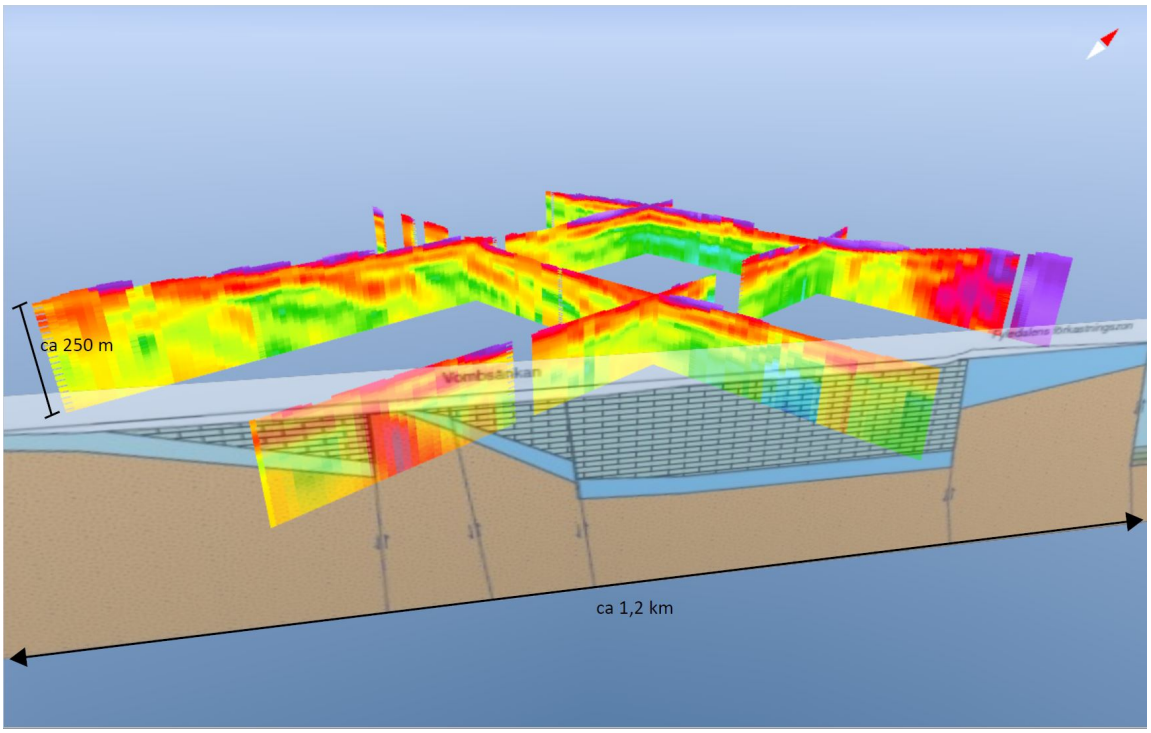
DATARAPPORT

Bearbetning av helikopterburen TEM-data i delar av Skåne och Blekinge

Cecilia Brolin & Peter Dahlqvist

december 2020

SGU-rapport 2020:40



SGU Sveriges geologiska undersökning

Omslagsbild: Vy mot nordväst. Resistivitetssektioner i öst–västlig och nord–sydlig riktning från resistivitets-3D-grid. Resistivitetsvärden enligt figur 10. I förgrunden visas en berggrundsgeologisk typ-profil genom Vombsänkan från kartbladet 2D Tomelilla SV & 1D Ystad NV (Erlström m.fl. 2005).
Illustratör: Cecilia Brolin

Författare: Cecilia Brolin och Peter Dahlqvist
Granskad av: Mehrdad Bastani
Ansvarig enhetschef: Mats Wedmark
Redaktör: Johan Sporrong

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se

www.sgu.se

INNEHÅLL

Inledning....4
Syfte....4
Undersökningsområde....5
Skåne....5
Vombsänkan och Skåne SO....6
Skåne SV 1 och 2....6
NO Kristianstadslätten och Listerlandet....8
Områdesbeskrivning....8
Metodbeskrivning TEM....9
SkyTEM....11
Bearbetning....11
Flyghöjdsdata....12
Sonderingsdata....12
Störningar....13
Signalförstärkning....13
Inversion....14
Resultat....16
Datakvalitet....16
Antal datapunkter....16
Dataresidual....16
Skillnad i flyghöjd....16
Kanaler (Channel number)....16
Djupkänning (DOI)....17
NO Kristianstadslätten och Listerlandet....17
Skåne....17
Referenser....18
Bilaga 1. Inversionsinställningar....19
Bilaga 2. Flyglinjer och resistivitetsmodeller....21
Bilaga 3. Antal datapunkter....31
Bilaga 4. Residual....41
Bilaga 5. Skillnad i flyghöjd....51
Bilaga 6. Kanaler....61
Bilaga 7. Djupkänning (DOI)....71

INLEDNING

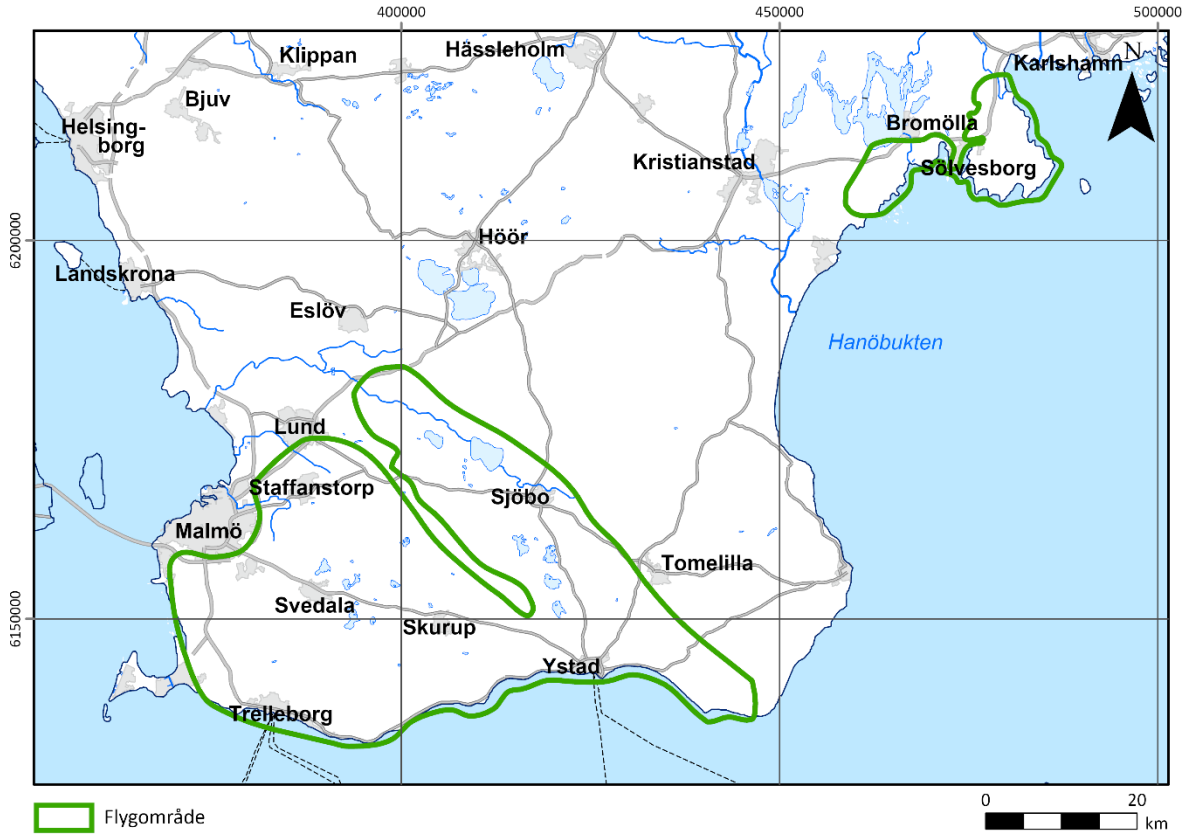
Under oktober och november 2019 utfördes helikopterburna transient elektromagnetiska mätningar (TEM) i Skåne och Blekinge (fig. 1). Områdena innefattar cirka 2 300 km^2 som är täckt av cirka 10 000 linje-kilometer längs vilka det skett datainsamling. Mätningarna har utförts av företaget SkyTEM Surveys ApS på uppdrag av Sveriges geologiska undersökning (SGU). Projektet är del av det regeringsuppdrag som tilldelades SGU mellan 2018 och 2020 som avser utökad kartläggning och karakterisering av grundvattenresurser i utsatta områden. I fem områden har mätningar utförts tätare (100 m mellan flyglinjer istället för 200) då kommuner och VA-bolag med intresse i dessa områden har finansierat tätare mätningar.

