Geologisk och hydrogeologisk tolkning

# Helikopterburna TEM-undersökningar över Nordöstra Kristianstadsslätten och Listerlandet

november 2021

Peter Dahlqvist, Eva Hellstrand, Mikael Erlström, Mattias Gustafsson, Jonas Ising & Cecilia Brolin

SGU-rapport 2021:30



SGU Sveriges geologiska undersökning

Omslagsbild: ATEM-mätning vid Gammalstorps kyrka inom undersökningsområdet Listerlandet samt under detta en resistivitetsprofil som motsvarar jord- och berglagrens uppbyggnad på djupet ner till cirka 80 m under markytan. Fotograf: Peter Dahlqvist

Författare: Peter Dahlqvist, Eva Hellstrand, Mikael Erlström, Mattias Gustafsson, Jonas Ising och Cecilia Brolin

Granskad av: Lena Persson och Jakob Levén

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
Genomförda undersökningar	9
Fältundersökning - ATEM	9
Borrningar och lagerföljder	11
Undersökningsområde	12
Berggrund	14
Jordarter	18
Hydrogeologiska förhållanden och vattenförsörjning	20
NO Kristianstadsslätten	20
Listerlandet	21
Hydraulisk konduktivitet i berg	23
Resultat och tolkningar	24
Jorddjup	26
Jordlager	
NO Kristianstadsslätten	29
Listerlandet	31
Hydrogeologi i jordlager	
NO Kristianstadsslätten	34
Listerlandet	35
Kritberget	
NO Kristianstadsslätten	
Listerlandet	41
Urberget	46
Hydrogeologi i berggrunden	48
NO Kristianstadsslätten	48
Listerlandet	48
Slutsats och diskussion	49
Referenser	52
Bilaga 1. Lagerföljder från utförda borrning	54
Bilaga 2. Resistivitet för modellerade lager	55

# SAMMANFATTNING

Under oktober–november 2019 undersökte Sveriges geologiska undersökning (SGU) delar av Skåne län samt Listerlandet i Blekinge med helikopterburen transient elektromagnetisk mätning (Airborne Transient Electromagnetic, ATEM). Undersökningarna syftar primärt till att förbättra det hydrogeologiska underlaget till stöd för planering av vattenförsörjning. Undersökningarna ska bidra med information om jordlager och berggrund, och möjliggöra tolkningar av grundvattenmagasin och dess utbredning. I denna rapport redovisas resultaten av de mätningar som utförts över nordöstra delen av Kristianstadsslätten, från Valje i norr och cirka 15 km söderut längs kusten samt över hela Listerlandet.

Undersökningarna skedde i två delområden inom Sölvesborgs, Bromölla och Kristianstads kommuner. Den sedimentära berggrunden består av glaukonitsandsten och kritkalksten. Berggrunden utgör tillsammans med resten av Kristianstadsslätten Sveriges största sammanhängande grundvattenmagasin sett till uttagsmöjligheterna. Det kristallina urberget som ställvis är lervittrat har en markant variation med bland annat topografiska höjder som sticker upp genom kritberget. Jordlagren är vanligen mellan 10 och 20 m mäktiga och består i huvudsak av sand- och grusavlagringar.

De helikopterburna mätningarna utfördes med mätsystemet SkyTEM av ett danskt företag med samma namn. Flygningarna skedde längs parallella flyglinjer med cirka 200 m mellanrum. Mätinstrumentet som hänger under helikoptern finns i en 300 m<sup>2</sup> stor ram som befinner sig på 30–50 m över marken under flygningen. Totalt undersöktes ett område på cirka 180 km<sup>2</sup>.

ATEM-metoden tar fram en modell av markens elektriska ledningsförmåga utryckt som resistivitet. Olika geologiska material, till exempel sand och urberg, har skilda resistivitetsvärden beroende på sin mineralsammansättning, porositet och vattenmättnadsgrad. Det gör det möjligt att med hjälp av lagerföljdsinformation från bland annat borrningar, skilja geologiska enheter åt. I denna rapport ges en översiktlig beskrivning av bearbetning och analys av mätresultat, samt en inledande geologisk och hydrogeologisk tolkning av dessa. I Brolin m.fl. (2020) finns en ingående beskrivning av metoden samt hur resistivitetsdata bearbetats och analyserats. Kompletterande fältarbete utfördes som en del i tolkningsarbetet av resistivitetsdata. Borrningar med lagerföljdsbestämning utfördes i berg på tre platser och i jordlager på två platser.

Resultaten visar att ATEM-metoden kan användas för karakterisering av vissa jord- och berglager inom de båda undersökningsområdena. Metoden fungerar väl när det gäller att urskilja olika lager i den sedimentära berggrunden vilket möjliggör en tredimensionell kartläggning av den. Ett av de viktigaste resultaten är att gränsen mellan jordlagren och berget har kunnat bestämmas med betydligt större noggrannhet än tidigare vilket resulterat i en reviderad och mer tillförlitlig jorddjupsmodell. Denna modell kan utgöra ett viktigt planeringsunderlag för all form av undermarksarbeten.

I undersökningsområdena har vi pekat ut områden och djupnivåer där det är särskilt stor risk för att man vid borrning kommer att stöta på ett saltpåverkat grundvatten. Baserat på denna saltriskkarta samt, för grundvattenuttag, utpekade lämpliga resistivitetsintervall kan resistivitetsdata visa var man har större respektive mindre möjlighet att lyckas med brunnar i den sedimentära berggrunden. Vi har även visat hur man kan skapa en översiktlig bild av vilka jordlager som befinner sig över grundvattenytan och alltså är torra, samt var det finns större respektive mindre möjligheter att få vatten ur brunnar i jordlagren. ATEM-data utgör en utmärkt grund i vattenförsörjningsplanering.

# ABSTRACT

During October–November 2019, the Geological Survey of Sweden (SGU) examined parts of Skåne County and Listerlandet in Blekinge with helicopter-borne transient electromagnetic measurement (Airborne Transient Electromagnetic, ATEM). The surveys primarily aimed to improve the hydrogeological basis for water supply planning. The surveys provided information on soil stratigraphy and underlying bedrock, and enabled interpretations of the spatial distribution groundwater reservoirs. This report presents results of these measurements completed in two areas within the municipalities of Sölvesborg, Bromölla, and Kristianstad. These areas include the north-eastern part of the Kristianstad plain, from Valje in the north to about 15 km south along the coast, and Listerlandet.

The study area bedrock is sedimentary, consisting of glauconite sandstone and an overlying chalk limestone. This bedrock extends beyond the study area to underlie the entire Kristianstad plain and constitutes Sweden's largest continuous, potentially extractable, groundwater reservoir. The crystalline bedrock, which underlies the sedimentary bedrock, is in places weathered to clay. It also displays an undulating surface topography that protrudes through the overlying sandstone and chalk limestone in some locations. Soil overlies the sedimentary bedrock and consists mainly of 10–20 m thick sand and gravel deposits as well as till.

The helicopter-borne measurements were performed using SkyTEM by a Danish company of the same name. The measuring instrument was suspended beneath the helicopter in a 300 m<sup>2</sup> frame at 30–50 m above the ground during data acquisition. Measurements were completed along parallel transects spaced at about 200 m and which covered a total area of about 180 km<sup>2</sup>.

ATEM data is used to model the ground's electrical conductivity, expressed as resistivity. Geological materials, such as sand and bedrock, display different resistivities according to their mineral composition, porosity, and degree of water saturation. It is therefore possible to distinguish geological units using ATEM, complemented with inventory sequence information from, for example, existing borehole logs. Ground-truthing of stratigraphy through additional borehole drilling was also completed in bedrock and soil at two and three locations, respectively. This report provides a general description of the processing and analysis of measurement data, as well as an initial geological and hydrogeological interpretation. Brolin et al. (2020) provide a detailed description of methods, including processing and analysis of resistivity data.

The results show that ATEM characterized soil and bedrock stratigraphy, including layers within the sedimentary bedrock, at an accuracy sufficient to enable three-dimensional mapping of soil and bedrock within the two study areas. Importantly, the soil-rock interface was determined with much greater accuracy than was previously possible using other methods, which has resulted in a revised and more reliable soil depth model that is crucial to planning excavation work.

We further use the ATEM-derived soil and bedrock model to highlight areas in plan view and depths beneath the ground surface where there is a high risk that salt-laden groundwater would be intersected during drilling. Through combining a resulting salt-risk map with designated resistivity intervals, resistivity data can be used to successfully locate fresh groundwater extraction wells in the sedimentary bedrock. In addition, we demonstrate how to create an overview of which soil layers are located above respectively below the groundwater surface and are therefore unsaturated respectively saturated, which provides crucial information on where to locate wells in soils from which groundwater can be extracted. ATEM data provide an excellent basis for water supply planning.

# 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.

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

**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.

Resistivitet: Ett materials motstånd till att leda elektrisk ström.

RH2000: Rikets höjdsystem.

**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.

**Slagsondering:** 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.

VISS: VattenInformationsSystem för Sverige

**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 var att undersökningarna skulle bidra till 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 (Air-TEM/ATEM). Mätningarna genererar tredimensionell information om markens resistivitetsfördelning ned till cirka 200 m djup. I kombination med övriga geologiska data (framför allt lagerföljder från borrningar) kan denna geofysiska data 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 hitta jord- och berglager där förutsättningarna för grundvattenuttag är goda respektive sämre, varför metoden lämpar sig väl för just kartläggning av grundvattenresurser. SGU har sedan 2013 utfört omfattande undersökningar på Gotland, Öland och i Halland, Västergötland, Östergötland, Örebro län samt Skåne med samma teknik och goda resultat (Dahlqvist m.fl. 2015, 2017, 2018a, 2019, 2020a, 2020b, 2021, Persson m.fl. 2020).

Kristianstadsslätten i Skåne och Listerlandet i Blekinge utgör en del av Sverige där de geologiska förutsättningarna för ATEM-mätningar generellt är goda. I båda områdena bedöms risken för bristsituation med avseende på grundvatten som stor (Hjerne m.fl. 2018). Behovet av vatten och känsligheten för 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 framöver vilket ytterligare spär på risken för brist på grundvatten.

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 oktober– november 2019. Totalt undersöktes ett område på cirka 2 300 km<sup>2</sup> täckt av cirka 10 000 linje-km längs vilka det skett datainsamling. I denna rapport redovisas resultaten av de mätningar som utförts över nordöstra delen av Kristianstadsslätten, från Valje i norr och cirka 15 km söderut längs kusten samt hela Listerlandet. Totalt rör det sig om cirka 900 linje-km med en areal på cirka 180 km<sup>2</sup>. Undersökningarna har även omfattat kompletterande borrningar i jord och berg.

Rapporten utgör inte en fullständig redovisning av all insamlad information utan redogör för hur data har bearbetats och tolkats i delar av undersökningsområdena, i syfte att öka kunskapen om de hydrogeologiska förutsättningarna i området i stort och visa hur data kan användas i lokala hydrogeologiska undersökningar. SGUs målsättning och förhoppning är att materialet ska komma samhället till nytta genom såväl vidare användning inom myndigheten som genom externa intressenter. Datamängden kan studeras mer utförligt via SGUs 3D-visare, och beställas i både processad form och råformat via SGUs kundservice.

Rapporten vänder sig framför allt till alla som arbetar med grundvatten- och allmängeologiska frågor inom eller i anslutning till undersökningsområdena såsom länsstyrelser, berörda kommuner och VA-bolag samt förmodade framtida direkta användare av data som exempelvis konsulter och brunnsborrare. En detaljerad beskrivning av bearbetning 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 på Listerlandet i Blekinge. 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 hydrogeologiskt 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.

# GENOMFÖRDA UNDERSÖKNINGAR

# Fältundersökning - ATEM

ATEM står för Airborne Transient Electromagnetic vilket är termen för metoden att undersöka markens resistivitetsfördelning med ett luftburet system. SkyTEM är ett helikopterburet geofysiskt mätsystem utvecklat vid Århus universitet i Danmark. TEM är en induktionsmetod som innebär att en elektrisk ström induceras genom variationer i ett magnetfält. SkyTEM är anpassad för hydrogeologisk kartläggning med avseende på upplösning och djup. ATEM är tack vare att den är luftburen en mycket effektiv metod för att kartlägga stora områden på kort tid.

Ramen som hänger under helikoptern innehåller en spole som består av en kabelslinga (fig. 2) i vilken det 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. Förändringarna som uppstår i det magnetiska fältet mäts i mottagarspolen som också sitter på ramen (fig. 2). 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 ( $\Omega$ m). Efter datainsamlingen rensas data från störningar från exempelvis större elkablar och annan infrastruktur och resterande datamängd processas vidare innan geologisk tolkning kan utföras. Metoden är alltså en indirekt metod då man i princip mäter en ström och räknar om till ett elektriskt motstånd, resistivitet, i en punkt längs med flyglinjen. En sådan beräkningspunkt kallas här för *resistivitetsmodell*. Mätningen pågår under hela flygningen och i efterhand tas resistivitetsmodeller fram i punkter med cirka 30–50 m mellanrum längs med flyglinjen.



Figur 2. Grundprincipen för mätsystemet och strömutbredning i marken. Ramens (blå) storlek är cirka 30 × 15 m.

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 resistiviteten till geologisk information, till exempel lagerföljder från brunnar, kan man tolka inversionsresultaten till geologi.

Den aktuella undersökningen utfördes med flyglinjer i väst–östlig riktning med i regel 200 m mellanrum (fig. 3). Helikoptern hade en hastighet mellan 80 och 110 km/timme, och ramen hängde under helikoptern cirka 30–40 m höjd över markytan. Under flygningarna sker anpassningar både i horisontell och vertikal position för att undvika störningar i mätningarna vid tät bebyggelse, skog, kraftledningar, järnvägar och annan infrastruktur. Flygområden med förfinade undersökningar (100 m mellan linjerna) utformades i samråd med de berörda kommunerna (fig. 3). Totalt genererade undersökningen 165 flyglinjer i området fördelade på cirka 920 linje-km. Efter datarensning och inversion erhölls totalt cirka 19 800 resistivitetsmodeller. Läget för flyglinjer och resistivitetsmodeller redovisas i figur 3.

En mer utförlig beskrivning av bearbetningen och rensning av data finns från undersökningen i Brolin och Dahlqvist (2020). Modellens vertikala upplösning är 2 m vid markytan och ökar därefter successivt (logaritmiskt) med djupet. Totalt delas jord och berg in i 30 lager i resistivitetsmodellerna. De beräknade resistivitetsmodellerna visar på mjukare övergångar än den geologiska verkligheten vilket gör att de resistivitetskontraster vi ser mellan olika jord- och berglager oftast är underskattade.



Figur 3. Flyglinjer och områden med tätare mätning. Flyglinjerna visas med rött och erhållna resistivitetsmodeller efter datarensning visas med gröna prickar.

