högestad (	(ELM2020111706)	
N= 6153418 E	= 429767	
0 – 1 m	grusig siltig finsand	
1 – 2 m	siltig sandig morän	
2 – 3 m	sandig morän	
3 – 4 m	siltig sandig morän	
0 – 1 m	morän	
1 – 3 m	siltig sandig morän	
3 – 4 m	lerig siltig sandig morän	
4 – 5 m	lerig morän	
5 – 6 m	siltig sandig morän	
6 – 8 m	morän, stenigt blockigt	
8 – 10 m	morän, stenigt blockigt	
10 – 12 m	morän, ei stenigt	
12 - 145 m	morän ei stenigt	
145 - 147 m	moran stenigt	
14.7 - 20.5  m	moran	
20.5 - 21 m	sandigt ei stenigt	
20,5 21 m	homogent eistenigt	
21 - 22  III	morrän	
22 <b>-</b> 23,3 m	IIIUIdii	
Id: BH18 Bröd	åkra	
N- 6170068 E	- 401703	
0 - 36 m	lerig morän/moränlera	
0 - 30  m	cond/grue	
30 - 43  m	sallu/glus	
45 - 01 11	SKITEI	
ld: Idala-Vebe	röd	
N = 6165810 F	= 405715	
0 - 18  m	sand	
18 – 24 m	lera	
24 - 51  m	moränlera	
51 – 69 m	sandsten m kol	
69 - 72  m	kol och lera	
72 - 120  m	sandsten m kol	
120 - 123 m	kaolinvittrat urberg	
120  125  m 123 - 177  m	gneis	
125 177 11	Buch	
ld: BH11 Hemmestorn		
N= 6165331 F	= 409740	
0 - 3 m	finsand	
3 – 17 m	sand/grus	
17 - 26 m	moränlera	
26 - 66 m	siltig kalksten	
66 - 69 m	siltsten m glaukonit	
69 - 78 m	lersten	
78 - 107 m	loria condition	
107  110 m	condition	
$\mu \mu \mu = \mu (X \Pi)$	NATION FO	

ld: BH7 Everlöv			
N= 6161940 E= 410596			
0 – 5 m	sand		
5 – 17 m	sand/silt		
17 – 32 m	lera		
32 – 36 m	moränlera		
36 – 39 m	sand /grus		
39 – 49 m	lera		
49 – 52 m	siltig lersten		
52 – 72 m	sandsten		
ld: BH17 Dösjö			

N= 6160245 E	= 414498
0 – 18 m	sand
18 – 28 m	morän
28 – 33 m	sand
33 – 40 m	morän
40 – 45 m	sand
45 – 54 m	lera/silt
54 – 59 m	morän
59 – 65 m	grus
65 – 75 m	sandsten
75 – 91 m	diabas

# Id: BH19 SövdeborgN= 6161136 E= 4211190-5 m5-15 mmoränlera15-25 mlerig siltsten25-40 msiltig lersten40-61 msandsten61-67 m

# Id: BH6 Elsagården

N= 6157058 E= 413924

- 30–38 m finsand
- 38 44 m sand
- 44 62 m finsand
- 62 75 m sand/grus
- 75 77 m sand m lera
- 77 81 m sand/grus

## Id: BH16 Herrestad

- N= 6148949 E= 430428
- 0 13 m lerig morän
- 13 15 m sedimentärt berg?
- 15 31 m urberg



# **BILAGA 2. RESISTIVITET FÖR MODELLERADE LAGER**

Bilaga 2.1. Resistivitet för respektive lager i modellen.

50 100 500 1000 Ohmm

10

20 ⊐ km



Bilaga 2.2. Resistivitet för respektive lager i modellen.



Bilaga 2.3. Resistivitet för respektive lager i modellen.



Bilaga 2.4. Resistivitet för respektive lager i modellen.