Denna rapport är en första delrapport om mätningarna i Skåne och Blekinge. Rapporten fokuserar på databearbetning och geofysiska resultat. Den innehåller en kortfattad beskrivning av själva mätmetoden, samt hur bearbetningen och framtagandet av resistivitetsmodeller går till. Geologiska och hydrogeologiska tolkningar kommer att presenteras i separata rapporter.

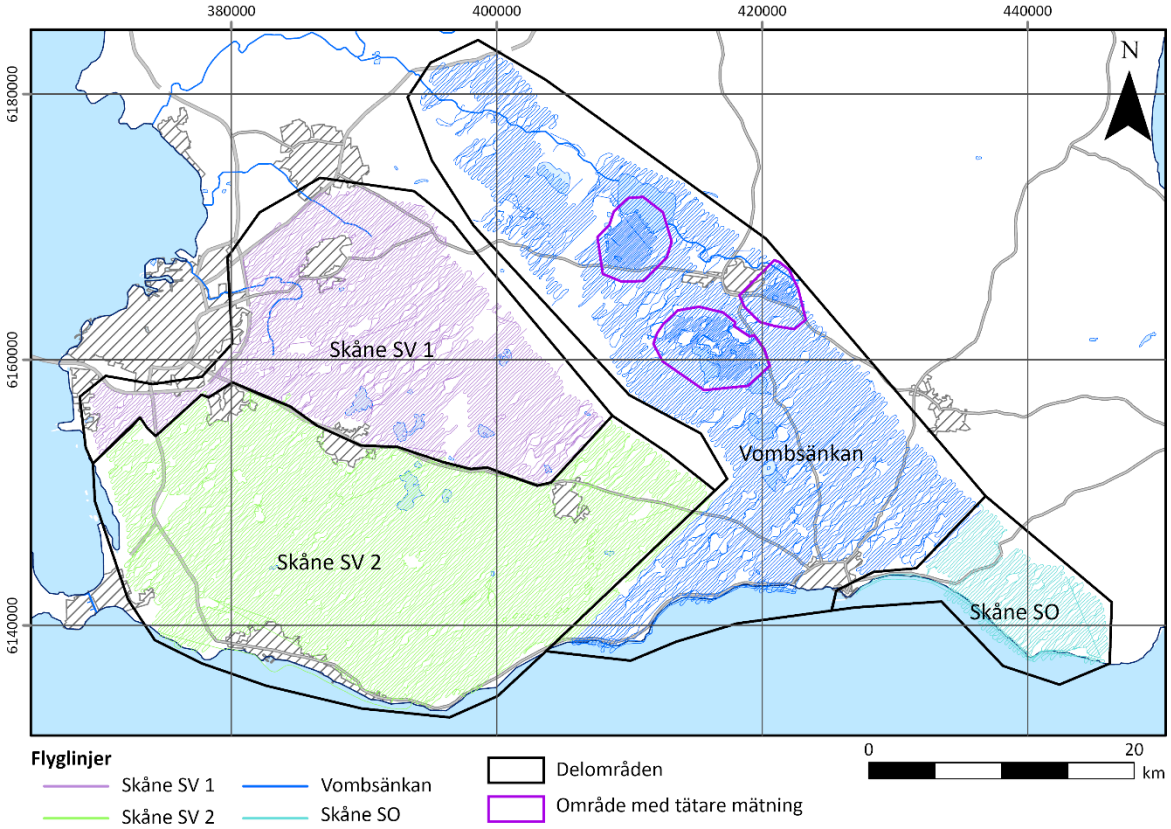
Syfte

Syftet med mätningarna är att genom kartläggning av markens fördelning av resistivitet (elektriska ledningsförmåga) öka den geologiska förståelsen för att därigenom identifiera intressanta områden med avseende på större grundvattenuttag.

Denna rapport presenterar arbetsgången från bearbetning av rådata till framtagande av resistivitetsmodeller längs flygmätningslinjer genom en iterativ metodik som kallas inversion. Rapporten utgör inte en komplett beskrivning av alla bearbetningsparametrar utan beskriver processen översiktligt. Syftet med rapporten är att utgöra ett referensunderlag för användare av data, som till exempel kommuner, konsulter, universitet och högskolor.



Figur 1. Undersökningsområdena i delar av Skåne och Blekinge.



Figur 2. Flyglinjer och delområden inom undersökningsområdet Skåne. Lila mindre polygoner visar områden där mätningar med 100 m avstånd mellan flyglinjerna har utförts.

UNDERSÖKNINGSOMRÅDE

Insamling av data har skett inom två områden i Skåne och Blekinge. Det nordöstra området innefattar Listerlandet i Blekinge och en mindre del av nordöstra Skåne och benämns i denna rapport NO Kristianstadslätten och Listerlandet. Undersökningsområdet i sydvästra Skåne benämns som undersökningsområdet i Skåne och det har i sin tur delats in i mindre delområden (fig. 2). Områdesindelningen baseras dels på geologi, dels på flyglinjernas fördelning samt en prioriteringsordning av områdena.

Skåne

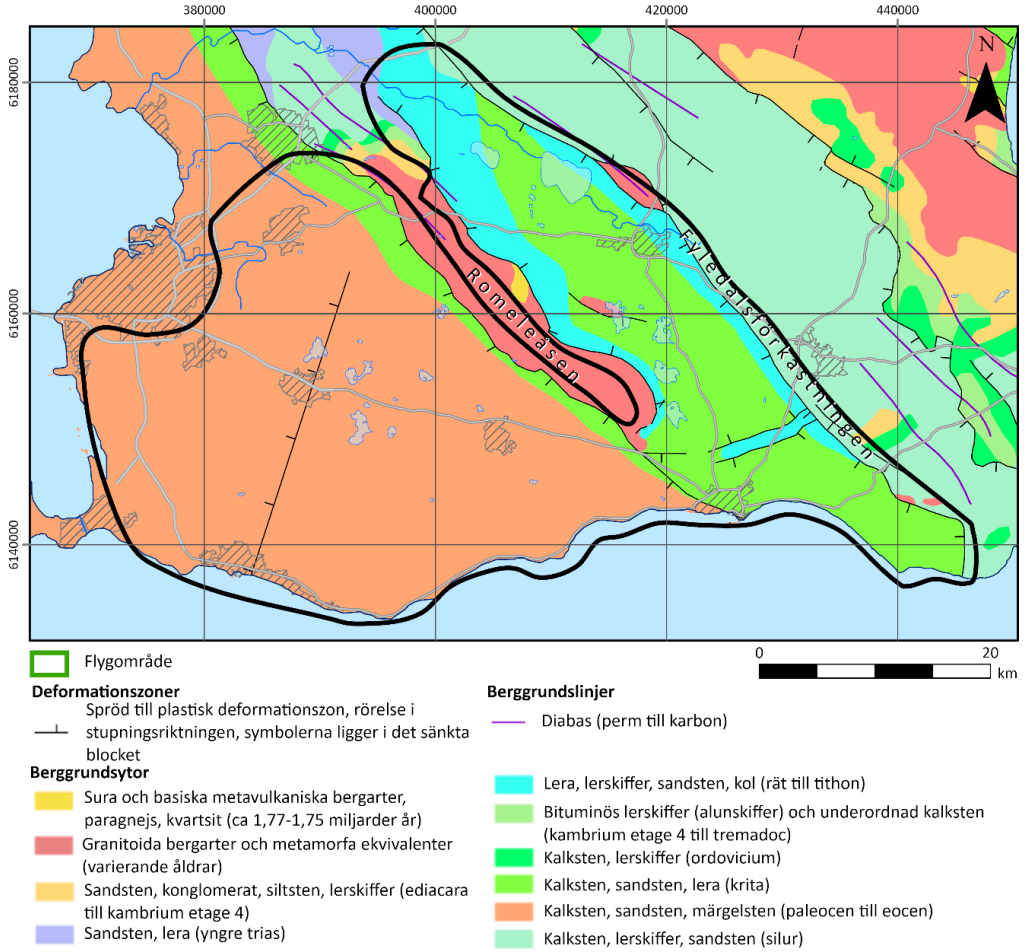
För att få hanterbara datamängder i bearbetningen har undersökningsområdet i Skåne delats in i fyra delområden som benämns: Skåne SV 1, Skåne SV 2, Vombsänkan och Skåne SO (fig. 2). Vombsänkan är bearbetad av Mehrdad Bastani och Cecilia Brolin. Skåne SO är bearbetad av Cecilia Brolin och områdena Skåne SV 1 och 2 är bearbetad av Etzar Gomez och Alfredo Mendoza från Lunds tekniska högskola på uppdrag av SGU. Inom Vombsänkan finns det tre områden med tätare mätningar (fig. 2).