## Borrningar och lagerföljder

Inför tolkningsarbetet av TEM-data sammanställdes lagerföljder digitalt och harmoniserades för tolkningsändamålet (fig. 4). Data hämtades in från SGUs databaser Brunnsarkivet, hydrologiska parameterdatabasen samt från jordartskartläggningen. I tillägg har lagerföljder från Trafikverket och gamla utredningar från Sölvesborgs kommun samt från äldre geologiska utredningar inhämtats och digitaliserats. Inom ramen för projektet utfördes tre borrningar i berg, två på Listerlandet och en på Kristianstadsslätten, samt fyra borrningar i jord, två inom varje delområde (tabell 1). Lokalisering redovisas i figur 4. Syftet med borrningarna var att verifiera och hjälpa till med tolkning av ATEM-data. Borrningarna i berg lokaliserades i huvudsak till områden med tydliga övergångar i resistivitetsvärden. Borrningarna i jord syftade i huvudsak till att verifiera bergets överyta. Resultaten från borrningarna redovisas i avsnittet *Resultat och tolkningar*. Jordborrningar tolkades av SGU-geolog i fält och bergborrningarna dels av borrare i fält, dels av SGU som tolkade de kaxprov som togs varje meter.

Tabell 1. Information från utförda borrhål och sonderingar. För kompletta lagerföljder, se bilaga 1. * Artesiskt tryck.					
Borrhålsnamn	Nivå markyta (RH2000)	Totaldjup (m u.m.y)	Jorddjup (m u.m.y)	Grundvattenyta (m u.m.y)	kapacitet I/tim
BH23 Bromölla	7,8	61	10	2,8	> 15 000
BH22 Mjällby	6,1	60	9	2,3	300
BH20 Lörby	4,4	54	6	Ej tillförlitlig	< 20
J7	7,0	17,8	17,8		
J6	8,0	11,5	11,5		
J5	8,0	15,4	15,4		
J2	-1,7	36	36	-1,5*	



Figur 4. Lokalisering av lagerföljder som ingått vid tolkning samt de borrningar som utförts av SGU i undersökningen.

# UNDERSÖKNINGSOMRÅDE

Undersökningsområdet består av två delområden som berör Sölvesborgs, Bromölla och Kristianstads kommuner. Områdena benämns *NO Kristianstadsslätten* inom Bromölla och Kristianstads kommun och *Listerlandet* inom Sölvesborgs kommun (fig. 5). Större delen av undersökningsområdet utgörs av åkermark (fig. 6) samt några mindre områden med lövskog och barrskog. Markanvändningen domineras av ett extensivt jordbruk. Bebyggelse förekommer främst som byar och längs landsvägar. *NO Kristianstadsslätten* är låglänt och de kustnära delarna av området ligger nära havets yta. *Listerlandet* har en mer markant topografi med varierande höjder och låglänt topografi, och här finns delar där marknivån ligger under havsnivån. Flygmätningarna kan inte göras över tätbebyggda områden och lämpar sig inte heller över områden med urberg med tunna jordlager och stor topografisk variation. Därför blir Ryssberget och Sölvesborgshalvön en gräns som delar upp undersökningen i två delområden.



Figur 5. Undersökningsområdena NO Kristianstadsslätten och Listerlandet samt orienteringskarta över södra Sverige.

Berggrunden utgörs av sedimentära bergarter som tillsammans med resten av Kristianstadsslätten utgör Sveriges största sammanhängande grundvattenmagasin sett till uttagsmöjligheterna. Den typiska berggrundsgeologiska lagerföljden i området består av kristallint urberg som ofta är lervittrat och i synnerhet i svackor kan det även finnas kaolinlera. Denna överlagras av glaukonitsand eller sandsten som i sin tur överlagras av kritkalksten. På Listerlandet karakteriseras berggrunden av markanta förändringar i urbergets topografi med ett antal urbergsområden som utgör topografiska höjder som sticker upp genom kritberget. Inom NO Kristianstadsslätten är topografin jämnare och urberget, samt ovanliggande sedimentära lager, sluttar mot sydväst. Vid Bromöllas tätort ligger urbergets överyta på cirka -80 m ö.h. och i södra delen av undersökningsområdet på cirka -260 m ö.h. Jordlagren inom områdena har vanligen en mäktighet på 10 till 20 m (Daniels & Thunholm 2014). I huvudsak rör det sig om sand- och grusavlagringar, på Listerlandet något mer morän och tunna jordlager med urbergshällar.

Östersjön utgör en tydlig gräns mot de båda undersökningsområdena. Nordost om undersökningsområdet finns Ivösjön som är Skånes största sjö. Inom de båda undersökningsområdena återfinns endast mindre vattenytor idag, dock har det tidigare funnits sjöar och våtmarker men dessa är sänkta och utdikade. Det gäller till exempel Vesan på Listerlandet där man pumpar ut 8-10 miljoner kubikmeter vatten varje år för att hålla marken torr och användbar för jordbruk (Vesans invallningsföretag år 2006).

Huvudsakliga grundvattenmagasin återfinns i den sedimentära berggrunden och i sand- och grusavlagringar. I båda undersökningsområdena, men framför allt på Listerlandet finns ett problem med saltpåverkat grundvatten. Det finns ett stort antal stora grundvattenuttag, bland annat jordbruksbevattning, i området. Det finns även kommunala dricksvattentäkter inom båda områdena med uttag ur såväl jordlagren som den sedimentära berggrunden.



**Figur 6.** De centrala delarna på Listerlandet bestående av låglänt terräng som används för jordbruk. Foto från norr om Mjällby kyrka nära BH22. Foto: Peter Dahlqvist.

## Berggrund

Strukturgeologiskt ligger de undersökta områdena (Listerlandet och NO Kristianstadsslätten) i ett sedimentärt berggrundsområde som kallas Kristianstadsbassängen (fig. 7). I söder avgränsas bassängen av Linderödsåsens och Nävlingeåsens förkastningar medan avgränsningen i norr är en oregelbunden erosionsgräns för den sedimentära berggrundens utbredning. Bassängen fick sin huvudsakliga form under yngre krita då stora delar av berggrunden som sammanfaller med Tornquistzonen i centrala Skåne höjdes. Samtidigt sjönk och tippade urbergsområdet som bildar Kristianstadsbassängen ner mot de avgränsande förkastningarna i söder. Nävlingeåsens förkastning delar också Kristianstadsbassängen i ett sydligt och ett nordligt delområde som vart och ett stupar in mot de avgränsade förkastningarna. Urberget ligger därför som djupast i ett stråk från södra Kristianstad via Hammarsjön mot Åhus samt Yngsjö-Vittskövle. Här är djupet ner till urberget mellan 200 och 250 m (Gustafson m.fl. 1979). Norrut avtar mäktigheten gradvis.

Urberget var under stor del av jura och äldre krita utsatt för omfattande kaolinvittring vilket gjorde att när krithavet trängde in över området avsattes först kvartssandiga sediment genom urtvättning av det kaolinvittrade urberget (Lidmar-Bergström 1981). Det topografiskt oregelbundna och vittrade urberget orsakade även en lokal variation av den sedimentära berggrundens mäktighet. Speciellt i de norra delarna av Kristianstadsbassängen är detta påtagligt med uppstickande urbergskullar (restberg) omgivna av sänkor med sedimentär berggrund. Fjälkinge backe (N 6212590, Ö 455332), Lilles backe (N 6211757, Ö 456521), Kjugekull (N 6214620, Ö 460504) och Listershuvud (N 6209731, Ö 485464) är typiska exempel på dessa restberg. I den norra och nordöstra delen av Kristianstadsbassängen resulterade sannolikt den kuperade och brutna urbergsterrängen även i att området delvis blev ett skärgårdslandskap när krithavet steg in över området.

I samband med stegvis höjda havsnivåer under krita trängde havet successivt längre in över området. De bildade bergarterna kan kopplas till fyra större transgressioner: 1) under yngre delen av äldsta krita–cenoman, 2) äldre santon, 3) mellersta campan och 4) äldre maastricht (fig. 8).



Figur 7. Schematisk illustration Kristianstadsbassängen och kritberggrundens utbredning samt avgränsande förkastningszoner.



**Figur 8.** Schematisk illustration av de tidsavsnitt då det varit avsättning av sediment som i dag bildar kritberggrunden i Kristianstadsbassängen och i de undersökta SkyTEM-områdena från sydsydväst till nordnordost (figuren modifierad från Kornfält & Bergström 1990).

De hittills äldsta påträffade sedimentära bergarterna består av sandiga och leriga samt kolhaltiga sediment från undre krita. Dessa har hittills endast påträffats i borrhålen Härlöv söder om Kristianstad och Sixtorp norr om Fjälkinge (Kornfält m.fl. 1978, Guy-Ohlson 1984). Utbredningen av dessa äldsta sedimentbergarter är inte känd men de förmodas endast förekomma i de djupare delarna av bassängen.

Mest betydande utbredning har de sediment som avsattes i samband med transgressionerna under santon och campan tid för cirka 72–86 miljoner år sedan. Typiskt exempel är kalkstensförekomsterna i Ignaberga, Ullstorp och Maltesholm (Erlström & Gabrielson 1986, 1992, Sandström 1994). Nedan följer en sammanfattning av berggrundens uppbyggnad på djupet i de två undersökta områdena.

#### Urberget

Bergarternas olika motståndskraft mot vittring och förekomsten av sprickzoner har resulterat i att urbergsytan, speciellt på Listerlandet och i den norra delen av NO Kristianstadsslätten, är mycket kuperad. Detta har gett lokalt stora skillnader i djup till friskt ovittrat urberg och den sedimentära berggrundens mäktighet.

Merparten av Ryssberget och vissa av de uppstickande urbergskullarna på Listerlandet som exempelvis vid Ysane (N 6216672, Ö 478455) består av cirka 1 700 miljoner år gamla finkorniga rödgrå och grå gnejser som bedöms ha ett ursprung i omvandlingen av vulkaniska bergarter. Dessa gnejser benämns därför ofta för metavulkaniter, det vill säga metamorft (omvandlade)

vulkaniska bergarter. Dessa karakteriseras av en finkornig grundmassa med en småporfyrisk textur av 1–3 mm stora strökorn med fältspat. Inslag av grovkornigare varianter med granitisk prägel finns lokalt på den södra delen av Ryssberget. Likaså innehåller metavulkaniterna ofta decimeterbreda gångar med kvarts.

De uppstickande urbergshöjderna vid Listershuvud (N 6209731, Ö 485464), Stiby backe (N 6208337, Ö 480690) och Högrarör-Hjärthalla-Mörby backe (N 6209315, Ö 476856) består alla av medel- och grovkornig Karlshamnsgranit. Den cirka 1 400 miljoner år gamla bergarten uppträder som gångar och större massiv som trängt upp genom områdets äldre berggrund. Den röda färgen kommer från stora kristaller av röd fältspat.

I undersökningsområdet NO Kristianstadsslätten finns inga urbergsblottningar. Närmast angränsande blottat urberg är metavulkaniter på den sydligaste delen av Ryssberget samt rödgrå medel- och grovkornig granit på urbergshöjderna vid Kjugekull, Fjälkinge backe och Lilles backe. Från dessa observationer kan man även förvänta sig att metavulkanit (finkornig gnejs) och Karlshamnsgranit dominerar även där urberget är täckt av jordlager och sedimentär berggrund.

#### Kaolin

På urberget finns lokalt uppemot 50 m med in situ eller korttransporterad kaolin. Förekomsterna är ofta i skyddade lägen i sänkor på den ojämna urbergsytan. Som regel består förekomsterna av gröngul lera med kvarts och i varierande grad omvandlad fältspat. Den omlagrade kaolinen skiljer sig genom att den oftast är mörkare och även innehåller en del organiskt material. I de områden där det finns in situ kaolin på urberget avtar graden av vittring successivt med djupet.

#### Grönsand

De äldsta kritavlagringarna i områdena består av lös, porös och permeabel sandsten, så kallad glaukonitsandsten. Sanden är mer eller mindre grön till färgen på grund av det grönfärgade mineralet glaukonit och kallas därför ofta för grönsand. Glaukonitsand påträffas i samtliga borrningar i de djupare delarna av Kristianstadsbassängen och bildades i samband med att krithavet för första gången steg in över området för cirka 100 miljoner år sedan. Glaukonitiska sandstenslager är dock även påvisade högre upp i lagerföljden (santon ålder), speciellt i områden som föregående transgressioner inte nått. Den undre grönsandens mäktighet är inte fullständigt känd men i de djupare delarna av bassängen är den cirka 20 m. I borrningarna Bromölla (BH23) och Lörby (BH20) har 4–6 m grönsand påvisats (se avsnittet om *Kritberget* samt bilaga 1). I Lörby påträffas den på 33–37 m djup ovanpå grå, gul och rosafärgad lera (kaolin). I Bromöllaborrningen påträffas grönsand på 56 m djup. Den totala mäktigheten kunde inte fastställas eftersom borrningen avslutades på 61 m utan att nå underliggande lager.

#### Kalksten-sandsten

På grönsanden följer en heterogen sekvens med mer eller mindre kvartshaltiga och karbonathaltiga lager med kalksten och sandsten. De ljusgrå till gulvita kalkstenarna är uppbyggda av fragmenterade kalkskal från bland annat musslor och tagghudingar. Beroende på avstånd från land, det vill säga vattendjup och påverkan av vågor och strömmar varierar kornstorleken på lagren från grovkorniga kalciruditer, medelkorniga kalkareniter bildade närmare kusten till finkorniga kalcilutiter bildade längre ut i bassängen på större vattendjup. De kustnära bildade lagren innehåller ofta även en betydande andel kvartssand och ibland konglomerat (Erlström & Gabrielson 1992). Speciellt i den norra delen av Kristianstadsbassängen är kalkstenslagren mycket kvartsrika på grund av att de bildades i närheten till land och i en skärgårdslikande miljö. Lokalt bildades rena kvartssandstenar som till exempel Ryedalssandstenen utmed Ryssbergets östra och västra sidor. Vid Skvaltan (N 6219201, Ö 476310) finns en förekomst av Ryedalssandsten (fig. 9A) som bryts för olika ändamål på grund av sin höga kvartshalt. Dessa förhållanden gör att man i tvärsnitt kan förvänta sig både vertikala och laterala variationer av kritberggrundens uppbyggnad och resistivitetssignatur. De finare kalcilutiterna innehåller även ofta lermineral och flinta och är relativt täta i jämförelse med de grövre kalkstenarna och sandstenarna. Dessa framträder som partier med relativt höga resistiviteter i förhållande till mer porösa och sandigare kalkstenslager. Totalt är den kalkstensdominerade sekvensen uppemot 150 m i den södra delen av området NO Kristianstadsslätten medan den på Listerlandet som mest är cirka 60 m. Störst mäktighet och utbredning har kritlagren som är av campan ålder (fig. 8).

#### Karstvittring (grottor, doliner)

Det är väl känt att det i förekommer karstvittring av kritberggrunden i Kristianstadsområdet. Merparten är grottor och hålrum som har bildats av underjordiska vattenflöden som löst upp kalciumkarbonatet i berggrunden. I Hörvik på Listerlandet upptäcktes vid brunnsgrävning 1961 ett cirka 50 m långt grottsystem (Persson 1963). Oftast ser man dock resultaten av underjordisk karstvittring som lokala sänkor i markytan (doliner), skapade genom att grottor/hålrum kollapsat. På Listerlandet förekommer sådana bland annat i anslutning till Mörby Backe (N 6210202, Ö 476658) och sydost om Getabjär (N 6208741, Ö 484760) (fig. 9B). Noterbart är att doliner och grottor på Listerlandet företrädesvis tycks vara i kritberggrunden närmast restbergen.

#### Kritberggrundens överyta

Den nuvarande reliefen på den sedimentära berggrunden är skapad genom tertiär och kvartär erosion. Eftersom hårdheten på den sedimentära berggrunden varierar har det lett till att erosionen varit kraftigare i områden med dåligt konsoliderad berggrund. En annan aspekt är att det vid brunnsborrning är svårt att fastställa djupet till kritberggrunden då den ofta har samma hållfasthet och likartad uppbyggnad som jordlagren, speciellt i de områden där kvartär sand överlagrar sandig kritbergrund. Det gör att man inte kan helt lita på uppgifterna i brunnsprotokollen, ofta rör det sig om mindre jorddjup än de som anges.



**Figur 9. A.** Ryedalsandsten i sandstensbrottet vid Skvaltan (N 6219201, Ö 476310). **B.** En av dolinerna sydost om Getabjär (N 6208741, Ö 484760). Båda fotona från undersökningsområdet Listerlandet. Foto: Mikael Erlström.

#### Jordarter

Jordarterna på Listerlandet och östra delen av Kristianstadsslätten har huvudsakligen ett ganska enkelt förhållande till varandra (fig. 10). Den vanligaste jordarten är morän, som ligger direkt på berggrunden. Isälvssediment förekommer i begränsade stråk i riktningen sydsydväst–nordnordost. På nivåer under hösta kustlinjen täcks moränen ofta av glacial lera och postglacial sand. Överst ligger, i svackor, torv och gyttja. Jordarterna i området kartlades i huvudsak på 1980-talet i SGUs serie Ae (Ringberg 1991, Persson 1996) men längs kusten har jordartskartan uppgraderats i samband med projekt Skånestrand (Malmberg Persson m.fl. 2014, 2016).

Inlandsisen smälte av från området för cirka 15 000 år sedan (Hughes m.fl. 2016, Stroeven m.fl. 2016). Isfronten var då i stort sett öst–västlig och landet var nedpressat av tyngden från inlandsisen, så Baltiska issjöns högsta strandlinjer i området ligger på cirka 60 m ö.h. (Björck 1981, Hellberg 1971). Landhöjningen är idag cirka 1,5 mm/år i området. Delar av undersökningsområdet ligger under havsnivå än idag.



**Figur 10.** Jordartskarta över Listerlandet och östra delen av Kristianstadsslätten (SGUs kartdatabas, Jordarter 1:25 000– 1: 100 000). Relief i bakgrunden från Lantmäteriets höjddata. Isälvsavlagringar som diskuteras i texten är utmärkta med namn i kursiv text.

Moränen är oftast sandig men kan på enstaka ställen också vara lerig, sannolikt som ett resultat av inblandning av kaolinlera. Oftast förekommer moränen i ett någorlunda jämnt lager direkt på berggrunden men i mindre områden kan den ha kulliga egenformer och mindre ryggar. I "lä" av berg, till exempel vid Listershuvud, verkar moränen ofta vara betydligt mäktigare och kan då många gånger även överlagra äldre sorterade sediment.

Isälvssedimenten inom området är samtliga avsatta under högsta kustlinjen och den enda som är en egentlig rullstensås är Gammalstorpsåsen. Övriga är mer flacka och utbredda avlagringar. De är samtliga utsträckta i nordost–sydväst eller nordnordost–sydsydväst (fig. 10). De blev kraftigt svallade när de höjdes ur Östersjöns tidigare stadier, så de är delvis överlagrade av svallsand som har varit svår att avgränsa vid kartläggningen.

*Gualövsåsen* är en flack avlagring som är mycket utbredd söder om Ivösjön (fig. 10). Den består till stora delar av sand i ytan, men en del spridda stora block finns också på avlagringen. Forsgård (2021) tog fram en geologisk 3D-modell med mäktighet för den södra delen av Gualövsåsen. *Sölveavlagringarna* består av ett par stora och troligen sammanhängande delar. De är huvudsakligen uppbyggda av sand i ytan och innehåller en del block och lager av morän i kanterna. Avlagringen fortsätter åt norr under lera och gyttja i Vesan (Romson & Eriksson 1967) och hänger sannolikt ihop med Gammalstorpsåsen. *Gammalstorpsåsen* är en smal och slingrande ås som sticker upp ur gyttjan och torven från den sänkta sjön Vesan. Både i söder och norr fortsätter den under organiska sediment. Den innehåller huvudsakligen stenigt grus och grus med sandskikt.

*Ysaneavlagringen* (även kallad *Norjeåsen*) utgörs av en välvd rygg, cirka 15 m mäktig i de norra delarna och den vilar delvis direkt på kritsandstenen. Materialet är till stora delar sand och grusig sand. Möjligen fortsätter avlagringen åt nordnordost under svallsanden mot Norje. *Lörbyåsen* är i de centrala delarna cirka 500 m bred med en plan överyta. Den är huvudsakligen uppbyggd av sand och grusig sand. Avlagringen har en markerad brant i öster, troligen på grund av erosion från Ancylussjön och Littorinahavet. En fortsättning söderut under svallsedimenten kan inte uteslutas, men framträder inte morfologiskt. I norr smalnar åsen av och blir mer ryggformad innan den fortsätter ut i Pukaviksbukten.

Glaciala finkorniga sediment förekommer på stora delar av området under högsta kustlinjen, inte bara där de går i dagen enligt jordartskartan, utan även under postglacial sand och grus, samt under torv och gyttja. Huvudsakligen rör det sig om varvig lera som på djupet ofta övergår i silt. Mäktigheten är ofta omkring tio meter men kan lokalt vara mer. I sänkor kan det dessutom finnas lite postglacial lera och silt ovanpå de glaciala sedimenten.

Postglacial sand täcker stora delar av ytan i området (fig. 10). Oftast är det bara någon meter sand ovanpå glacial lera eller direkt på morän eller isälvssediment. I de fall den postglaciala sanden överlagrar isälvssediment har den oftast inte kunnat urskiljas. Ansamlingar med lite större mäktigheter finns ofta vid vikar som har varit utsatta för svallning, till exempel vid Hällevik, samt i närheten av isälvssediment där det har funnits gott om material för vågorna att bearbeta. Svallgrus och klapper återfinns huvudsakligen längs forna strandlinjer på sluttningar och höjder, framför allt på Listershuvud (söder om Hörvik, fig. 10).

Torv och gyttja förekommer i kärr och sänkta sjöar. Ofta är kärren igenväxta sjöar, så att det kan finnas gyttja under torven. Gyttja går i dagen i de sänkta sjöarna Vesan och Trolle Ljungby mosse (nordväst om Vanneberga, fig. 10). I Vesan är mäktigheten av gyttjan som mest cirka 5 m.

# HYDROGEOLOGISKA FÖRHÅLLANDEN OCH VATTENFÖRSÖRJNING

## NO Kristianstadsslätten

Grundvattentillgångarna i jord i NO Kristianstadsslätten utgörs av Gualövsåsen, vilken sträcker sig längs undersökningsområdet (fig. 11). Det förekommer också rikligt med i huvudsak sandiga svallsediment i vilka ytliga, lokala grundvattenmagasin kan förekomma. Uttagsmöjligheterna inom Gualövsåsen bedöms enligt SGUs regionala grundvattenkartläggning (Gustafsson m.fl. 2005) till 25–125 l/s. I de sydöstra delarna kan lerlager finnas som överlagrar grundvattentillgången. Inom Gualövsåsen finns filterbrunnar med goda uttagsmöjligheter. Gualövsåsen motsvarar i VISS (Länsstyrelsen 2021) grundvattenförekomsten "Vanneberga, WA71845554". Grundvattenförekomsten Vanneberga är i risk för att både den kemiska och den kvantitativa statusen inte uppnås till 2027. Avseende kvalitet är det risk för förhöjda klorid- och nitrathalter som pekas ut. Avseende den kvantitativa statusen är risken i huvudsak förknippad med en förhöjd risk för ökat läckage ned till den underliggande sedimentära berggrunden (grundvattenförekomsten Norra Kristianstadsslätten)

Inom det undersökta området utgörs berggrunden i huvudsak av yngre sedimentär berggrund. Uttagsmöjligheterna är bäst i de delar av berggrunden där det förekommer mäktig glaukonitsandsten, uttagsmöjligheterna ligger här i spannet mellan 50 000 och 100 000 l/tim (Gustafsson m.fl. 2005). Uttagsmöjligheterna bedöms vara bäst i området väster om Skräbeån.



Figur 11. Grundvattenförekomster i jord och berg (inom vattenförvaltningen, visas i VISS). Namn på grundvattenförekomsterna i kursiv text.

Ett flertal brunnar för jordbruksbevattning finns inom undersökningsområdet. Den sedimentära berggrunden i undersökningsområdet utgör en del av grundvattenförekomsten "Norra Kristianstadsslätten, WA16715379" (Länsstyrelsen 2021). Grundvattenförekomsten Norra Kristianstadsslätten är i risk för att både den kemiska och den kvantitativa statusen inte uppnås till 2027. Kvalitetsmässigt har bekämpningsmedel återfunnit på flera platser, och det faktum att cirka 60 % av grundvattenförekomsten utgörs av odlad mark samt att sårbarheten är hög pekar på att problemet kan vara stort. Då det sker stora uttag ur grundvattenförekomsten och att stora delar av förekomstens nybildning av grundvatten är intecknat av tillståndsgivna uttag, framför allt kring Kristianstad, bedöms det finnas en risk för att uttagen åtminstone ställvis inom grundvattenförekomsten kan överstiga grundvattenbildningen.

Inom undersökningsområdet finns flera kommunala vattentäkter för Kristianstads och Bromölla kommuner. Vattentäkter finns bland annat i Vanneberga, Gualöv och Nymölla.

Den enskilda vattenförsörjningen inom NO Kristianstadsslätten baseras i huvudsak på brunnar, antingen grävda i jordlagren eller genom borrade brunnar. De grävda brunnarna är i allmänhet nedförda i den ytliga svallsanden eller ned i Gualövsåsen, i den västra delen av undersökningsområdet. I området öster om Skräbeån är brunnarna i jord nedförda i moränen. Generellt är tillgången tillräcklig för enskild vattenförsörjning, men problem med dålig vattenkvalitet i form höga nitrathalter förekommer frekvent, samt att grunda brunnar i morän eller svallområdena lättare riskerar att sina under länge perioder med liten grundvattenbildning. Borrade brunnar är generellt nedförda i den underliggande sedimentära berggrunden. I huvudsak är det borrning för enskild vattenförsörjning, även om ett stort antal är utförda för bevattning eller för djurhållning.

#### Listerlandet

Grundvattentillgångarna i jord på Listerlandet utgörs av ett antal mer eller mindre nord-sydliga isälvsavlagringar ute på halvön (fig. 11). Det förekommer också rikligt med i huvudsak sandiga svallsediment i vilka ytliga, lokala grundvattenmagasin kan förekomma. Isälvsavlagringen vid Sölve utgörs av ett flackt fält med en uttagsmöjlighet på cirka 5–25 l/s (Pousette m.fl. 1983). Avlagringen är i den södra delen till stora delar utbruten och det har uppkommit täktsjöar i grustäkterna. Isälvsavlagringen fortsätter sedan under Vesan, och dyker upp vid Gammatorps kyrka och norrut som en smal ås. Grundvattenmagasinet är i VISS (Länsstyrelsen 2021) uppdelad i två grundvattenförekomster: Sölveplatån S (WA39015707) i söder och Sölveplatån N (WA84259245) i norr. Grundvattenförekomsten Sölveplatån S är inte klassad avseende risk till 2027, men har nu både god kemisk och kvantitativ status. Grundvattenförekomsten Sölveplatån N har däremot en otillfredsställande kemisk status, vilket beror på höga ammoniumhalter. Det finns även en riskbild till 2027 avseende kvävehalter generellt samt kloridhalter från trafiken. Uttagsmöjligheterna i de norra delarna av avlagringen bedöms till 1-5 l/s. Det kan även förekomma salt grundvatten ytligt i denna del på grund av att området är utdikat och har legat under havsvatten tidigare. Mellan Ysane och Norje finns en sand- och grusavlagring (Norjeåsen) där ett antal bevattningsbrunnar är nedförda. Norjeåsen (WA63668300) är enligt VISS (Länsstyrelsen 2021) i risk för påverkan av jordbruk och trafik. Risken gäller främst klorid och nitrat. Brunnarna nyttjar grundvattentillgången i isälvsmaterialet, och tillstånden medför att grundvattentillgången till stora delar utnyttjas. Uttagsmöjligheten bedöms enligt den regionala grundvattenkartan till 5–25 l/s (Pousette m.fl. 1983). I de östra delarna av Listerlandet finns en isälvsavlagring, Lörbyåsen, som sträcker sig från Hällevik upp till Lörby. Avlagringen är i de södra delarna dold av svallsediment, norr om Mjällby Ljunga är den synlig. Lörbyåsen (WA56342030) har enligt VISS god kvantitativ och kemisk status. Förekomsten är inte klassad till 2027. Grundvattentillgången bedöms av Pousette m.fl. (1983) till 1–5 l/s i de norra delarna och till 5–25 l/s i de södra.

Inom det undersökta området utgörs berggrunden i huvudsak av yngre sedimentär berggrund. De sedimentära bergarterna underlagras i sin tur av ett i huvudsak granitiskt urberg som sticker upp i höjdområdena kring Listerlandet. Uttagsmöjligheterna är bäst i de delar av berggrunden där det förekommer glaukonitsandsten, uttagsmöjligheterna ligger här i spannet mellan 15 000 och 40 000 l/tim, med de gynnsammare möjligheterna centralt på Listerlandet i området kring Hosaby, Mjällby och Lörby, se Pousette m.fl. (1983).

På Listerlandet är jordbruket intensivt, och stora delar av jordbruksmarken bevattnas med grundvatten. I stort sett all jordbruksbevattning har tillstånd till uttagen, och tillsammans med den kommunala vattenförsörjningen och industriuttag har stora delar av den tillgängliga mängden grundvatten tecknats in av gällande tillstånd. I princip alla lantbrukare med bevattning från grundvatten gick tillsammans med några andra intressenter av grundvatten och tog fram underlag för tillståndsansökningarna. Genom att arbeta tillsammans fanns en samsyn mellan lantbrukarna avseende tillgängliga mängder grundvatten samt bevattningsbehov. Arbetet gav även andra samordningsvinster vid provpumpningar, brunnsinventeringar och kontrollprogram. I anslutning till bevattningsprojektet gjordes även ett antal miljödammar ute på Listerlandet där överskottsvatten från diken leds in i dammar som kan användas som bevattning i stället för grundvatten. Dammarna gör nytta genom att spara på grundvattenresursen samtidigt som ett näringsrikt vatten inte kommer ut i Östersjön och därmed bidrar till att minska övergödningen.