Vombsänkan och Skåne SO

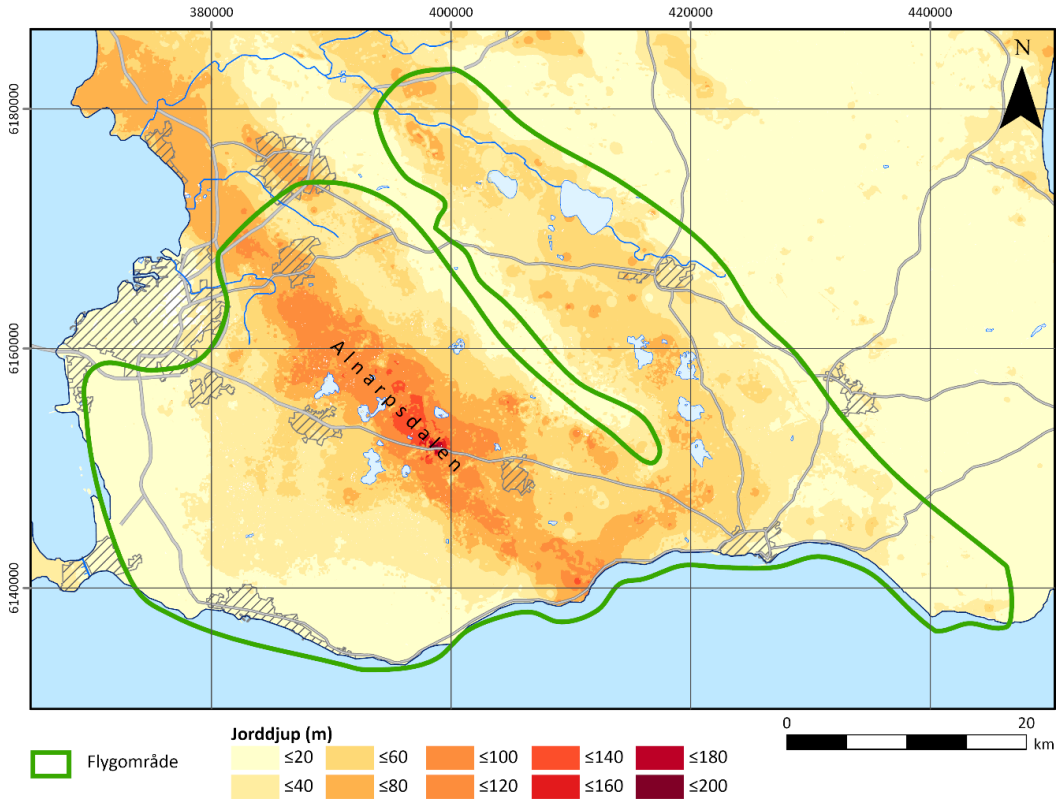
Undersökningsområdet Vombsänkan och Skåne SO sträcker sig från Lunds kommun i västnordväst till Ystads kommun i ostsydost. I området mellan Romeleåsens urbergsrygg i sydväst och Fyledalsförkastningen och lerskifferplatån i nordost ligger en sänka i berggrunden med grundvattenintressen såväl i berggrunden som i jordlagren. Berggrunden består till största delen av leriga kalkstenar, sandstenar och lerstenar av jurassisk och kretaceisk ålder (SGU 2020a) (fig. 3). Jordlagren består vid sänkans sidor av morän medan de centrala delarna domineras av sand- och grusavlagringar från de isälvar och större åar som runnit i dalen sedan isens tillbakadragande. Mäktigheten på jordlagren är ofta över 30 m och stora områden har över 50 m jordlager (SGU 2020b, Daniels & Thunholm 2014) (fig. 4). Det finns flera stora akviferer i jordlagren inom området varav många används för kommunal vattenförsörjning. I området ligger även flera sjöar med bland annat Vombsjön som utgör viktig vattentäkt där vattnet infiltreras i sand- och grusavlagringar vid Vombfältet som är centralt beläget i Vombsänkan.

Skåne SV 1 och 2

Området täcker de två stora grundvattenförekomsterna; Sydvästskånes kalkstenar och Alnarpsströmmen. I ostnordost avgränsas området av Romeleåsen. Berggrunden utgörs av skrivkrita eller dankalksten (SGU 2020a) (fig. 3) varav den senare är något mer vattenförande. Alnarpssänkan är en sprickdal med nordnordvästlig till sydsydostlig riktning som är fylld med kvartära avlagringar bestående av mäktiga sand- och grusavlagringar och moräner om vartannat. Jorddjupen i Alnarpssänkan är mycket stora, i flera fall upp emot och mer än 100 m (SGU 2020b, Daniels & Thunholm 2014) (fig. 4). I jordlagren, och i den övre kalkberggrunden, finns mycket grundvatten i en akvifer som kallas Alnarpsströmmen. Uttag från Alnarpsströmmen har varit mycket stora under 1900-talet både till jordbruk och kommunal vattenförsörjning. Mäktigheten på jordlagren minskar utanför Alnarpsdalen och man kan se en generellt avtagande trend mot kusten där mäktigheten vanligen är cirka 10 m. Stora delar av området utgörs av ett moränbacklandskap som totalt domineras av lerig morän och moränlera. Områden med lera och isälvssediment finns även inom undersökningsområdet men i mindre omfattning.



Figur 3. Berggrundskarta inom undersökningsområdet Skåne (SGU 2020a).



Figur 4. Jorddjupsmodell för undersökningsområdet Skåne (SGU 2020b).

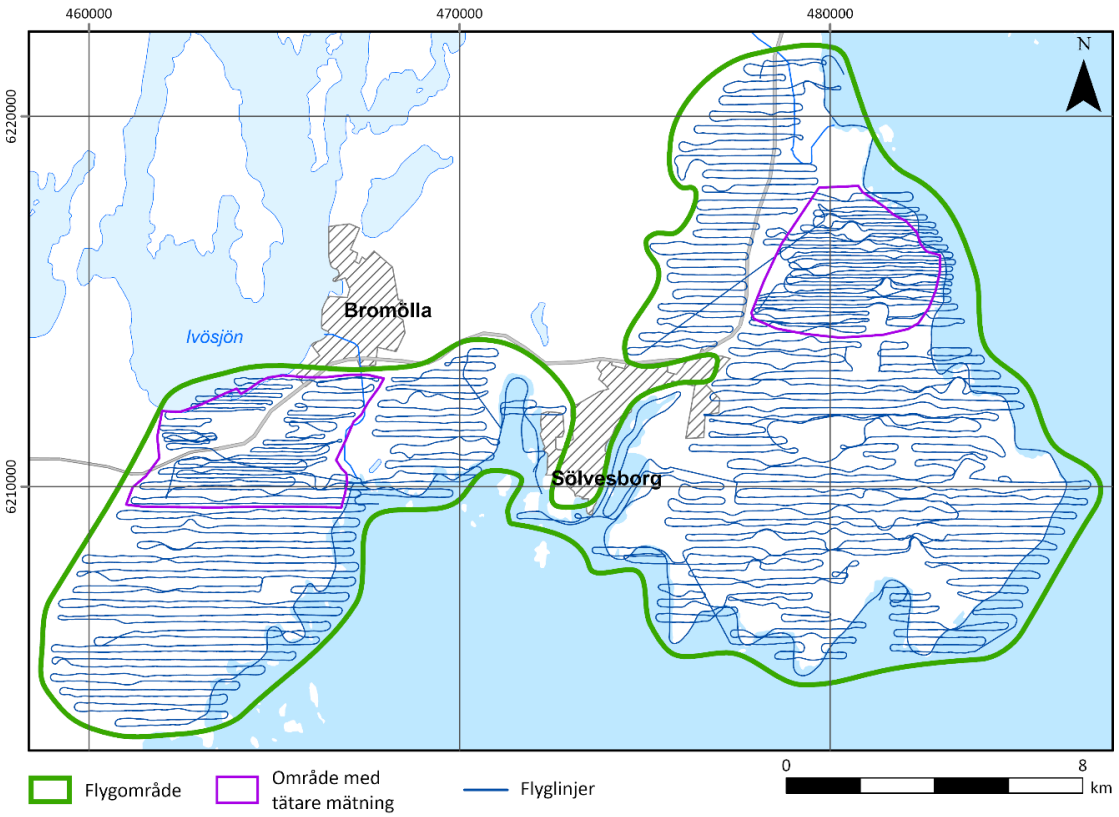
NO Kristianstadslätten och Listerlandet

Undersökningsområdet NO Kristianstadslätten och Listerlandet innefattar Listerlandet i öst och ett område söder om Ivösjön i den nordostligaste delen av Kristianstadslätten (fig. 5). Området innefattar cirka 240 km^2 och har flertalet flygmätningar ut över havet, samt två områden med tätare mätningar (fig. 5). Bearbetning av data har utförts av Lena Persson och Virginie Leurox, den slutliga inversionen (framtagandet av resistivitetsmodeller) för hela området har utförts av Cecilia Brolin.

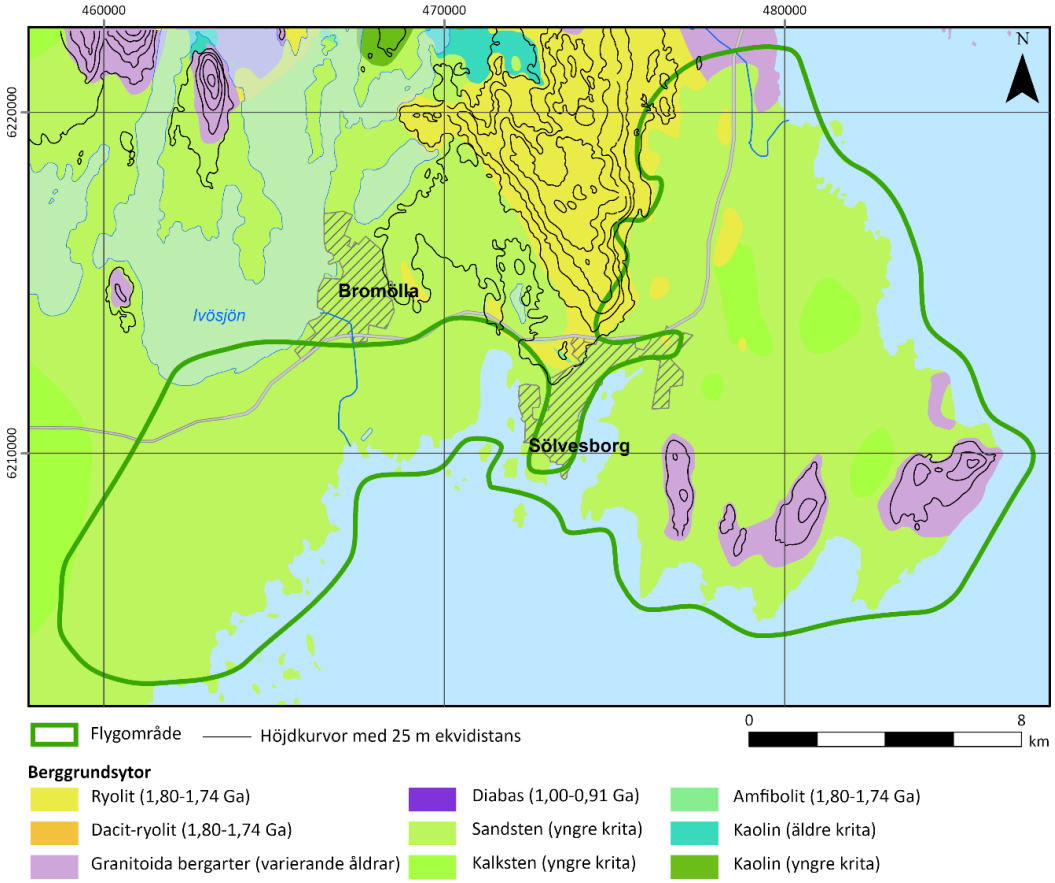
Områdesbeskrivning

Sölvesborg, Bromölla och Kristianstads kommun är de kommuner som delvis ligger inom undersökningsområdet. Berggrunden utgörs av sedimentära bergarter som tillsammans med Kristianstadsslätten utgör Sveriges största sammanhängande grundvattenmagasin sett till uttagsmöjligheterna.

Den typiska lagerföljden i berg består av kristallint urberg överlagrat av kretaceisk glaukonitsand och överst den så kallade kritkalkstenen. På flera ställen är urberget lervittrat och det finns ofta någon eller några meter kaolinlera, i synnerhet, i svackor i urberget. På Listerlandet karakteriseras berggrundstopografin av snabba förändringar i urbergets topografi med ett antal större markanta urbergsryggar som utgör topografiska höjder som sticker upp genom kritberget (fig. 6). Även mellan de större höjderna är den kristallina urbergsytan undulerande och utgör sannolikt ett begravt ”kulligt” landskap. Vid Bromölla är topografin jämnare och urberget, och ovanliggande sedimentära lager, sluttar mot sydväst genom hela undersökningsområdet. Vid Bromöllas tätort ligger urbergets överyta på cirka 80 m under havsytan och på cirka 260 m under havsytan i södra delen av undersökningsområdet. Jordlagren har vanligen en mäktighet på 10 till 20 m (SGU 2020c, Daniels & Thunholm 2014). I huvudsak rör det sig om sand- och grusavlagringar, på Listerlandet något mer morän och tunna jordlager i anslutning till urbergshällar.



Figur 5. Undersökningsområde NO Kristianstadslätten och Listerlandet med flyglinjer. Lila områden visar var det har skett mätningar med 100 m mellan flyglinjerna.



Figur 6. Berggrundskarta inom undersökningsområdet NO Kristianstadslätten och Listerlandet (SGU 2020d).

METODBESKRIVNING TEM

TEM är en geofysisk metod som kartlägger den elektriska ledningsförmågan i marken. Metoden är känslig för konduktiva enheter. TEM-mätningar kan utföras direkt på marken eller via olika fordon. Metoden har använts sedan mitten av 1980-talet och är ursprungligen utvecklad för kartläggning av mineraliseringar. Helikopterburen TEM (eller ATEM, Airborne Transient Electromagnetic) för hydrogeologiska undersökningar har utvecklats senare då förutsättningarna kräver data med hög precision och hög rumslig fördelning. Med ett flygburet system erhålls stora datamängder som kräver stor processorkapacitet för hantering, korrektioner och modellering (inversion). Den stora datamängd som samlas in möjliggör också en pålitlig kvalitetsgranskning genom jämförelser mellan intilliggande mätningar. SkyTEM är benämningen på det specifika system som har använts vid mätningarna i Skåne och Blekinge och är utvecklat vid Aarhus universitet (Sorensen & Auken 2004).