Den sedimentära berggrunden på Listerlandet tillhör tre olika grundvattenförekomster (fig. 11): Listerlandet-Mjällby (WA68838874) i de centrala delarna, Listerlandet-Hörvik (WA42332871) i öster och Listerlandet-Torsö (WA93357607) i söder. Alla tre förekomsterna har god kemisk och kvantitativ status, men Listerlandet-Mjällby ligger i risk till 2027 både avseende kemisk och kvantitativ status. Riskerna, avseende den kvantitativa statusen, baseras på att det sker betydande uttag ur förekomsten, medan risken för kvalitativ status främst pekar på koppling mot näringsämnen, saltvatteninträngning och miljögifter. Listerlandet-Hörvik och Listerlandet-Torsö är inte riskklassade till 2027 avseende kvantitativ status, och avseende kemisk status saknas riskklassning för Listerlandet-Torsö medan riskerna för Listerlandet-Hörvik är de samma som för Listerlandet-Mjällby. I samband med provtagning av bekämpningsmedel i ett antal bevattningsbrunnar kunde i cirka hälften av brunnarna låga halter av bekämpningsmedel återfinnas, i huvudsak äldre substanser.

Inom undersökningsområdet finns ett flertal kommunala vattentäkter för Sölvesborgs kommun. Dessa försörjer i huvudsak samhällena på Listerlandet, men delar av vattnet går även till Sölvesborgs tätort. Dessa vattentäkter nyttjar grundvattnet från den sedimentära berggrunden.

Den enskilda vattenförsörjningen på Listerlandet baseras till huvudsak på brunnar, antingen grävda i jordlagren eller bergborrade. De grävda brunnarna är i allmänhet nedförda i den ytliga svallsanden, ofta kan tillgången vara tillräcklig för enskild vattenförsörjning, men problem med dålig vattenkvalitet i form av höga nitrathalter förekommer frekvent. Borrade brunnar är generellt nedförda i den sedimentära berggrunden. I huvudsak är vattentäkterna för enskild vattenförsörjning, bevattning eller för djurhållning. I ett stråk mellan Sölve och Mjällby förekommer ställvis höga kloridhalter i borrade brunnar. I projektet för tillståndsansökan för bevattningsbrunnarna kunde inte någon risk för saltvatteninträngning från Östersjön konstateras. Brunnar belägna nära kusten hade generellt låga kloridhalter och problematiken med saltvatten bedömdes bero på äldre relikt saltvatten.

På Listerlandet finns ett fåtal kallkällor med i huvudsak små flöden (mindre än 3 l/s). Källflödena bedöms ha sitt ursprung ur jordlagren.

## Hydraulisk konduktivitet i berg

I en sammanställning av brunnsdata från hela Sverige (Brunnsarkivet, fig. 12) pekar resultatet mot att variationer inom en bergart i de flesta fall är större än variationerna mellan olika bergartsled, något som talar för att de lokala förhållandena vid brunnen är viktigare än i vilket bergartsled den är borrad i (Hjerne m.fl. 2021). I figur 12 kan man dock se att det generellt är väsentligt högre värde på K (hydraulisk konduktivitet) i de sedimentära bergarterna inom undersökningsområdena än urbergsområdena. Den sedimentära berggrunden inom undersökningsområdet har vanligen ett K-värde på mellan 1·10<sup>-4,5</sup> m/s och 1·10<sup>-5,5</sup> m/s vilket anses som mycket bra sett i ett nationellt perspektiv. Områden med ytligt urberg uppvisar ett väsentligt lägre K (1·10<sup>-6</sup>m/s och 1·10<sup>-7,5</sup> m/s), något som påverkar uttagsmöjligheterna i dessa områden. Notera att de interpolerade värdena i figur 12 är mer representativa i områden med fler än endast ett fåtal brunnar. I tabell 2 finns statistik på K-värden från de båda undersökningsområdena.

Undersökningsområde	Medelvärde K	Medianvärde K	Antal brunnar
NO Kristianstadsslätten	1x 10 <sup>-5,1</sup>	1x 10 <sup>-5,1</sup>	78
Listerlandet	1x 10 <sup>-5,3</sup>	1x 10 <sup>-5,2</sup>	187

atictik nå hydraulick konduktivitat från Brunnsarkivat (Enhatan för Körm/s)



**Figur 12.** Brunnar med beräknade K-värde (teckenförklaring till vänster) samt interpolerade K-värden (teckenförklaring till höger). Notera att värdena är log-värden (m/s, log10K) och de högsta värdena (högre genomsläpplighet och bättre förutsättningar för grundvattenuttag) har grön färgton och de lägsta värdena (sämre förutsättningar) har en röd färgton.

# **RESULTAT OCH TOLKNINGAR**

Resultaten från undersökningen presenteras tillsammans med tolkningar under avsnitten: Jordlager, Jorddjup, Hydrogeologi i jordlagren, Kritberget, Urberget, Hydrogeologi i berggrunden. En viss upprepning av resultat och tolkningar förekommer då enskilda avsnitt ska kunna stå för sig själv.

Resistivitetsdata ger en bild av hur resistiviteten är fördelad längs en flyglinje ner till cirka 150–200 m djup (fig. 13, 14). Upplösningen för resistivitetsmodellerna minskar med djupet (fig. 13, 14). I bilaga 2 finns översiktliga kartor på medelresistiviteten för olika djupintervall (de 20 översta lagren) från markytan ner till 115 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 finns en sammanställning av 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 resistivitets-intervallen har erhållits genom korrelation mellan lagerföljdsinformation från olika borrhåls-databaser och resistivitetsdata. Det är en relativt stor skillnad på resistivitetssignalerna i såväl jordlagren som i berggrunden mellan de båda undersökningsområdena.



**Figur 13.** Exempel på profil som visar resistivitetsfördelningen längs en flyglinje. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan (fig. 10). I profilen syns även tolkad bergöveryta och tolkad urbergsyta samt DOI= depth of investigation. Nedan till vänster visas en förenklad teckenförklaring från ett urval av jord- och berglager från borrningar. Till höger visas resistivitetsteckenförklaringen. Teckenförklaringar i denna figur gäller för samtliga resistivitetskartor och profiler i denna rapport där inget annat anges.

**Tabell 3**. Översättningstabell med resistivitetsintervall för olika geologiska material inom undersökningsområdena. Notera att resistivitetsvärden i tabellen är värden som visas i profilerna och kartorna och inte nödvändigtvis bergartens verkliga resistivitet (se diskussion i Brolin & Dahlqvist 2020).

Geologi	Grundvattenmiljö	Resistivitetsintervall	Kommentar
Sand och grus	Över gvy	Över 150 Ohmm	främst ytligt i isälvsavlagringar
Sand och grus	Under gvy	40–120 Ohmm	Lämplig för grundvattenuttag
Morän	Över gvy	300 Ohmm	tunna/högt liggande, torr jord
Lerig morän/morän	Under gvy	20–60 Ohmm	Vattenmättad och lera
Torv, lera, silt, finsand	Under gvy	under 50 Ohmm	Vattenmättade, hög halt lermineral
Kalksten	Under gvy	100–500 Ohmm	Flinta höjer resistiviteten
Glaukonitsand	Under gvy	40–200 Ohmm	Flinta höjer resistiviteten
Sed. berg m salt grv.	Under gvy	under 30 Ohmm	Salt sänker resistiviteten
Kaolinvittrat urberg	Under gvy	under 60 Ohmm	Lera sänker resistiviteten
Urberg	U/ö gvy	över 300 Ohmm	totaldjup påverkar resistiviteten



**Figur 14**. Figuren illustrerar en resistivitetsmodell på tre olika sätt. Längst till vänster visas de modellerade resistivitetsvärdena för varje lager, i mitten visas samma data som en färgkodad stapel, och längst till höger som ett diagram med resistivitet som funktion av djup. Områdena som är skuggade visar värden under DOI (depth of investigation).

## Jorddjup

Baserat på resistivitetsdata har gränsen mellan jord och berg kunnat bestämmas med relativt stor säkerhet. Det betyder att vi har kunnat uppdatera och förfina SGUs befintliga jorddjupsmodell som tidigare baserades på data från Brunnsarkivet samt antagande om jordlagrens normala mäktighet för olika geologiska miljöer (se Daniels & Thunholm 2014 för mer information). I figur 15 redovisas den nya jorddjupskartan för undersökningsområdena tillsammans med jorddjupsmodellen utanför områdena. I figur 16 redovisas skillnaden mellan den nya och den gamla jorddjupsmodellen.

På Listerlandet är jorddjupet vanligen 10–20 m mäktigt (fig. 15). Ett större sammanhängande område med mäktiga jordlager finns i de nordvästra delarna där Vesan breder ut sig med jordmäktighet på upp mot 50 m. Delar av denna mäktighet utgörs av en begravd isälvsavlagring som utgör delar av Gammelstorpsåsen och Sölveavlagringarna (se figur 10). Även ett mindre område vid Hällevik har jordlager med mäktighet över 30 m. Ett antal områden med mycket tunna jordtäcken och ibland berg i dagen finns framför allt i områden där urberget sticker upp genom det sedimentära berget i de södra delarna (fig. 15).

På Listerlandet har jorddjupet ändrats mot den jorddjupsmodell som fanns i området tidigare (fig. 16). I området vid södra Vesan samt vid Hällevik har jorddjupet ökat som mest. Tre andra viktiga områden som har ett större jorddjup än tidigare känt är vid Hörvik, söder om Hörvik samt vid Lörbyåsen där jorddjupen är mer än 10 m mäktigare (fig. 16). I områden med häll i närheten har ofta jordlagren minskat i mäktighet jämfört med tidigare modell, vilket kan bero på svårigheterna att skilja mellan torra jordlager och uppstickande urberg. Jorddjupet i dessa områden är inte lika säkert som i områden med större avstånd till urbergets överyta. I områdena upp mot Ryssberget är jorddjupen något lägre vilket också är fallet i det flacka och uppodlade området direkt söder om Mjällby (fig. 16).

På Kristianstadsslätten är jordlagren sällan under 10 m och i stora delar 20 m eller mer (fig. 15). I området återfinns de största mäktigheterna på jordlagren i de västra delarna med jorddjup upp mot 50 m. Dessa jorddjup är framför allt kopplade till isälvsavlagringen Gualövsåsen (fig. 10) som också utgör grundvattenmagasinet Vanneberga. Även i området söder om järnvägen mot Sölvesborg finns mäktiga jordlager, men här är det företrädesvis morän. Det finns ett antal brunnar som visar att det finns mindre områden med tunna jordlager även på Kristianstadsslätten (fig. 16).

Även på NO Kristianstadsslätten har jorddjupsmodellen ändrats och man ser en generell ökning av jorddjupet i de östra delarna och en generell minskning av jorddjupet i de västra delarna. Detta beror i huvudsak på att metoden som den tidigare jorddjupsmodellen bygger på (Daniels & Thunholm 2014) delvis ansätter ett medelvärde för mäktigheter på morän respektive sand vilket gör att de två områdena som i huvudsak är uppdelade i dessa jordarter enligt ovan (se även fig. 10), påverkas på detta sätt. Områden med morän uppvisar enligt våra tolkningar av resistivitetsdata en betydligt mäktigare jordlagerföljd på mellan 20 och 30 m och har nästan fått en fördubblad mäktighet mot vad tidigare modell visade (fig. 15, 16).



Figur 15. Ny jorddjupsmodell (jorddjup i m) som inom undersökningsområdena är baserad på ATEM-data och borrningar.



Figur 16. Skillnad mellan befintlig och ny (fig. 15) jorddjupsmodell (m).

#### Jordlager

Tolkning av resistivitetsdata och lagerföljder från borrningar visar inom vilka resistivitetsintervall jordarterna vanligen varierar (tabell. 3). I figur 17 visas resistiviteten för det översta modellerade resistivitetslagret i jordlagren, vilket motsvarar de översta 2 m vid markytan. Vid en jämförelse med jordartskartan (fig. 10) kan man se överensstämmelser mellan resistiviteten och jordarten. Man kan även urskilja resistivitetsskillnader som avspeglar markanvändning (fig. 5) och topografi.

Områden med hög resistivitet (över 200 Ohmm, visas som lila områden i figur 17) motsvarar generellt områden som domineras av isälvsavlagringar samt moränområden och områden med berg i dagen (fig. 10). Den höga resistiviteten visar att jordlagren och berggrunden ofta är torra och befinner sig ovanför grundvattenytan. Områden med en medelhög resistivitet (40–150 Ohmm, visas som orange och röd i figur 17) motsvarar områden dominerade av svallsand. Dessa områden ligger ofta lägre, kan innehålla grundvatten samt kan ha en viss andel finmaterial som även detta sänker resistiviteten något. Ofta ligger grundvattennivån närmre markytan i dessa områden än där resistiviteten är högre. Områden med lågresistiva lager (under 40 Ohmm, visas som gul, grön och blå i figur 17) är ofta kartlagda som torvområden eller områden med stor andel lera (fig. 10). Leriga jordarter och torvområden som oftast är vattenmättade har generellt låg resistivitet.



**Figur 17.** Resistiviteten vid markens överyta inom undersökningsområdena. Resistivitetsvärden från den interpolerade 3D-gridden. Lokalisering av profiler som visas i figur 18 och 19.

#### NO Kristianstadsslätten

Området söder om Bromölla tätort, avgränsat av Valjeviken i öster och Skräbeån i väster, karakteriseras av 20–30 m mäktiga jordlager (fig. 15) företrädesvis bestående av morän (fig. 10). Jorddjupet minskar något mot söder och kan vara ner mot 5 m. Jordlagren har en resistivitet på 50–400 Ohmm (fig. 17). Högst resistivitet är det vid markytan där moränen tolkas vara torr. På djupet sjunker resistiviteten på moränen ofta ner mot och även under 100 Ohmm (fig. 18A). Vid kusten syns en resistivitetssänkning på jordlagren och här kan det ibland vara så lågt som 30 Ohmm (fig. 17). Huruvida det är mycket lera i jordlagren vid kusten eller om det är saltvatten som påverkar är inte utrett. I stora delar av området har jordlagren en högre resistivitet i ytan och därefter sjunker den med djupet vilket kan tolkas som att vattenmättnadsgraden ofta är högre på större djup. Gränsen mellan jordlagren och Kritberggrunden tolkas i så gott som hela området när resistiviteten ökar igen på djupet (ofta över 150 Ohmm, se till exempel fig. 18).

Området söder om Ivösjön kan enligt jordartskartan delas in i tre huvudsakliga delar (fig. 17): en isälvsavlagring i form av Gualövsåsen, svallsediment i form av sand med lera vid sidorna om isälvsavlagringen, samt ett moränområde österut mot Östersjön.

Gualövsåsen sträcker sig från sydväst mot nordost och syns tydligt i topografin. Forsgård (2021) tog fram en geologisk 3D-modell som visar mäktigheten för den södra delen av åsen. Modelleringen visar på att de mäktigaste delarna (20–50 m) finns i de centrala delarna och att mäktigheten minskar österut och västerut. Dock visar såväl lagerföljder som resistivitetsdata att stora områden utanför den i jordartskartan markerade isälvsavlagringen har mäktigheter på över 10 m med isälvsmaterial. Resistiviteten i själva åsformen ligger mellan 200 och 600 Ohmm och avtar, ner mot 100 Ohmm (tolkas som den mättade zonen), med djupet och mot sidorna där avlagringen tunnar ut och ibland kan övergå till svallsand (fig. 18A). Den omättade zonen (med höga resistivitetsvärden) kan vara upp mot 10 m som mest.