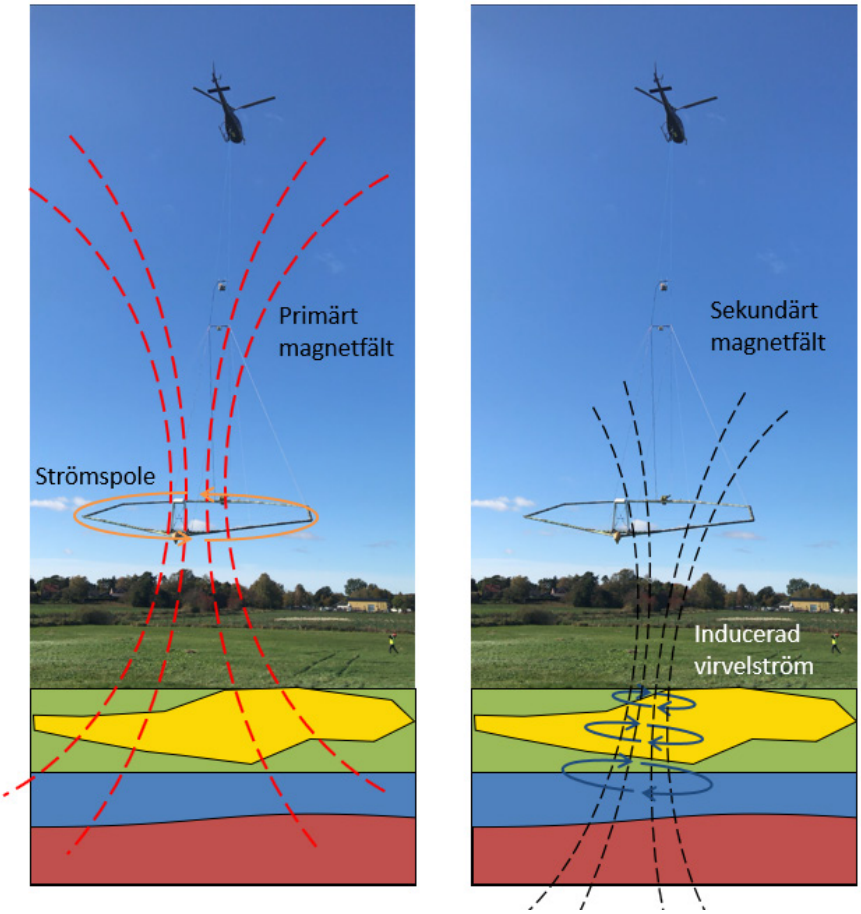
Helikopterburen TEM kan förenklat förklaras genom bildserien i figur 7. Genom en kabelslinga fastsittande på en ram under helikoptern skickas en kraftig strömpuls. Den genererar ett varierande magnetfält som ger upphov till ett inducerat elektriskt fält som genererar ström i marken som utbreder sig koncentriskt (nedåt och utåt). Denna varierande elektriska ström ger i sin tur upphov till ett sekundärt inducerat magnetfält, B, ”markens respons”, som mäts av en mottagarspole, även den hängande under helikoptern. Signalstyrkan i mottagarspolen beror på markens elektriska ledningsförmåga samt den primära strömmen i kabelslingan. Resistivitet är inversen av elektrisk ledningsförmåga och vanligen den enhet man presenterar mätresultat i. Det varierande sekundära magnetfältet mäts efter att strömmen i kabelslingan stängts av, i avsaknad av primärt fält. Det sekundära fältets styrka klingar av fort och därför anger man den i tidsfönster (också kallade gates) vars bredd ökar med tiden. Mätningarna sker snabbt och även

med ett helikopterburet system är dessa i praktiken punktvis. För varje mätpunkt får man en kurva över det sekundära magnetfältet, en TEM-sondering, vars amplitud och avklingning beror på primärfältets styrka och markens resistivitet, men även på flyghöjden och utrustningens egenskaper.

Mätningar med SkyTEM systemet består av ett två-kanal-system vilket innebär att en mätsekvens består av en strömpuls med hög ström och därmed kraftigare primärt magnetfält, High Moment (HM) och en strömpuls med lägre ström och därmed svagare primärt magnetfält, Low Moment (LM). HM medger förutsättningar större djupkänning medan LM ger bättre upplösning i de ytnära marklagerna, kombinationen ger alltså både hög upplösning i ytnära lager med samtida stor djupkänning.

Tabell 1. Utvalda parametrar från flygmätning.

		Skåne		NO Kristianstadslätten och Listerlandet	
Parameter		**Medelvärde**	**Standardavvikelse**	**Medelvärde**	**Standardavvikelse**
Markhastighet		93,1 km/h	15,8 km/h	83,1 km/h	13,7 km/h
Flyghöjd		51,4 m	15,5 m	53,4 m	14,5 m
Lutningsvinkel	X	-3,4 °	3,9 °	-1,1 °	3,5 °
	Y	0,3 °	2,2 °	0,2 °	2,0 °
Low moment ström		9,0 A	0,01 A	9,0 A	0,01 A
High moment ström		116,5 A	1,5 A	117,5 A	1,8 A



Figur 7. Princip för helikopterburen TEM-mätning. Foto: Peter Dahlqvist.

SkyTEM

Mätsystemet som användes vid mätningarna i Skåne och Blekinge betecknas SkyTEM304M och är anpassat för hydrogeologiska undersökningar. Företaget SkyTEM Surveys ApS har stått för datainsamlingen och har avrapporterat undersökningen genom en rådatarapport som beskriver mätsystemet, kvalitetskontroller och levererat material (diarienummer: 312-1408/2020). Mätsystemet består förutom av sändar- och mottagarspole också av två laserscannrar, två inklinometrar och två GPS:er. Dessa instrument är till för att med hög noggrannhet mäta positionen för ramen och dess avstånd till marken kontinuerligt. På ramen finns också en magnetometer som mäter jordens magnetfält. Detta är en datamängd som inte används av SGU inom nuvarande projekt då SGU har flygmagnetiska data från egna flygmätningar i områdena sedan tidigare.

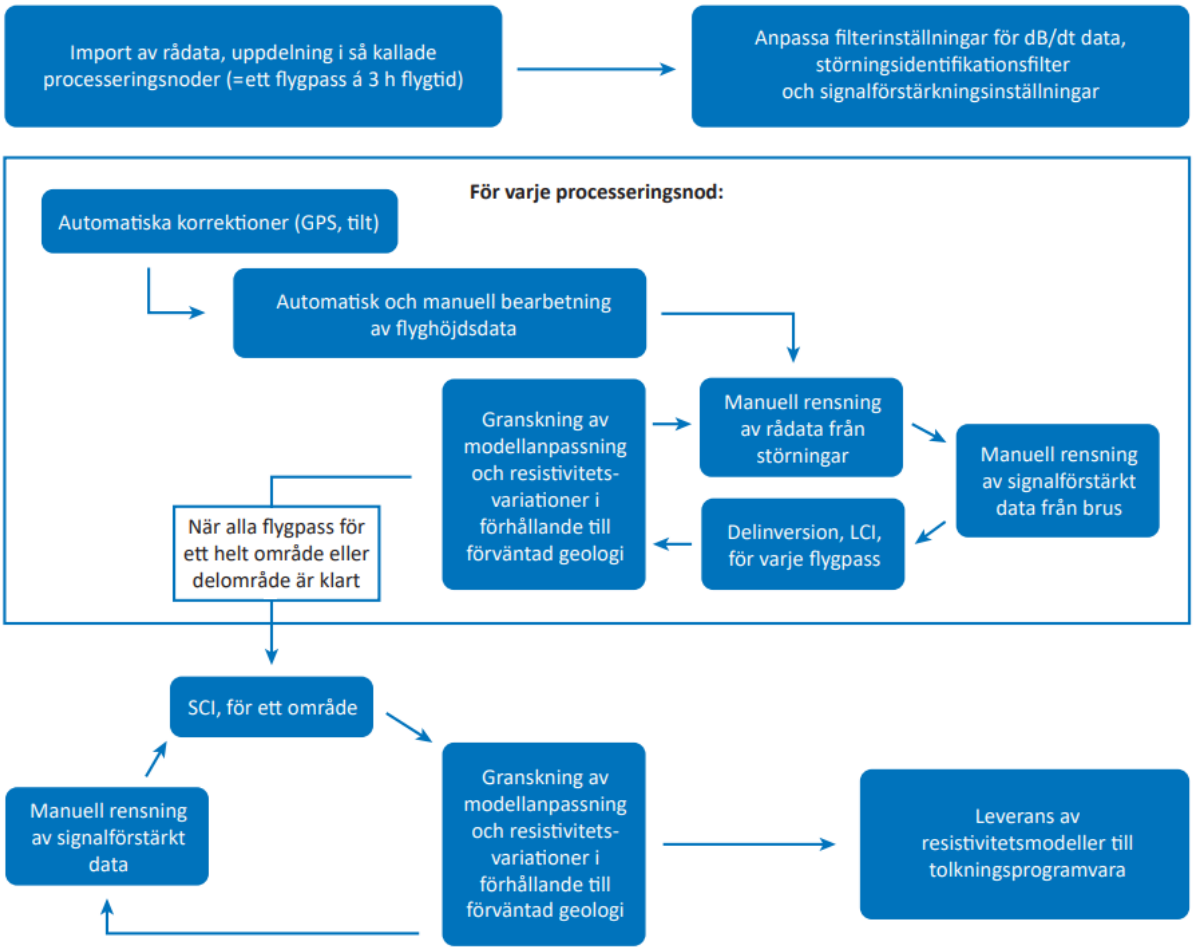
Datainsamling har skett längs parallella flyglinjer med cirka 200 m mellanrum förutom i fem områden där avståndet var 100 m mellan flyglinjerna (fig. 2 och 5). I NO Kristianstadslätten och Listerlandet var flygriktningen öst–västlig och i Skåne nordost–sydvästlig. Flygriktningen är anpassad så att den är vinkelrät mot huvudsakliga strukturriktningar i de olika områdena, för NO Kristianstadslätten och Listerlandet huvudsaklig riktning för isens avsmältning och för Skåne, Tornqvistzonen. Positionen för ramen är optimalt mellan 30 och 40 m ovanför markytan men varierar beroende på topografi och infrastruktur och är i allmänhet drygt 50 m. Helikoptern flyger ej över tätbefolkade områden, väjer för enskilda hus och går upp i höjd för olika hinder eller störningar. Några parametrar från flygningarna presenteras i tabell 1.