Vid sidan av isälvsavlagringen är mäktigheten på jordlagren 20–30 m (fig. 15) och domineras av svallad sand med inslag av lera och torvområden som bildats i mer stillastående miljöer. Resistiviteten är i stort sett alltid under 100 Ohmm (fig. 17, 18A). Sammanhängande områden och mäktigheter med resistivitetsvärden på 50–100 Ohmm tolkas bestå av i huvudsak svallsand. Lägre resistivitetsintervall på 20–50 Ohmm finns i vissa områden och tolkas bestå av finkorniga jordarter som lera och torv som exempelvis vid Trolle Ljungby mosse och Ivösjön (fig. 18A, B).

Moränområdet vid kusten påminner resistivitetsmässigt med området söder om Bromölla, med resistivitetsvärden på 100–200 Ohmm (fig. 17, 18B). Avgränsningen mot området med svallsediment, med lägre resistivitet, västerut är relativt skarp. Jordlagren är 10–15 m mäktiga. Resistiviteten på moränen sjunker även med djupet och här är resistiviteten ofta under 100 Ohmm vilket indikerar högre vattenmättnadsgrad. Närmast havet sjunker resistiviteten ner mot 30 Ohmm (fig. 17, 18B) vilket kan indikera en påverkan från Östersjöns bräckvatten.

Sydost om samhället Gualöv utfördes en skruvborrning och slagsondering (J6, fig. 4, 18C). Enligt jordartskartan består jordlagren av isälvsavlagringen benämnd Gualövsåsen (fig. 10). Borrningen bestod överst av sand (0–3 m) följt av i huvudsak silt (3–8 m) och morän i botten (8–11,5 m). Borrningen avslutades mot block eller berg på 11,5 m djup. Resistiviteten i närliggande punkter ligger från 115 Ohmm i toppen ned mot 80 Ohmm på djupet i jordlagren. Vid borrstopp ökar resistiviteten vilket kan betyda att borrningen nådde berg eller så kommer den ytterligare några meter ner, ungefär där resistiviteten går över 150 Ohmm (fig. 18C). Även vid BH23 något norrut bestod lagerföljden i huvudsak av finsand och resistivitetsmodellen visar 90–130 Ohmm (fig. 18C). Borrningarna visar att den kartlagda isälvsavlagringen är av ringa mäktighet här.

Längs vägen mellan Trolle Ljungby och Tosteberga utfördes en skruvborrning och slagsondering (J7, fig. 4, 18C). Borrningen bestod överst av lera och silt (0–4,3 m) följt av i sand (4,3–15 m) och morän i botten (15–17,8 m). Borrningen avslutades mot block eller berg på 17,8 m djup. Resistiviteten i närliggande punkter ligger mellan 40 och 50 Ohmm ner till 12 m djup varefter resistiviteten ökar mot cirka 100 Ohmm vid botten (fig. 18C). Den låga resistiviteten i intervallet som motsvaras av sand beror troligen på närheten till leriga lager både ovan sanden men det är även troligt att det lateralt finns jordlager med stor inblandning av lera. Dessa lågresistiva områden kan utgöra gamla sjösediment. Under nivån för borrstopp ökar resistiviteten mot över 150 Ohmm vilket vi tolkar som att bergets överyta är nära borrningens avslut.





#### Listerlandet

Jordlagren inom undersökningsområdet Listerlandet uppvisar stor variation i resistivitetssignal. Dels förekommer mycket hög resistivitet på flera hundra Ohmm vilket motsvarar områden med torra isälvsavlagringar och morän, dels finns det mycket lågresistiva jordlager motsvarande leriga sjösediment med resistivitet under 10 Ohmm (fig. 17). Då även den sedimentära lagerföljden uppvisar stor variation resistivitetsmässigt saknas en generell bild för vilket resistivitetsmönster som utgör gränsen mellan jordlager och berggrund i området. I vissa fall har jordlagren en högre resistivitet än berggrunden och i vissa fall är det tvärtom (se till exempel fig. 19A).

Moränområden på Listerlandet förekommer oftast som höjder och har vanligen en resistivitet över 200 i ytan och sedan minskande ner under 100 Ohmm på djupet vilket indikerar en högre vattenmättnadsgrad på djupet. I södra delen av området sammanfaller ofta moränens utbredning med tunna jordlager och höga urbergslägen (fig. 15, 16). Dessa förutsättningar är inte optimala för ATEM-metoden vilket betyder att mycket data rensas bort i dessa områden. Jorddjupet i områden med morän varierar stort från tunna moränavlagringar i områden med urberg till områden med större mäktighet (upp mot 30–40 m) som kan vara kopplade till läsidan av uppstickande urberg (fig. 10, 15).

Isälvsavlagringar inom området har resistivitet på 500 Ohmm i ytan ner mot 100 Ohmm på djupet. De fyra kartlagda isälvsavlagringarna: Sölveavlagringarna, Gammalstorpsåsen, Ysaneavlagringen (även kallad Norjeåsen) och Lörbyåsen (fig. 10) på Listerlandet syns relativt tydligt i resistivitetsdata (fig. 17).

Strax söder om Gammalstorp kyrka utfördes en borrning och slagsondering i jordlagren (J2, fig. 4, 19B). Syftet var att hitta den isälvsavlagring som tolkades finnas på djupet här. Isälvsavlagringen i fråga har kartlagts vid Gammaltstorp kyrka där den ligger i ytan. Vid genomgång av resistivitetsdata syns ett långsmalt område i nordsydlig riktning (se bilaga 2) med en relativt sett högre resistivitet i Vesans annars lågresistiva jordlager. Borrningen gick först genom gyttja och leriga sediment med en mäktighet på 13 m. Därefter kom cirka 20 m med i huvudsak sandiga sediment, varav i alla fall delar anses utgöra själva isälvsavlagringen. Borrningen avslutades med cirka 3 m morän varefter ett grundvattenrör sattes. Grundvattennivån i röret har vid samtliga besök varit svagt artesisk och står cirka 0,2 m över rörets nivå (motsvarar -1,5 m under havets nivå). Vattnet är mycket klart och hade i maj 2021 en temperatur på 10,7 grader och en konduktivitet på 480 µS/cm. Utifrån borrningen kan man tolka lågresistiva (5–20 Ohmm) jordlager i området som gyttja och lera. Dessa kan ha en mäktighet upp mot 40 m. Sand- och grusavlagringarna har en resistivitet på 30–50 Ohmm, det vill säga något lägre än vad som är vanligt för denna jordart, vilket kan hänga ihop med att omgivningarna är så lågresistiva.

Områden med svallsand har generellt en resistivitet på 50–100 Ohmm (fig. 17) vilket är lägre än moränen och medför att dessa jordarter går att skilja med relativt stor tillförlitlighet. Svallsanden är vanligtvis tunn enligt lagerföljdsdata, ofta endast några meter mäktig, och underlagras av morän eller i huvudsak leriga sediment (fig. 19C). I vissa fall verkar det som att sanden kan ha resistivitetsvärden ner mot 30–40 Ohmm, dock är det troligt att det finns lera inlagrat i sanden när det rör sig om så pass låg resistivitet i sand.

Söder om samhället Mjällby-Ljunga utfördes en skruvborrning och slagsondering (J5, fig. 19C). Borrningen bestod i huvudsak av sand, i intervallet 3–6 m med inslag av silt. Borrningen avslutades mot block eller berg på 15,4 m djup. Resistiviteten i närliggande punkter ligger mellan 40 och 70 Ohmm i jordlagren. I figur 19C kan man se att resistiviteten varierar stort längs profilen, framför allt blir jordlagren mer lågresistiva österut. Detta område med resistivitet på 10–30 Ohmm tolkas bestå av lera och kan utgöra gamla sjösediment. Stora delar av jordlagren på Listerlandet har en resistivitet under 20 Ohmm (fig. 17). Flera av dessa områden är kartlagda som torv och lera i den ytliga geologin (fig. 10). Dock visar resistiviteten att stora delar av områdena som består av svallsand i ytan endast är tunna lager med sand som ligger på lera. Tolkningen är att det i flera fall rör sig om tidigare vikar som nu är land och där det svallats ut sand på slutet när de kom upp och blev land. I kustnära lägen har jordlagren ofta en lägre resistivitet än vad de har in mot land, vanligen 10–50 Ohmm (fig. 17, 19A), vilket tolkas som att de kan vara påverkade av Östersjöns bräckta vatten.



**Figur 19.** Resistivitetsmodeller längs profiler och lagerföljder från borrningar. **A**. Från Hultet österut mot Djupekås **B**. Söder om Gammalstorp kyrka vid borrning J2. **C**. Från Mjällby och österut. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 13. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och svart streckad linje för urberget. Profilernas läge visas i figur 17.

## Hydrogeologi i jordlager

Inom undersökningsområdena finns ett antal utpekade grundvattenmagasin i jordlagren varav fem har bedömts ha en sådan uttagsmöjlighet att de även har blivit grundvattenförekomster i vattenförvaltningen (fig. 11). Det är vanligt att dessa områden sammanfaller med större jorddjup (fig. 15) samt isälvsavlagringar (fig. 10). Generellt kan man se att resistiviteten inom de utpekade grundvattenförekomsterna varierar och att det kan krävas lokala noggrannare undersökningar för att säkerställa deras avgränsningar. En möjlig väg är att till exempel dela in jordlagren i tre resistivitetsintervall vilket kan spegla deras förutsättningar för grundvattenuttag. I figur 20 visas en karta som visar tre valda resistivitetsintervall och i figur 21A, B visas en profil genom respektive område som visar samma intervall fast på djupet. Resistivitetsintervallen och dess förenklade hydrogeologiska förutsättningar är:

- 1. > 150 Ohmm: torr sand och grus och morän (gul färg i figur 20 och 21). Jordlager i detta intervall är ofta över grundvattenytan, till exempel de upphöjda delarna av isälvsavlagringar och kan utgöra viktiga infiltrationsområden för grundvattenmagasin men de kan även bestå av torr morän med låga uttags- och sämre infiltrationsmöjligheter.
- 2. 40–150 Ohmm: sand och grus men även morän, under grundvattenytan (grön färg i figur 20 och 21). Jordlager med denna resistivitet har en viss potential att kunna utgöra grundvattenmagasin men kan som sagt även bestå av i huvudsak morän vilket minskar potentialen.
- 3. < 40 Ohmm: i huvudsak lerinblandade sediment och torv (röd färg i figur 20 och 21). Jordlager i detta resistivitetsintervall har lägre potential att utgöra grundvattenmagasin då de kan innehålla mycket lera och eventuellt även ha saltpåverkat grundvatten.



**Figur 20.** Voxelmodell med jordlagren indelade i tre resistivitetsintervall som speglar dess övergripande hydrogeologiska förutsättningar. Lokalisering av profiler som visas i figur 21.



**Figur 21. A**. Profil från NO Kristianstadsslätten, strax söder om Nymölla. **B**. Profil från Listerlandet, från Ryssberget till Djupekås. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 13. Grå heldragen linje är tolkad överyta för berget och streckad svart linje överytan för urberget. Profilernas läge syns i figur 20 där man även kan se teckenförklaring.

#### NO Kristianstadsslätten

Utbredningen av grundvattenförekomsten Vanneberga täcker isälvsavlagringen Gualövsåsen men även stora delar ostsydost om denna (fig. 11, se även Forsgård 2021). Området med större jorddjup fortsätter söderut (fig. 15), ett flertal brunnar visar sand och grus och resistivitetssignalen pekar mot att det troligen rör sig om sand och grus vilket gör att det är möjligt att grundvattenförekomsten Vanneberga fortsätter mot sydost och området vid Vanneberga fure.

Stora delar av området täcks av svallsandsavlagringar som vanligen har en resistivitet mellan 40 och 150 Ohmm. I dessa avlagringar återfinns sannolikt ett antal akviferer. Det finns lagerföljdsinformation och resistivitetsdata som tyder på att det inte är tal om bara sand- och grusavlagringar utan det finns även morän och lera i dessa områden.

Områden och nivåer med störst potential har vanligtvis en resistivitet som ligger i intervallet 60–120 Ohmm som får ses som ett medelvärde för sand- och grusavlagringar under grundvattenytan. I många fall vittnar lagerföljdsdata om att svallsanden endast är tunn och överlagrar lågresistiva jordlager som troligen är av mindre grundvattenintresse.

Jordlager nära kusten har ofta en relativt låg resistivitet, i flera fall under 40 Ohmm (fig. 20) vilket tyder på att de kan vara påverkade av Östersjöns bräckta vatten.

Den generella grundvattenströmningen i jordlagren följer troligen topografin och är riktad österut mot havet. Ett undantag är området mellan Bromölla och Nymölla där det ytliga grundvattenflödet troligen är riktat mot ytvattendraget Skräbeå som därmed kan ha en dränerande effekt på jordlagren.

#### Listerlandet

Den varierande topografin på Listerlandet, med höga urbergslägen, har med stor sannolikhet en stor påverkan på såväl grundvattendelare, grundvattnets transportväg samt grundvattenbildning även i jordlagren.

I figur 20 visas områden med lågresistiva (under 40 Ohmm) jordlager vid markytan. I dessa områden finns det, med stor sannolikhet, små möjligheter för större grundvattenuttag då dessa områden till stor del består av torv, gyttja och lera. Det rör sig framför allt om ett område som sträcker sig från Vesan i norr och söderut mot Mjällby och Istaby. Detta område sammanfaller med de lägst liggande områdena på Listerlandet.

Borrningen J2 (fig. 19B) utfördes i Vesan för att se om isälvsavlagringen Gammalstorpsåsen kunde återfinnas i de lågresistiva gyttje- och lersedimenten tillhörande Vesan. Borrningen kom ner i isälvsmaterial med ett artesiskt tryck på grundvattnet (0,2 m över rörets överkant, tabell 1). Vattnet är klart med en normal konduktivitet (480 µS/cm) och inga förhöjda kloridhalter. Man kan även se att vad som verkar vara sand- och grusavlagringar sträcker sig norrut under Vesan från Sölveplatån N (jämför med fig. 11). Det betyder att grundvattenförekomsten Sölveplatån norr kan förlängas norrut eller om man väljer att skapa en ny grundvattenförekomst som kan kopplas ihop norrut med Gammalstorpsåsen. Sölveplatån S gränsar mot det lågresistiva området öster om isälvsavlagringen och avgränsningen här är troligen korrekt då det inte finns några tecken på att det återfinns sand och grus under leran här.

Grundvattenförekomsten Lörbyåsen (fig. 11) har en nordlig del med relativt högresistiva isälvsavlagringar i ytan. Här är stora delar av akviferen troligtvis torra och uttagskapaciteten inte så stor. Längre söderut är förekomsten kartlagd att göra en tvär sväng österut och sedan söderut igen. Här ligger åsen under svallsand, men resistivitetsvärden pekar också på att det finns en hel del leriga jordlager här vilket kan skapa grundvattendelare och mindre uttagsmöjligheter på grund av minskad utbredning av isälvsmaterial.

Grundvattenförekomsten Norjeåsen (fig. 11) är relativt liten och sträcker sig norrut från där det finns isälvsavlagringar i ytan. Här verkar resistiviteten peka mot relativt goda förhållanden men precis norr om finns en del lågresistiva lager kopplat till torvlagren. Längre norrut stiger resistiviteten igen och visar nu på bättre förhållanden. Det är osäkert om det finns kontakt mellan de södra och norra delarna av åsen.