BEARBETNING

Bearbetning av data är en omfattade och tidskrävande process och syftar till att gå från rådata (dB/dt) till resistivitetsmodeller som kan kopplas till geologiska variationer i marken. Första steget i bearbetningen består av import av rådata till ett bearbetningsprogram. Denna import inkluderar korrektioner som tar hänsyn till geometrier, systemet som används samt andra mätinställningar bestämda av SkyTEM Aps. Detta sker automatiskt genom informationsfiler.

Nästa steg består i att identifiera och plocka bort data som är påverkat av störningar (infrastruktur m.m.) för att kunna tolkas geologiskt på ett pålitligt sätt. Detta sker med hjälp av automatiska inställningar och beräkningar, men till största delen manuellt då en visuell kvalitativ granskning behövs. Till databearbetning tillhör även en preliminär inversion (avsnitt *Inversion*) och granskning, vilket kan behövas upprepas flera gånger för att finjustera databearbetningen. All bearbetning och inversion av data har skett i programvaran Aarhus Workbench (AWB) version 6.2.0.0 och 6.3.1.0 från Aarhus GeoSoftware. Arbetsgången visualiseras i figur 8.

Slutligen utförs en eller flera inversioner över hela området från vilka resistivitetsmodellerna levereras till ett tolkningsprogram, inom detta projekt har det varit Geoscene 3D från I·GIS.



Figur 8. Flödesschema för bearbetning.

Flyghöjdsdata

Dataset som granskas manuellt i AWB är flyghöjdsdata och TEM-sonderingar (dB/dt). Flyghöjdsdata består av mätningar av ramens avstånd till marken från två laserscannrar. Denna data korrigeras automatiskt baserat på lutningsinformation om ramen insamlad från två inklinometrar. Detta så att det vinkelräta avståndet till marken erhålls även om ramen lutar. Vid flygningar över tät skog kommer många av laser-reflektionerna att komma från trädkronorna, detta ger ett resultat av ett mindre avstånd till marken. För att korrigera för detta appliceras ett så kallat ”trädtoppsfilter”. Man kan ställa in detta filter för att anpassa till situationen i sitt mätområde. En fullständig korrektion uppnås nästan aldrig och manuell editering sker också. Vid mätningar över sjöar blir ibland reflektionerna för svaga och här kan då flyghöjdsdata helt saknas.

Sonderingsdata

Bearbetning av sonderingsdata (dB/dt) består i princip av två delar, den första är att rensa data från olika störningar och den andra delen består av att signalförstärka (brusreducera) data genom medelvärdesbildning. Att identifiera och plocka bort data med störningar sker både genom en automatiserad och en manuell process och är till viss del en iterativ process. Den automatiska delen består i att man sätter upp filter som identifierar för snabba variationer i data inom ett tidsintervall där brusnivån antas vara låg.

Störningar

Den manuella bearbetningen innebär att man jämför närliggande sonderingskurvor och identifierar avvikande mönster i dessa. Samtida visualisering på en plankarta hjälper till att hitta orsaker till olika störningar som till exempel infrastruktur. Ibland förekommer det störningar utan att någon uppenbar orsak kan identifieras och ibland förekommer det ”ostörda” data där man vanligtvis förväntar en störning. Detta sker oftast vid vägar. Anledningen till detta kan vara många. Det inte själva vägarna som utgör en störning utan eventuella ledningar eller metallstaket längs dessa. En samlad bedömning från flera olika kvalitetsparametrar och visuell granskning av data avgör vilka data som sparas. Vid bearbetning inom detta projekt har synsättet varit att data inte tas bort i det första steget om den ser ostörd ut även om flyglinjen går över en struktur som i andra flyglinjer gett upphov till störningar. Bedömning av dessa data sker alltid också via inversion innan beslut om dessa data ska ingå eller ej i slutgiltig inversion.

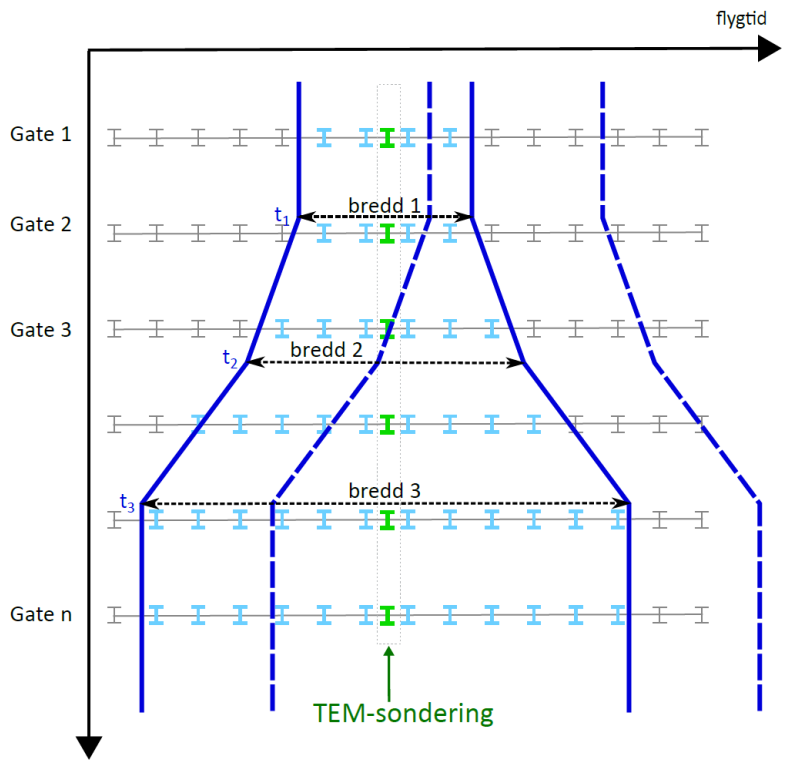
Signalförstärkning

Signalförstärkning av data sker efter att störningar har rensats bort. Signalförstärkning innebär att medelvärdesbilda data med ett så kallat trapets-filter. Funktionen för filtret illustreras i figur 9. Bredden på filtret ökar för senare tidsfönster (gates) och inkluderar fler datapunkter, detta för att bevara upplösningen i de tidiga tidsfönsterna men samtidigt brusreducera så att användbar signal kan fås från de senare tidsfönsterna. Detta korresponderar också till ett större ”avtryck” hos de senare tiderna och därför bör också ett större område ingå i medelvärdet. Den optimala bredden för dessa filter kan variera inom ett och samma mätområde men anpassas så att det blir så bra som möjligt för så stora områden som möjligt. Speciellt svårt med medelvärdet blir det när responsen varierar snabbt i styrka som till exempel vid snabba flyghöjdsförändringar. Efter brusreducering granskas den medelvärdesbildade data och de delar i sonderingsdata (sena tidsfönster) som nu anses endast bestå av brus tas bort. Använda bredder för medelvärdesfilter i de olika områdena anges i tabell 2.