Stora delar av Listerlandet ser enligt jordartskartan ut att bestå av svallsandsavlagringar (fig. 10). Som visat i avsnittet om *Jordlager* är dessa ofta relativt tunna och underlagras ofta av lerigare jordarter eller morän. Det tydligaste exemplet för detta är området mellan Sölveplatån och Mjällby (jämför fig. 20) där det troligen finns en stor andel lera och inte särskilt goda förutsättningar för grundvattenuttag i jordlagren här.

#### Kritberget

I figur 22 visas resistivitetsvärdet vid den sedimentära berggrundens överyta i de båda undersökningsområdena. Resistiviteten är generellt över 100 Ohmm, förutom i de nordvästra delarna av Listerlandet där resistiviteten är under 60 Ohmm. I figur 23 visas en profil som går genom båda undersökningsområdena. Resistiviteten varierar stort inom den sedimentära berggrunden både på djupet och lateralt. Områden med lägre resistivitet motsvarar ofta en lerigare sammansättning på det sedimentära berget eller påverkan av salt grundvatten. Områden med resistivitet över 150 Ohmm är oftast sammankopplade med områden med endast tunn sedimentär lagerföljd (jämför med figur 24) och ytliga urbergsförekomster som vid södra delarna av Listerlandet men kan också motsvara den högresistiva delen av den sedimentära berggrunden.

![](_page_35_Figure_2.jpeg)

**Figur 22.** Undersökningsområdena med resistivitet vid det sedimentära bergets överyta. Resistivitetsvärden från den interpolerade 3D-gridden. Lokalisering av profiler som visas i figur 23, 25, 26, 27, 29, 30 och 32.

![](_page_35_Figure_4.jpeg)

**Figur 23**. Profil genom de båda undersökningsområdena. Profilens läge och teckenförklaring för resistiviteten syns i figur 22. Resistivitetsvärden från den interpolerade 3D-gridden. Grå heldragen linje är tolkad överyta för berget och streckad svart linje överytan för urberget.

I figur 24 visas den modellerade mäktigheten för de sedimentära bergarterna inom undersökningsområdet. Även kaolinlera ingår i denna mäktighet vilket gör att mäktigheten ofta är något större i figur 24 än vad den faktiska mäktigheten för kritberget är (jämför diskussion i avsnittet *Undersökningsområde Berggrund*). Mäktigheten är större i området NO Kristianstadsslätten där medelmäktigheten är över 100 m medan densamma är mindre än 100 m på Listerlandet. I figur 25 visas en profil med jordlager, den sedimentära berggrunden samt urberget som tolkats baserat på resistivitetsvärdena i samma profil (fig. 23). Mäktighetsuppgifterna i norra delarna av NO Kristianstadsslätten är betydligt större än tidigare känt.

![](_page_36_Figure_1.jpeg)

**Figur 24.** Den sedimentära berggrundens mäktighet inom undersökningsområdena. Notera att eventuella förekomster av kaolinlera ingår i den modellerade mäktigheten i denna figur vilket gör att mäktigheten egentligen kan vara mindre.

![](_page_36_Figure_3.jpeg)

**Figur 25.** Profil genom de båda undersökningsområdena med geologisk tolkning. Profilen är den samma som i figur 23 och dess läge syns i figur 22.

#### NO Kristianstadsslätten

Kritberget inom området har ett resistivitetsintervall mellan 10 och 400 Ohmm (fig. 26). Gränsen mot de överliggande jordlagren kan tolkas med relativt stor säkerhet i stora delar av området då den övre delen av kritberggrunden ofta har en högre resistivitet än jordlagren har på detta djup. Vanligen har denna övre kritberggrund en resistivitet mellan 100 och 400 Ohmm. Mäktigheten på detta högresistiva lager varierar vanligen mellan 40 och 120 m med mäktigare lager i sydväst och mindre mäktiga i nordost (fig. 26). I bilaga 2 kan man även se att den högresistiva delen är mindre mäktig väster om en linje mellan Östra Ljungby och Vanneberga samt i området söder om Bromölla. Variationer inom lagerföljden såväl på djupet som geografiskt finns med både horisonter och områden med resistivitet i den lägre som den högre delen av resistivitetsintervallet om vartannat (fig. 26).

Ett stort antal brunnar i Brunnsarkivet visar på en lagerföljd som förenklat kan beskrivas med; överst en kvartsrik kalksten eller karbonatrik sandsten (motsvarande den relativt högresistiva berggrunden) som underlagras av glaukonitsand (se även avsnittet *Undersökningsområde Berggrund*). Denna förändring i litologi motsvaras ofta av en relativ resistivitetssänkning med 20–30 Ohmm. Det är svårt att säga en specifik övergångsresistivitet, det är den relativa sänkningen man får titta efter. Skiftet i resistivitet kommer på 40 till 110 m djup beroende på var man befinner sig (jämför resistivitetsvärden i figur 26). Dessa djupnivåer stämmer relativt väl överens med lagerföljdsdata från Brunnsarkivet. Glaukonitsanden är ofta så okonsoliderad och så vattengivande att det är sällan borrningar går mer än några meter ner i denna formation.

Under den ovan beskrivna kritberggrunden följer en, 20 till 50 m mäktig, lagerföljd med lågresistiva bergarter i intervallet 10–60 Ohmm. Denna del av berggrunden ligger vanligen 100 m under havsytan (fig. 26). Resistiviteten är oftast lägre (10–30 Ohmm) i den södra delen av undersökningsområdet där mäktigheten också verkar vara som störst samt ligger som djupast. Vi tolkar den låga resistiviteten som att det består av leriga sediment, kaolinlera och att det troligen finns saltpåverkat grundvatten i denna del av lagerföljden (se vidare diskussion i avsnittet *Hydrogeologi i berggrunden*).

![](_page_37_Figure_4.jpeg)

**Figur 26.** Profil genom undersökningsområdet NO Kristianstadsslätten. Profilen går från Valje i norr via Gualöv och vidare söderut förbi Vanneberga. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och svart streckad linje tolkad urbergsyta. Profilens läge syns i figur 22. Resistivitetsvärden från den interpolerade 3D-gridden, se figur 13 för teckenförklaring.

#### BH23 - Bromölla

Strax väster om Nymölla pappersbruk utfördes en borrning (BH23) med syfte att ta reda på berggrundens beskaffenhet i förhållande till resistivitetssignalen samt förutsättningarna för grundvatten i området (fig. 27, 28). Området består av tallskog och kalhygge med sandiga jordlager men med relativt stora mängder urbergblock. I slutet av mars 2021 låg grundvattennivån cirka 2,2 m under marknivån. Borrhålet loggades med ett temperatur- och konduktivitetslod. Temperaturen låg mellan 9 och 10 °C. Konduktiviteten låg mellan 330 och 560 µS/cm ända ned till borrhålets djup på cirka 60 m djup. Kemisk analys på ett vattenprov från borrningen har utförts och visar på en god vattenkvalitet vad gäller samtliga parametrar.

Vid borrningen togs kaxprov som senare bestämdes av SGU. Under jordlagren bestående av sandig morän kommer en kvartsrik skalgruskalksten med ökande andel glaukonit och kornstorlek nedåt (fig. 28, bilaga 1). Även resistiviteten ökar nedåt i närliggande resistivitetssondering från cirka 80 till över 200 Ohmm. Därefter kommer man ner i en betydligt finkornigare kalksten med inslag av flinta. Här höjs resistiviteten ytterligare och går upp över 300 Ohmm. Tolkningen är att det är inblandningen av flinta som höjer resistiviteten. Vid cirka 45 m sker en relativ sänkning av resistiviteten vilket tolkas motsvara en ökad mängd lera i kalkstenen. Underst i borrningen finner vi en glaukonitisk sandsten med en resistivitet på strax över 200 Ohmm. Även övergången till glaukonitsanden visar en relativ sänkning av resistiviteten.

Det understa lagret hade vid borrtillfället en vattenföring på 15 000 l/tim, dock med hög andel finmaterial. Den i huvudsak glaukonitiska kalkstenen vid 22–29 m hade en vattenföring på 9 000 l/tim och en resistivitet på cirka 220 Ohmm (fig. 28). Den mellanliggande mer högresistiva berggrunden hade en lägre kapacitet vid blåsning av borrhålet (6 000 l/tim) och en högre resistivitet (280–320 Ohmm).

![](_page_38_Figure_4.jpeg)

**Figur 27.** Resistivitetsmodeller vid borrningen BH23 Bromölla, samt dess lagerföljd. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 13. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och svart streckad linje tolkad urbergsyta. Profilens läge syns i figur 22.

![](_page_39_Figure_0.jpeg)

Koordinater:N 6210968/465552 E

Höjd m ö. h.: 8 m

Totaldjup: 61 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-12-09

![](_page_39_Picture_5.jpeg)

Kvartsrik kalksten

Sand/sandsten

Sandsten, karbonatrik

Glaukonitisk sandsten

Ålder	Djup, m	Dominerande litologi	Glaukonit Flinta Fossil	ATEM Resisitivity, Ohmm	Beskrivning	Övrigt
 Kvartär	- 0			132 119 101 88	Blandad jord; sten, lera, sand och grus, bedömt som sandig grusig morän	Kaxprov varje meter för hela borrningen GV-yta 2,81 m under my efter 1 dygn
×	-10 — - - - - - - - -		glau	84 94 120	Kvartsrik kalksten (skalgruskalksten med kvarts), fin-medelkornig, glaukonitisk,	
	-20 -		glau	164	relativt lös	
ampan	-		glau foss	222	Kvartsrik kalksten (skalgruskalksten med kvarts), grövre jämfört med ovan liggande lager, glaukonitisk, relativt lös	ca 9000 I/tim
0	-30		-2564/975	282		Foderrör till 30 m
	-40 -		flinta	326	Finkornig kalksten (kalcilutit), ljusgul, varierande hårdhet, delvis med grå flinta	
×	-		flinta flinta	324	Lerig kalksten/märgel, mörk grågrön,	ca 6000 l/tim
Santon	-50 — - - - -		flinta	281	iorkisiau, naru, tat, kantiga dorrkax	Blåening >15000
Cenoman <	-60 -		glau glau glau	229	Sand/sandsten, finkornig i toppen till mycket grovkornig i botten, glaukonitisk	I/tim

**Figur 28.** BH23 Bromölla. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. 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.

#### Listerlandet

En stor del av det sedimentära berget på Listerlandet har en resistivitet som ligger under 30 Ohmm vilket dels kan tolkas som att lerhalten är hög, dels att grundvattnet är saltpåverkat. I resistivitetsdata syns även tre större områden på Listerlandet med ett lågresistivt lager (5–30 Ohmm) i den sedimentära berggrunden. Borrning BH20 visade tydligt att det är vit lera med resistivitet i medeltal 40 Ohmm som tolkas vara kaolinlera. Kaolinlera är vittrat urberg men behandlas i detta avsnitt då det är en lös bergart som dessutom är svår att skilja från den lågresistiva kritberggrunden men enkel att skilja från det fasta urberget som har en betydligt högre resistivitet. Såväl förekomst som mäktighet varierar stort inom undersökningsområdet. Mäktigheten på kaolinlagren verkar vara större i de norra delarna av undersökningsområdet. Dessa lågresistiva områden kan även tolkas motsvara sedimentär berggrund med ett saltpåverkat grundvatten. (se diskussion i *Hydrogeologi i berggrunden*). Tidigare beskrivningar av kaolinförekomst baseras på borrningar och har tolkats finnas framför allt i svackor medan uthålliga lager visas i resistivitetsdata.

Resistivitetssignalerna från kritberggrunden uppvisar huvudsakligen tre resistivitetsintervall: hög, mellan och låg resistivitet (fig. 29). Det som verkar skilja är halten av kvarts och kalk. Kalkstenen har vanligen en högre resistivitet och sandstenen en lägre. De sedimentära bergarterna ligger relativt tydligt planlagrat i olika nivåer. Det är nödvändigtvis inte så att en viss resistivitet indikerar att det tillhör ett visst lager av en viss ålder men det pekar mot i vilka olika miljöer sedimenten avsatts i. De lagerföljder som är högresistiva (över 300 Ohmm) har en högre kalkhalt, baserat på jämförelser i borrningar på de ställen där det finns specificerat. Ganska ofta har vi endast sandsten eller kalksten ospecificerat. Det kan även finnas flera lager med högt och lågt om vartannat.

![](_page_40_Figure_3.jpeg)

**Figur 29**. Profil genom undersökningsområdet Listerlandet. Profilen går från Norje söderut mot Sölvesborg, österut mot Mjällby och återigen söderut mot Hällevik. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och svart streckad linje tolkad urbergsyta. Profilens läge syns i figur 22. Resistivitetsvärden från den interpolerade 3D-gridden, se figur 13 för teckenförklaring.

#### BH20 - Lörby

Vid Lörby utfördes en borrning med syfte att studera berggrundens beskaffenhet i förhållande till resistivitetssignalen samt förutsättningarna för grundvatten (fig. 30, 31). Närområdet består av odlad mark och mindre områden med björk och tallskog. Vid besök i mars 2021 var grundvattennivån cirka 27 m under marknivå medan den var 18,5 m under marknivån i maj. Det är lite märkligt och stämmer inte med att det oftast är högre i mars än i maj i dessa delar av Sverige. Detta talar för mycket dåligt tillflöde till borrhålet. Borrhålet loggades med ett temperatur- och konduktivitetslod. Temperaturen var cirka 9 °C. Konduktiviteten var mycket hög, över 8 000  $\mu$ S/cm i nästan hela borrhålet, dock var konduktiviteten lägre, cirka 4 000–5 000  $\mu$ S/cm vid borrhålets botten på 57 m djup. Det tyder på att det kan förekomma en viss skiktning i borrhålet. Vid test med hjälp av en så kallad kloridsticka hade grundvattnet en kloridhalt på 645 mg/l vilket visar på ett rejält salt grundvatten.

De översta 7 m består av sandig morän med resistivitet under 70 Ohmm. Den översta berggrunden består av en lerig kalksten med inslag av förkislade intervall i form av flinta. Resistiviteten ligger på 70–130 Ohmm. Därunder sänks resistiviteten vilket motsvarar en övergång till en mer kvartsrik och glaukonitisk kalk- och sandsten (fig. 31). Underst i borrhålet finns kaolinlera som troligen är anledningen till de riktigt låga resistivitetsvärdena (under 30 Ohmm) som syns i närliggande resistivitetssonderingar (fig. 31). Det är troligt att borrningen närmar sig urbergsytan då vi ser en höjning av resistiviteten som tyder på det (fig. 31) samt att vi hittar urbergsfragment i borrkaxet.

Borrningen gav i princip inget vatten alls vid utförandet. Trots att det finns en för ändamålet lämplig berggrund i form av glaukonitsand (3 m mäktig, fig. 31) fanns det inget vatten vid borrtillfället. Det är troligt att den överliggande berggrunden är tät vilket tolkas bero på inlagringen av täta flinthorisonter som troligen gör att väldigt lite grundvatten bildas här.