En del i bearbetningen är att göra preliminära inversioner. Dessa underlättar granskning av förväntat resultat och identifiera problemområden för vidare granskning. Dessa inversioner görs genom *Laterally Constrained Inversion* (LCI) och beskrivs mer ingående i nästa avsnitt.

Tabell 2. Använda trapetsfilter i undersökningsområdena.

LM			HM		
	Skåne	**NO Kristianstadslätten och Listerlandet**		**Skåne**	**NO Kristianstadslätten och Listerlandet**
Tid (s)	**Bredd (s)**	**Bredd (s)**	**Tid (s)**	**Bredd (s)**	**Bredd (s)**
$1 \cdot 10^{-5}$	3	2	$1 \cdot 10^{-4}$	8	5
$1 \cdot 10^{-4}$	6	5	$1 \cdot 10^{-3}$	16	8
$1 \cdot 10^{-3}$	18	8	$1 \cdot 10^{-2}$	24	16



Figur 9. Illustration av trapetsfilter. Figuren är modifierad efter HydroGeophysics Group (2011).

INVERSION

Med termen inversion menas modellanpassning för att lösa inversa problem som innebär att man mäter eller studerar en effekt och sedan beräknar orsaken. För TEM-metoden mäter man det avklingande sekundära magnetfältet som är markens respons till det varierande primära magnetfältet, och modellerar vilken möjlig resistivitetsfördelningen marken kan ha för att ge upphov till denna respons. Här används en iterativ inversionsteknik. En startmodell med ett antal lager och dess resistivitet ansätts för marken. Sedan beräknas modellens respons och jämförs med den uppmätta responsen (dB/dt). Modifiering av resistivitetsmodellen (automatiskt inom inversionen) repeteras (en iteration) till dess att en tillfredsställande anpassning fås mellan modellerad och uppmätt respons. Här används en modell bestående av 30 lager med en fix tjocklek medan resistiviteten tillåts variera under inversionsprocessen.

Vid beräkning av responsen från den ansatta modellen antas här att resistiviteten varierar bara vid djupet, modellen är på så vis endimensionell. Detta betyder att man antar att marken är uppbyggd av plana parallella horisontella och homogena lager. Denna modelleringsmetod är väletablerad och används för att beräkningarna ska bli hanterbara. Olika ”begränsningar” (eng. *constraints*) kan sättas så att de endimensionella modellernas resistivitet ej tillåts variera för mycket mellan intilliggande modeller. Vid användandet av Laterally Constrained Inversion (LCI) är modellerna bundna längs med flyglinjerna och vid Spatially Constrained Inversion (SCI) är modellerna både bundna längs med och över flyglinjerna. SCI-metoden är därmed att betrakta som kvasi-3D (Viezzoli m.fl. 2008). LCI-metoden används inom bearbetningsprocessen och inledande tolkning medan SCI används för framtagande av slutgiltiga resistivitetsmodeller.

Två olika inversionsmetoder har använts för alla områden, ”*smooth*” och ”*blocky*”. Inversionsmetoden ”*smooth*” ger kontinuerliga och långsamma resistivitetsvariationer mellan olika lager som modellen är uppbyggd av. Fördelen med denna inversion är att modellen är relativt enkel att sätta upp och ger ett bra resultat trots olika förutsättningar inom mätområdet,

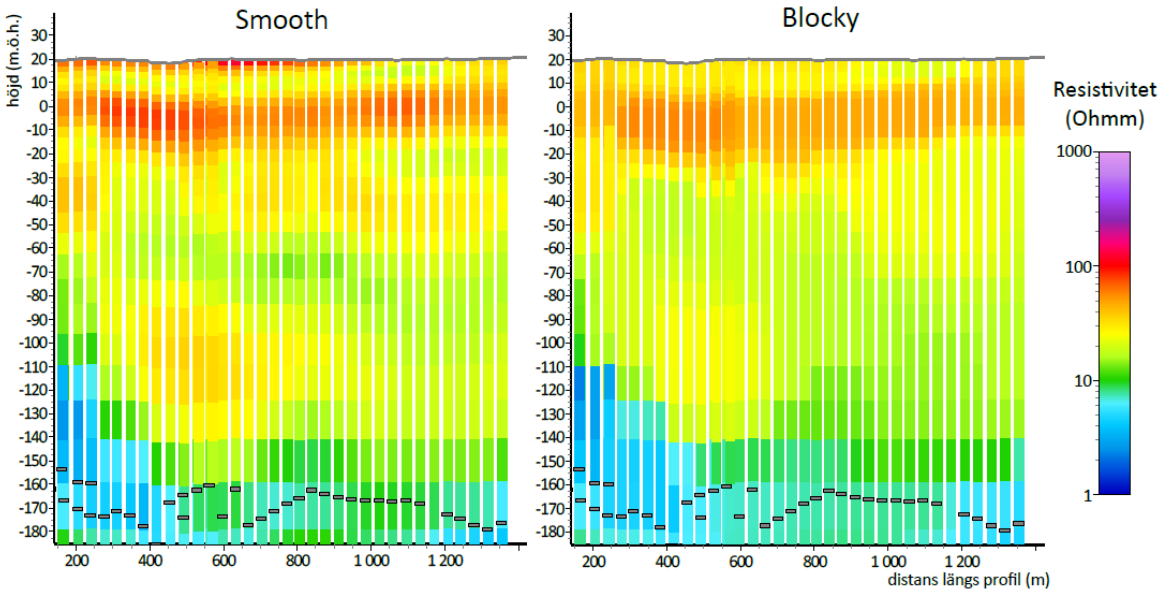
antagandena för modellen är ”lösa”. Inversionsmetoden ”*blocky*” är på liknande sätt enkel att sätta upp och är i allmänhet väldigt lik ”smooth” om man använder samma lagerindelning och inställningar men metoden genererar skarpare lagergränser. Nackdelen med ”blocky” jämfört med ”smooth” är att viss reduktion i upplösning av resistivitetsvariation sker (fig. 10).

Vid inversion av data i Skåne och Blekinge har marken delats upp i 30 lager med logaritmiskt ökande tjocklek på djupet ned till ett bestämt djup (bilaga 1). Det enda som tillåts variera under inversion är resistiviteten för varje lager. För alla områden har det översta lagrets tjocklek ansatts till två meter och modellen har gått till 300 m djup. Komplett lagerindelning och utvalda inversionsparametrar redovisas i bilaga 1.

Jämförelse mellan flyglinjer och täckning av resistivitetsmodeller ger en bild på hur mycket störda data som har rensats bort i området och visas i bilaga 2. Det totala antalet resistivitetsmodeller för varje område presenteras i tabell 3.

Tabell 3. Antal resistivitetsmodeller och flyglinjernas längd för varje delområde (fig. 2 och 5), avrundat till närmsta hundratal.

Område	Flyglinjer (km)	Antal resistivitetsmodeller
NO Kristianstadslätten och Listerlandet	1 100	19 700
Vomb	3 300	59 000
Skåne SV 1	2 000	26 900
Skåne SV 2	3 400	44 200
Skåne SO	500	-



Figur 10. Jämförelse mellan ”smooth” och ”blocky” inversionsmetod.

RESULTAT

Datakvalitet

Kvaliteten på resistivitetsmodellerna beror på flera olika saker. I detta avsnitt redogörs några olika parametrar som ger anvisning till modellernas kvalitet. Syfte och mål med projektet inom vilken datainsamling och bearbetning har gjorts är att peka ut intressanta områden för vattenförsörjning i ett regionalt perspektiv. Inversion är utförd över stora områden med varierande geologi. Detta föranleder att vissa generaliseringar görs och acceptans av mindre bra kvalitetsparametrar i vissa områden. Synsättet inom detta projekt är att ha en hög kvalitet på datarensning för att underlätta framtida kompletterande inversioner för mindre delområden med ytterligare ”begränsningar” i startmodeller eller med nya inversionstekniker. Nedan beskrivna kvalitetsparametrar redovisas i bilaga 3 till 7.

Antal datapunkter

Antal datapunkter som används vid inversionen är ett mått på underlaget till inversion. Fler punkter till varje modellberäkning (bredare mättid) ger ett bättre underlag till modellanpassningen och därmed en säkrare modell. Det maximala antalet punkter beror på hur många gates för LM och HM som har använts. Detta varierar något mellan olika mätområden beroende på vilka gates man väljer att ha med i inversionen (se bilaga 1).