![](_page_41_Figure_4.jpeg)

**Figur 30.** Resistivitetsmodeller vid borrningen BH20 Lörby, samt dess lagerföljd. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 13. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och svart streckad linje tolkad urbergsyta. Profilens läge syns i figur 22.

# Borrhål: Lörby 1:3

Koordinater:N 6215884/480932 E

Höjd m ö. h.: 5 m Totaldjup: 54 m

Utfört av/datum: HP Borrningar AB/2020-12-18

![](_page_42_Picture_4.jpeg)

Sand/sandsten Kaolin

![](_page_42_Figure_8.jpeg)

Figur 31. BH20 Lörby. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. 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.

#### BH22 - Mjällby

Strax norr om Mjällby utfördes en borrning med syfte att utreda berggrundens beskaffenhet i förhållande till resistivitetssignalen samt förutsättningarna för grundvatten i området (fig. 32, 33). Borrningen är lokaliserad till ett område med låglänt och flack terräng som domineras av åkermark (fig. 6). Västerut återfinns urbergshöjden som kallas Ryssberget. I området finns blandad bebyggelse, gårdar och det står vatten i markytan på vissa ställen. Området har ytliga lätta jordar, det finns storskaligt bevattningssystem i området med grunda diken och tätt mellan upptagsuttagen.

I slutet av mars 2021 låg grundvattennivån cirka 0,6 m under marknivån medan den var cirka 1,0 m under markytan i maj. Borrhålet loggades med ett temperatur- och konduktivitetslod. Temperaturen var i slutet av mars mellan 8 och 10 °C medan konduktiviteten låg mellan 250 och 500  $\mu$ S/cm vid båda besöken. Vid test med hjälp av en så kallad kloridsticka hade grundvattnet en kloridhalt på 33 mg/l vilket är ett relativt normalt värde för grundvatten från detta område.

De översta 9 m består av sandig morän med en resistivitet under 70 Ohmm. Under moränen kommer en kvartsrik skallgruskalksten som överst är relativt lös och har en resistivitet över 100 Ohmm. Andelen flinta i kaxproven ökar nedåt vilket även resistiviteten gör, som högst går värdena upp mot 280 Ohmm (fig. 33). Mellan 33 och 40 m består berggrunden av en karbonatrik sandsten, även denna med flinta. De undre 20 m har kvartsrik kalksten och nedåt sjunkande resistivitet, från 179 till under 100 Ohmm (fig. 33). I borrkaxet finns urbergsfragment som pekar mot att det kan finnas konglomerat i kalkstenen.

Flödet vid borrningen var mycket låg, endast 300 l/tim. Vattnet är färgat och har en relativt unken lukt. Tolkningen är att flödet i brunnen är lågt och att vattnet är stillastående. Den stora mängden av inlagringen av täta flinthorisonter är troligen en av anledningarna till låg grundvattenbildning och uttagskapacitet.

![](_page_43_Figure_5.jpeg)

**Figur 32.** Resistivitetsmodeller vid borrningen BH22 Mjällby, samt dess lagerföljd. Terrängytan är draperad med färgkodning från jordartskartan. För teckenförklaring för jordartskarta, resistivitetsvärden och lagerföljder se figur 13. Grå heldragen linje är tolkad överyta för det sedimentära berget och streckad svart linje tolkad urbergsyta. Profilens läge syns i figur 22.

# Borrhål: Mjällby 2:63

Koordinater:N 6212544/479974 E Höjd m ö. h.: 7 m Totaldjup: 60 m

![](_page_44_Picture_2.jpeg)

Kvartära avlagringar

Kvartsrik kalksten

Sandsten, karbonatrik

![](_page_44_Figure_6.jpeg)

Figur 33. BH22 Mjällby. Till vänster visas en litologisk logg för borrhålet som är en geologisk tolkning av borrkax och övriga data. 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.

## Urberget

Urbergets överyta kan inom de båda undersökningsområdena bestämmas med relativt stor säkerhet (fig. 34). I vissa delar på Kristianstadsslätten och i stort sett på hela Listerlandet verkar djupet till urberget dock vara så stort att det är under DOI (Depth Of Investigation), det vill säga resistivitetsdata är mer osäker här. Urberget som består av granit och gnejs (fig. 7) har en högre resistivitet än den pålagrade sedimentära berggrunden. I vissa områden, framför allt på Listerlandet, finns en övergångszon med kaolinvittrat urberg som även denna har en låg resistivitet vilket gör att den i vår undersökning tillförs det sedimentära berget. Dessutom har den understa delen av den sedimentära lagerföljden tolkats vara påverkad av salt grundvatten i stora delar av undersökningsområdena vilket också syns i den låga resistiviteten. Gränsen för urberget tolkas vanligtvis till den nivå där resistiviteten ökar igen på djupet (ofta över 100 Ohmm, se till exempel fig. 30, 32). Det betyder att det i de flesta fallen är ett relativt fast urberg under den nivå som modellen uppvisar. I flera fall är djupet till urberget större än vad man tidigare känt till.

I undersökningsområdet på Kristianstadsslätten har urbergets överyta en tydlig lutning mot sydväst med en skillnad på upp till 200 m (fig. 34). I höjd med Tosteberga finns en urbergsklack som avviker något från mönstret. Möjligen sträcker sig denna urbergsrygg vidare västerut men något djupare. Djupet till urbergets överyta är på gränsen till vad metoden kan hantera och nära DOI varför djupet kan vara något osäkert i delar med störst djup. I framför allt de norra delarna av området är det betydligt djupare till urberget än vad man tidigare tolkat.

På Listerlandet ligger urbergets överyta generellt relativt ytligt, i vissa fall finns även större områden med hällar där urberget sticker upp ur den sedimentära berggrunden (fig. 34). Topografin på urbergets överyta är markant med stora skillnader på relativt korta avstånd. De områden som syns tydligt som högt liggande i figur 34 är områden med tidigare kartlagd häll. En i huvudsak nordsydlig riktning verkar finnas på urbergsryggarna.

![](_page_45_Figure_4.jpeg)

Figur 34. Urbergsytans nivå i RH2000.

Flyggeofysiska mätningar över undersökningsområdet har utförts i SGUs regi sedan 1981. Flygriktningen var öst–västlig med ett linjeavstånd på 200 m och ett mätpunktavstånd på cirka 40 m. Den nominella flyghöjden var 30 m. I figur 35 visas det polreducerade magnetiska residualfältet vilket innebär att data är filtrerad och bearbetad så att anomalier ska ligga rakt ovanför källan och att data ska representera den översta kilometern av berggrunden. Magnetfältsmönstrets ursprung är i huvudsak från urberget och dess variationer i magnetiska mineral. Utifrån magnetfältsbilden har lineament identifierats, vilka också visas i figur 35. Ett lineament är ett linjärt avbrott i magnetfältsmönstret. Detta underlag kan tillsammans med andra utgöra en grund för tolkning av strukturella företeelser som deformations- och sprickzoner i urberget. Vissa lineament överensstämmer med tolkningar vi gjort för den sedimentära berggrundens mäktighet (fig. 24) och urbergets topografi (fig. 34).

Magnetfältsmönstret inom undersökningsområdet för NO Kristianstadsslätten är i jämförelse med Listerlandet mer dämpat, med mjukare variationer (fig. 35). Detta antas bero på att urberget ligger djupare här (fig. 34). Vad urberget består av här är okänt då inga urbergsblottningar finns i området. Den sydligaste delen av Listerlandet (söder om öst–västligt lineament) är högmagnetiskt och har kraftiga anomalier. I detta område består urberget av Karlshamnsgranit och det förekommer en hel del urbergsryggar som sticker upp genom den sedimentära berggrunden. I den norra delen av Listerlandet är däremot magnetfältsmönstret lite annorlunda med svagare anomalier och mer böjda linjära strukturer. Detta mönster antas härröra från att urberget i området består av metavulkaniska bergarter, som också kommer fram i dagen vid de fåtal hällar som finns i området (till exempel Ysane, se avsnitt *Berggrund/Urberget*).

![](_page_46_Figure_2.jpeg)

**Figur 35.** Magnetisk residualanomali. Rosa-lilafärgade områden är högmagnetiska medan blå är lågmagnetiska. Tolkade lineament visas som vita streckade linjer. Den magnetiska residualen är uttryckt som skillnaden mellan det polreducerade totalfältet och en analytisk uppåträkning till 1 km.

## Hydrogeologi i berggrunden

Bergborrade brunnar kan ha ett filter längst ner och ta vatten från en specifik horisont eller vara öppna, det vill säga ta vatten från ett större intervall. För att testa vad resistiviteten var vid brunnens botten tog vi ut statistik för detta. 85 % av resistivitetsvärdena vid brunnarnas bottennivå ligger mellan 90 och 210 Ohmm och 65 % mellan 90 och 160 Ohmm. Lagerföljdsinformation från borrprotokollen visar att det vid denna nivå oftast rör sig om glaukonitsand som underlagrar en mer högresistiv kalksten. Det finns dock undantag där brunnen avslutats i vad som betecknas som kalksten men även då rör det sig oftast om en resistivitet under 150 Ohmm. Det viktiga är att det i nästan samtliga borrningar rör sig om en relativ sänkning av resistiviteten vid övergången till glaukonitsand från kalksten. I figur 36 visas mäktigheten på det sedimentära berget som har en resistivitet under 30 Ohmm. Dessa lager har en resistivitet som tolkas som att grundvattnet har en saltpåverkan eller förekomst av kaolin.

#### NO Kristianstadsslätten

Den brunn som utfördes av SGU (BH23 Bromölla, fig. 28) gav mellan 6 000 och 15 000 l/tim vid kapacitetstest. Det största flödet kommer från glaukonitsanden på 56–60 m djup. Detta intervall har en resistivitet strax över 200 Ohmm och det sker en relativ sänkning av resistiviteten vid övergången till glaukonitsanden från den mer högresistiva och överliggande kalkstenen. De östra delarna av undersökningsområdet (se bilaga 2) saknar eller har en mindre mäktig högresistiv kalksten i lagerföljden, vilket pekar på något bättre förutsättningar för grundvattenuttag här.

Precis som mäktigheten på det sedimentära berget (fig. 24) ökar mot sydväst så ökar djupet till den del av berggrunden där risken för saltvatten är som störst (fig. 36). I de norra delarna ligger nivån på -40 m medan den i söder ligger på -170 m. Vid borrningar kustnära är det risk för saltpåverkat grundvatten längs hela kusten, framför allt om det är tänkt att det ska ske stora uttag.

#### Listerlandet

Den markant varierande topografin på urbergets överyta har med stor sannolikhet en betydande påverkan på var det finns grundvattendelare, grundvattnets huvudsakliga transportriktningar samt grundvattenbildningen till akvifererna i det sedimentära berget. I närheten till områden med högt liggande urberg (fig. 34) är det svårt, utifrån resistivitetsdata, att urskilja var gränsen mellan urberg och sedimentärt berg går. I områden med dessa höga urbergslägen är det vanligt med högresistiv sedimentär berggrund vilket kan peka på förekomst av sandsten (se diskussion i avsnittet om *Berggrund*). Dessa områden kan stå för en väsentlig del av nybildningsområdena för grundvatten till det sedimentära berget, framför allt om där även finns infiltrationsbenägna jordlager.

De två brunnar som utfördes av SGU i detta projekt gav i princip inget vatten vid utförandet. Brunnarna ligger cirka 4 km från varandra och har olika berggrund (fig. 31, 33) och grundvattennivåerna och konduktivitet skiljer stort. Vår tolkning är att kalkstenen som innehåller ett stort antal flinthorisonter är tät vilket minskar uttagsmöjligheterna. I vissa områden finns även täta jordlager vilket ytterligare minskar den lokala grundvattenbildningen.

I höjd med Sölvesborg och Mjällby ligger nivån för lågresistivt berg på cirka -20 m, i de centrala delarna på cirka -10 m och i norr på cirka -30 m (fig. 36). Nära kusten är det risk för saltpåverkat grundvatten för i princip alla borrningar i berg. I SGUs kemiarkiv finns ett relativt stort antal kemianalyser från brunnar på Listerlandet. De uppmätta värdena visar på en liknande bild som resistivitetsvärdena även om djupet på brunnarna såklart kan ha en påverkan på resultaten. I figur 22 visas resistiviteten vid det sedimentära bergets överyta. På Listerlandet är det stora delar som har en resistivitet som är nära gränsen för risk för saltpåverkat grundvatten ytligt. I bilaga 2 finns resistivitetskartor för de olika lagerna i resistivitetsmodellen där det går att följa de områden med låg resistivitet som troligen indikerar kloridhaltigt grundvatten.

![](_page_48_Figure_0.jpeg)

**Figur 36.** Mäktigheten på sedimentärt berg med en resistivitet under 30 Ohmm. Siffrorna visar på ungefärligt djup (RH2000) av överytan för de lågresistiva lagren. Borrningar till detta djup riskerar saltpåverkat grundvatten. Brunnar på Listerlandet visar kloridhalt. Gränserna är satta efter tillståndsklassning i SGUs Bedömningsgrunder (SGU-rapport 2013:01).

# SLUTSATS OCH DISKUSSION

Undersökningen med helikopterburen TEM över NO Kristianstadsslätten och Listerlandet har resulterat i insamling av en stor mängd resistivitetsdata vilken legat till grund för den inledande geologiska och hydrogeologiska tolkning som presenteras i denna rapport. En djupare analys av resistivitets- och lagerföljdsdata skulle vara mycket tidskrävande och SGU har i detta skede inte haft de möjligheterna. Vi har därför valt att översiktligt beskriva resistivitetsmönster för jord- och berglager för att exemplifiera användbarheten av mätresultaten. I rapporten presenteras också exempel som kan användas av intressenter som till exempel konsulter och handläggare på kommuner och länsstyrelser för att göra fördjupade analyser av de geologiska och hydrogeologiska förhållandena inom områdena. Resistivitetsdata och tolkningar av dessa kan utgöra underlag för utredning av lokalisering av bland annat vattentäkter och vattenskyddsområden.

#### ATEM-metodens möjligheter och begränsningar

ATEM är en effektiv metod för att samla in resistivitetsdata över stora områden. Metoden ger information om jord- och berglager med en detaljeringsgrad som få andra luftburna mätmetoder kan uppnå. Några geologiska förutsättningar bör dock vara uppfyllda för att metoden ska ge tillförlitliga och användbara resultat. TEM-mätningar kräver i princip att det finns ett lågresistivt lager av tillräcklig mäktighet för att den inducerade strömmen ska fortplanta sig genom jord och berg, i annat fall blir signalen bara brus och därmed oftast oanvändbar. Generellt utgörs dessa lågresistiva lager av lerlager, visst sedimentärt berg eller geologiska enheter med saltvattenpåverkat grundvatten. Beräkningsmetoden som används för att gå från insamlade data till resistivitetsmodell kallas inversion. Metoden bygger på ett antagande att resistiviteten endast varierar med djupet, en så kallad endimensionell inversion (1D-inversion). Det betyder att man antar att jordlagren och berggrunden utgörs av horisontella lager. Dock bör man vara medveten om att i områden med till exempel förkastningar och snabba geologiska förändringar kan resistivitetsmodellerna visa en resistivitetsfördelning som inte stämmer överens med verkligheten eftersom antagandena om endimensionalitet inte är uppfyllda. Den inversionsmetod som använts är en så kallad "mjuk" metod som ger gradvisa övergångar av resistiviteten mellan olika lager. Denna metod har fördelen att man får ett bra resultat i de flesta geologiska miljöer medan nackdelen är att det kan vara svårt att identifiera exakta lagergränser. För mer information om bearbetning och inversion av data i detta projekt se Brolin och Dahlqvist (2020). Kopplingen mellan resistivitetsvariationer och de olika geologiska enheterna (tabell 2) kräver både stor kunskap om mätmetoden och databearbetningen men även geologisk och hydrogeologisk kunskap om områdets lokala geologi och geologiska bildningsprocesser.

I rapporten redovisas en översiktlig tolkning och presentation av geologi och hydrogeologi i jordlagren och i den sedimentära berggrunden. I Brolin och Dahlqvist (2020) beskrivs ATEMmetoden ingående med fokus på bearbetning och inversion av data men även en presentation av kvalitetsparametrar för resistivitetsdata. ATEM-data bör i första hand användas för översiktlig tolkning och avgränsning av områden och nivåer. För att kunna bedöma parametrar som uttagsmängd, tillrinningsområden och grundvattenbildning på ett tillförlitligt sätt krävs dock ytterligare undersökningar som till exempel geofysiska markmätningar, borrningar och provpumpningar av brunnar.

#### Geologiska och hydrogeologiska tolkningar

Resistivitetsdata från ATEM-undersökningarna har visat sig utgöra en god bas för att avgränsa jordlager, sedimentärt berg och urberg inom undersökningsområdet. Möjligheten att bestämma gränsen mellan jordlager och den sedimentära berggrunden gör att jorddjupskartan (fig. 15) över området numera är väsentligt förbättrad.

I figur 20 och 21AB visar vi på ett sätt hur man kan använda resistivitetsdata för att spegla förutsättningar för grundvattenuttag. Det är dock viktigt att säga att valda resistivitetsintervall är översiktliga för att passa relativt bra inom hela undersökningsområdet och att man måste anpassa undersökningarna till lokala förhållanden för att få tillräckligt god kvalitet om man till exempel planerar för provborrning. De tre resistivitetsintervall som vi använde och dess förenklade hydrogeologiska förutsättningar kan dock användas till en första översiktlig analys av förutsättningarna för grundvattenuttag.

Baserat på resistivitetsdata har vi tagit fram en karta med förekomst av lågresistiv sedimentär berggrund som tolkas vara påverkad av grundvatten med en förhöjd kloridhalt (fig. 36). Vissa delar av denna berggrund kan bestå av leriga sediment i flera fall troligen kaolinlera. Oavsett detta, kan man använda resistivitetsdata för att se inom vilka områden och till vilka nivåer man inte bör borra till för att riskera saltpåverkat grundvatten eller att man borrar ner i kaolinleran. Brunnar i dessa områden till dessa djup löper stor risk för dålig vattenkvalitet och låg kapacitet.

Den del av berggrunden som sannolikt har de bästa uttagsmöjligheterna har vanligen en resistivitet på 90–210 Ohmm och oftast inom intervallet 90–110 Ohmm (se avsnittet *Hydrogeologi i berggrunden*). Vid brunnsborrning inom undersökningsområdena kan man med hjälp av resistivitetsdata ta reda på ungefär vid vilken nivå den något mer vattengivande glaukonitsanden förekommer på den plats man vill borra (jämför djup i till exempel figur 26). Man kan också använda data till att leta upp områden med mäktig sedimentärt berg i detta resistivitetsintervall, något som kanske framför allt kan vara till hjälp för kommuner eller lantbrukare med stora arealer som kan välja mellan möjliga uttagspositioner.

En enkel geologisk 3D-modell med tre lager bestående av jordlager, sedimentärt berg och urberg har skapats för undersökningsområdena (fig. 37). Den geologiska 3D-modellen gör att vi har kunnat uppdatera mäktigheten på den sedimentära berggrunden (fig. 24), framför allt när det gäller de nordliga delarna av NO Kristianstadsslätten är mäktigheten större än man tidigare haft kännedom om. Resistivitetsdata kan även användas för att bygga noggrannare modeller med större träffsäkerhet om man har mer underlagsdata och lägger tid på modelleringen. Sådana 3Dmodeller kan användas till modellering av grundvattentransport med mera. Som ett exempel kan resistivitetsdata användas för att förbättra befintlig geologisk och hydrogeologisk modell för Kristianstadsslätten som finns för kritberggrunden inom Kristianstads kommun.

Resistivitetsdata gör det möjligt för SGU att förbättra underlaget på till exempel avgränsningar av grundvattenförekomster i jord och berg. Ett första exempel är Hornaåsen, där delar av förekomsten finns inom undersökningsområdet NO Kristianstadsslätten, där Forsgård (2021) visar hur ATE-data kan användas för kartläggning av grundvattenförekomster i jord på en mer lokal skala. När det gäller grundvattenförekomster i jord är det framför allt sand- och grusavlagringarnas utbredning i tre dimensioner medan det i grundvattenförekomster i berg mer handlar om att man kan avgränsa grundvattenmagasin och revidera förekomster med hjälp av grundvattendelare i form av höga urbergslägen samt gränsen mot saltpåverkat grundvatten.

Undersökningen på Listerlandet och NO Kristianstadsslätten gjordes för att leverera geologiskt underlag till områden med brist på grundvatten men även för att se hur ATEM-metoden fungerar i den geologiska miljö som finns här. Kristianstadsslätten är arealsmässigt stor och erfarenheter från denna undersökning visar att det är möjligt att utföra ATEM-undersökningar i resterande del av Kristianstadsslätten för att förbättra kunskapen om geologin och grundvattenförhållandena.

![](_page_50_Figure_4.jpeg)

**Figur 37.** Utsnitt från den geologiska 3D-modellen för undersökningsområdena. Modellen är sedd rakt söderifrån, den vertikala skalan är överdriven 6 gånger i förhållande till den horisontella och modellen sträcker sig från markytan ned till ett djup på -260 m. Notera speciellt skillnaderna i mäktighet på kritberggrunden i de båda områdena.

## REFERENSER

- Björck, S., 1981: A stratigraphic study of Late Weichselian deglaciation, shore displacement and vegetation history in southeastern Sweden. *Fossils and strata* 14, 256 s.
- 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.
- Christiansen A.V., Auken E. & Sørensen K., 2009: The transient electromagnetic method. I Kirsch R. (eds) Groundwater Geophysics. Springer, Berlin, Heidelberg.
- 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: SkyTEM undersökningar 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.
- Dahlqvist, P., Åkesson, M., Erlström, M., Ising, J., Gustafsson, M., Brolin, C, & Lundberg, F. 2021: Helikopterburna TEM-mätningar i Vombsänkan – Geologiska tolkningar och hydrogeologisk tillämpning. SGU-rapport 2021:23. Sveriges geologiska undersökning, 88 s.
- Daniels, J. & Thunholm, B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. SGU-rapport 2014:14. Sveriges geologiska undersökning, 14 s.
- Erlström, M. & Gabrielson, J., 1986: The Upper Cretaceous clastic deposits of Ullstorp, Kristianstad Basin, Scania. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 107,* 241–254.
- Erlström, M. & Gabrielson, J., 1992: Petrology, fossil composition and depositional history of the Ignaberga limestone, Kristianstad Basin, Scania. *Sveriges geologiska undersökning Ca 80*, 1–30.
- Forsgård, M., 2021: Hornaåsen, Kristianstadsslätten. SGU-rapport 2021:03. Sveriges geologiska undersökning, 13 s.
- Gustafsson, O., Andersson, J-E. & De Geer, J., 1979: Sammanställning av hydrogeologiska data från Kristianstadsslätten. Rapporter och meddelanden 12. Sveriges geologiska undersökning, 84 s.
- Gustafsson, O, Thunholm, B., Gustafsson, M. & Rurling, S., 2005: Beskrivning till kartan över grundvattnet i Skåne län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 15,* 82 s.
- Guy-Ohlson, D., 1984: Albian biostratigraphy of the Sixtorp Bore No. 1, northeast Scania, Sweden. *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 106*, 195–205.
- Hellberg, K., 1971: Inlandsisens recession och den senglaciala strandförskjutningen i västra Blekinge och nordöstra Skåne. *Lunds universitet, naturgeografiska institutionen, Rapporter och notiser 9.* 124 s.

- 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 chronological database and time-slice reconstruction, DATED-1. *Boreas 45*, 45 s.
- Kornfält, K-A. & Bergström, J., 1990: Beskrivning till berggrundskartorna Karlshamn SV och SO. Sveriges geologiska undersökning Af 167–168, 74 s.
- Kornfält, K.-A., Bergström, J., Carserud, L., Henkel, H. & Sundquist, B., 1978: Beskrivning till berggrundskartan och flygmagnetiska kartan Kristianstad SO. *Sveriges geologiska undersökning Af 121*, 120 s.
- Lidmar-Bergström, K., 1981: Kaolin och landformer i Sydsverige. Skånes Naturvårdsförbunds Årsskrift 1981, 17–22.
- Länsstyrelsen, 2021: VISS, Vatteninformationssystem Sverige, Länsstyrelsen. Åtkommen den 5 oktober 2021.
- Malmberg Persson, K., Nyberg, J., Ising, J. & Persson, M., 2014: Skånes känsliga stränder ett geologiskt underlag för kustzonsplanering och erosionsbedömning. *SGU-rapport 2014:20*, Sveriges geologiska undersökning, 29 s.
- Malmberg Persson, K., Nyberg, J., Ising, J. & Rohde, L., 2016: Skånes känsliga stränder erosionsförhållanden och geologi för samhällsplanering. *SGU-rapport 2016:17*. Sveriges geologiska undersökning, 61 s.
- Nilsson, K., 1966: Geological data from the Kristianstad plain, Southern Sweden. Sveriges geologiska undersökning C 605, 32 s.
- Persson, M., 1995: Beskrivning till jordartskartan Karlshamn SO. Sveriges geologiska undersökning Ae 116, 76 s.
- 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.
- Persson, P.O., 1963: En nyupptäckt grottlabyrint i västra Blekinge. Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar 85, 266–273.
- Pousette, J., Fogdestam, B., Gustafsson, O. & Engqvist, P., 1983: Beskrivning och bilagor till hydrogeologiska kartan över Blekinge län. *Sveriges geologiska undersökning Ah 4*, 8 s
- Ringberg, B., 1990: Beskrivning till jordartskartan Karlshamn SV. Sveriges geologiska undersökning Ae 106, 75 s.
- Romson, B. & Eriksson, A., 1967: Sölvesborgs vattenförsörjning. Rapport över utförda orienterande grundvattenundersökningar 1966. AIB. Ärende 13576.00.
- Sandström, O., 1994: Petrology and depositional history of the Campanian strata at Maltesholm, Scania, southern Sweden. Examensarbete i geologi vid Lunds universitet, nr 62, 20 s.
- Stroeven, A. P., Hättestrand, C., Kleman J., Heyman J., Fabel D., Fredin O., Goodfellow B. W., Harbor J. M., Jansen J. D., Olsen L., Caffee M. W., Fink D., Lundqvist J., Rosqvist G. C., Stömberg B., Jansson K. N., 2016: Deglaciation of Fennoscandia. *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.

# BILAGA 1. LAGERFÖLJDER FRÅN UTFÖRDA BORRNING

Id: BH23 Bromölla			
N= 6210968 E	= 465552		
0 – 1 m	sand		
1 – 9 m	finsand/silt, morän		
9 – 11 m	sand/kvartsrik kalksten		
11 – 22 m	kvartsrik kalksten, glaukonit		
22 – 29 m	sandsten, grov, glaukonit		
29 – 38 m	finsandsten, ljus		
38 – 41 m	finsandsten, ljus, flinta		
41 – 43 m	finsandsten, ljus		
43 – 45 m	finsandsten, ljus, vatten		
45 – 55 m	lerig kalksten		
55 – 56 m	finsandsten, ljus		
56 – 58 m	glaukonitsandsten		
58 – 61 m	glaukonitsandsten grov		

Id: BH22 Mjällby

N= 6212544 E	= 479974
0 – 1 m	mull
1 – 4 m	lera fast
4 – 6 m	morän lös
6 – 8 m	morän fast
8 – 9 m	morän/kvartsrik kalksten
9 – 23m	kvartsrik kalksten
23 – 25 m	kvartsrik kalksten med flinta
25 – 33 m	kvartsrik kalksten
33 – 37 m	karbonatrik sandsten
37 – 44 m	kvartsrik kalksten med flinta
44 – 60 m	kvartsrik kalksten, flinta, urberg

Id: BH20 Lörby				
N= 6215884 E	N= 6215884 E= 480932			
0 – 1 m	mull			
1 – 2 m	mull, sand/grus			
2 – 6 m	morän			
6 – 28 m	lerig kalksandsten med flinta			
28 –32 m	kalksandsten			
32 – 34 m	kvartsrik kalksten, fossil			
34 – 37 m	glaukonitisk sandsten grov			
37 – 54 m	kaolin			

# Id: J6 (BMW206991)N= 6210419 = 4646140 - 2 mfinsand2 - 3 mmellansand3 - 4,6 msilt4,6 - 5 mfinsand5 - 8 msilt8 - 11,5 m

#### Id: J7 (BMW206990)

N= 6207939	E= 462524
0 – 0,5 m	mull
0,5 – 2,5 m	lera
2,5 – 4,3 m	silt
4,3 – 5 m	finsand
5 – 15 m	sand
15 – 17,8 m	morän

#### Id: J5 (ELM2020111605)

N= 6211637 E	= 482054
0 – 3 m	sand
3 – 6 m	finsand, silt
6 – 14 m	sand
14 – 14,5 m	sand, grus
14,5 – 15,4 m	sand
15,4 m	berg?

#### Id: J2 (ELM2020111604)

N= 6217383 E	= 477078
0 – 0,7 m	jord, ospec
0,7 – 3,7 m	gyttja
3,7– 4 m	lera
4 – 7 m	lera, silt
7 – 10,2 m	lera
10,2 – 12 m	silt
12 – 13 m	finsand, silt
13– 14 m	sand, grus
14 – 23 m	sand
23 – 24 m	sand, grus
24 – 25 m	sand
25 – 27 m	sand, grus
27 – 33,7 m	sand
33,7 – 36 m	morän
36 m	berg

![](_page_54_Figure_0.jpeg)

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

Bilaga 2.1. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_55_Figure_0.jpeg)

Bilaga 2.2. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_56_Figure_0.jpeg)

Bilaga 2.3. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_57_Figure_0.jpeg)

![](_page_57_Figure_1.jpeg)

![](_page_58_Figure_0.jpeg)

Bilaga 2.5. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_59_Figure_0.jpeg)

![](_page_59_Figure_1.jpeg)

![](_page_60_Figure_0.jpeg)

Bilaga 2.7. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_61_Figure_0.jpeg)

![](_page_61_Figure_1.jpeg)

![](_page_62_Figure_0.jpeg)

Bilaga 2.9. Resistivitet för respektive lager i modellen.

![](_page_63_Figure_0.jpeg)

**Bilaga 2.10.** Resistivitet för respektive lager i modellen.