Dataresidual

Dataresidual beräknas genom att jämföra uppmätt data med modellerade data som den modellerade resistivitetsfördelningen skulle ge upphov till. Värden omkring 1 innebär att anpassningen mellan uppmätta och modellerade data är, i medeltal, i samma storleksordning som brus. Om residualen är högre kan det bero på flera faktorer, men det är en indikation på lägre säkerhet i modellen. Det finns flera skäl till att en högre residual inte behöver betyda en sämre modell, bland annat en högre brusnivå än vad modellen antar eller att man har så kallade 2D- och 3D-effekter. 2D- och 3D-effekter innebär att geologin inte kan beskrivas med plana, horisontella och homogena lager, vanligen vid olika slags strukturer så som förkastningar, intrusioner, impaktstrukturer med flera. Olika nivåer av ”accepterad” residual gäller för olika mätområden och är delvis beroende på geologi.

Skillnad i flyghöjd

Vid inversion är flyghöjden för mätsystemet en parameter som är med i modellanpassningen. Både automatisk och manuell bearbetning sker för att få en så hög noggrannhet av denna som möjligt, viss osäkerhet kvarstår dock och flyghöjden tillåts att variera i inversionen. Om skillnaden mellan uppmätt och beräknad flyghöjd är stor indikerar det dålig modellpassning och lägre kvalitet på data eller inversion.

Kanaler (Channel number)

Automatisk och manuell bearbetning sker av HM och LM separat men granskas också tillsammans. Störningar kan förekomma i både dataset var för sig eller samtidigt. I punkter där HM är bortplockad på grund av störningar, så kommer djupkänningen i dessa punkter att vara begränsad jämfört med punkter med både LM och HM. När störningar förekommer i LM men inte i HM blir situationen mer komplex. Information finns fortfarande för de ytligare lagerna men är inte lika detaljerad eller pålitlig som i de resistivitetsmodeller som inkluderar både LM och HM. Detta ska beaktas i tolkning.

Djupkänning (DOI)

För varje resistivitetsmodell beräknas en djupkänning, *Depth Of Invesitgation* (DOI), som anger till vilket ungefärligt djup modellen är tillförlitlig. Data är inte tillräckligt känslig för variationer i modellen som sker under detta djup. Det finns två angivelser för DOI: en DOI-konservativ (eller DOI övre) och en DOI-standard (eller DOI undre). De två skiljer sig genom olika satta gränser för ackumulerad känslighet i beräkningen av DOI. För en mer teknisk beskrivning hänvisas till Christiansen och Auken (2012).

NO Kristianstadslätten och Listerlandet

Inom flygområdet i NO Kristianstadslätten och Listerlandet skiftar både berggrundens topografi och uppbyggnad relativt mycket och därmed skiljer sig också datakvalitet och resistivitetsmönster inom området. Svårigheter i modellanpassningen förekommer alltid vid mätningar som går både över land och hav. En stor resistivitetkontrast fås längs flyglinjen och ofta fås höga residualer eller stora altitudskillnader här när modellen försöker ”kompensera” den kraftiga kontrasten. Inom detta projekt har fokus legat på mätningar över land och anpassningar i inversionsmetoden utifrån havets respons har inte gjorts.

I de västligaste delarna av flygområdet, söder om Bromölla är berggrunden relativt enkelt uppbyggd med plana parallella lager och har i allmänhet en stor djupkänning (DOI) (bilaga 7) då lågresistiv sedimentär berggrund ligger under högresisitiv sedimentär berggrund. En hel del data är bortrensad på grund av olika typer av infrastruktur i området.

I de södra delarna av Listerlandet förkommer en mycket undulerande urbergsyta, med uppstickande urbergshällar genom den sedimentära berggrunden. Här är mycket data bortrensad samtidigt som kvarvarande data i allmänhet har färre datapunkter och lägre djupkänning (bilaga 3 och 7). Detta är ett typiskt område där ATEM-metoden har begränsningar. För att få någon respons i systemet krävs något lågresisitivt lager. Över kristallint urberg med begränsat jordtäcke är i allmänhet allt högresisitivt och således fås ingen användbar respons. Vid icke-plan geologi fås också 2D- och 3D-effekter vid inversion av data.

I norra delen av Listerlandet är betydligt mer data kvar och fler datapunkter som ingår i inversionen. Djupkänningen (DOI) är stor i områden mellan Norje, Ysane och Lörby men något mer begränsad väster om Ysane och Norje. Här är också residualen på många ställen också hög (>2) (bilaga 4).

Skåne

Sydvästra Skåne och Vombsänkan lämpar sig mycket bra för ATEM-mätningar. Berggrunden består i stora delar av mäktiga sedimentära bergarter i nära horisontella plana lager. Modell-tekniska problem förekommer vid förkastningszoner och snabba vertikala skiftningar så som invid Romeleåsen och andra tektoniskt störda områden inom och utmed främst Vombsänkan. I områden med relativt stora jorddjup kan jordarterna också kartläggas väl, speciellt utbredningen av mäktiga lågresistiva lerlager. Övergången mellan jord och berg är däremot på många ställen problematisk då överytan på den sedimentära berggrunden kan vara mycket vittrad och vattenmättad och även i borrningar svår att skilja från ovanliggande jordart.

I SV Skåne förekommer mycket infrastruktur och därmed tydligt bortrensade stråk med data (bilaga 2), detta återspeglas också i hela området där det endast förekommer data från en kanal (bilaga 6). Där båda kanaler är kvar är många datapunkter inkluderade till inversion (bilaga 3). Residualerna varierar men är i allmänhet lägre än 1,5. Områden med högre residualer är främst i den norra delen av Vombsänkan samt norr om Ystad där Romeleåsen med en NV–SO strykning möter en NO–SV förkastningszon.

Djupkänningen (DOI) är stor i princip i hela området (bilaga 7), över 200 m, förutom där data är bortrensad nära infrastruktur. Stora skillnader i altitud förekommer över några sjöar; Krankesjön, Vombsjön och Yddingesjön. Detta beror på att lasermätt altituddata saknas här. Vid

inversion ansätts ett värde på altituden om det saknas data (bilaga 1). Då altituden tillåts variera under inversion kan modellberäkningen behöva ändra mycket på altituden i områden där det saknas för att anpassa modellerna. I dessa områden bör man kontrollera att inversionen har lyckats anpassa rimliga resistivitetsmodeller.

REFERENSER

Christiansen, A.V., Auken, E. & Sørensen, K., 2009: The transient electromagnetic method. In: Kirsch R. (eds) Groundwater Geophysics. Springer, Berlin, Heidelberg.

Christiansen, A. V. & Auken, E., 2012: A global measure for depth of investigation, *Geophysics 77*, WB171 – WB177.

Daniels, J. & Thunholm, B., 2014: Rikstäckande jorddjupsmodell. *SGU-rapport 2014:14*. Sveriges geologiska undersökning.

Erlström, M., Kornfält, K.-A., Sivhed, U. & Wikman H., 2005: Berggrundskartan 2D Tomelilla SV & 1D Ystad NV, skala 1:50 000. *Sveriges geologiska undersökning Af 214*.

HydroGeophysics Group, Department of Earth Sciences University of Aarhus, Denmark, 2011: Guideline and standards for SkyTEM measurements, processing and inversion, v 2.5.

SGU, 2020a: Berggrund 1:1 miljon – databas. Sydväst Skåne. 2020-10-21

SGU, 2020b: Jorddjupsmodell – databas. Sydväst Skåne. 2020-10-21

SGU, 2020c: Jorddjupsmodell – databas. Bromölla, Sölvesborg. 2020-10-21

SGU, 2020d: Berggrund 1:50 000–1:250 000 – databas. Bromölla, Sölvesborg. 2020-10-21

Sorensen K. I. & Auken E., 2004: SkyTEM – a New High-resolution Helicopter Transient Electromagnetic System, *Exploration Geophysics, 35:3,* 194 – 202, DOI: 10.1071/EG04194

Viezzoli A., Christiansen A.V., Auken E., Sørensen K.I., 2008: Quasi-3D modelling of airborne TEM data by spatially constrained inversion. *Geophysics 73* (3): F105–F113.

BILAGA 1. INVERSIONSINSTÄLLNINGAR

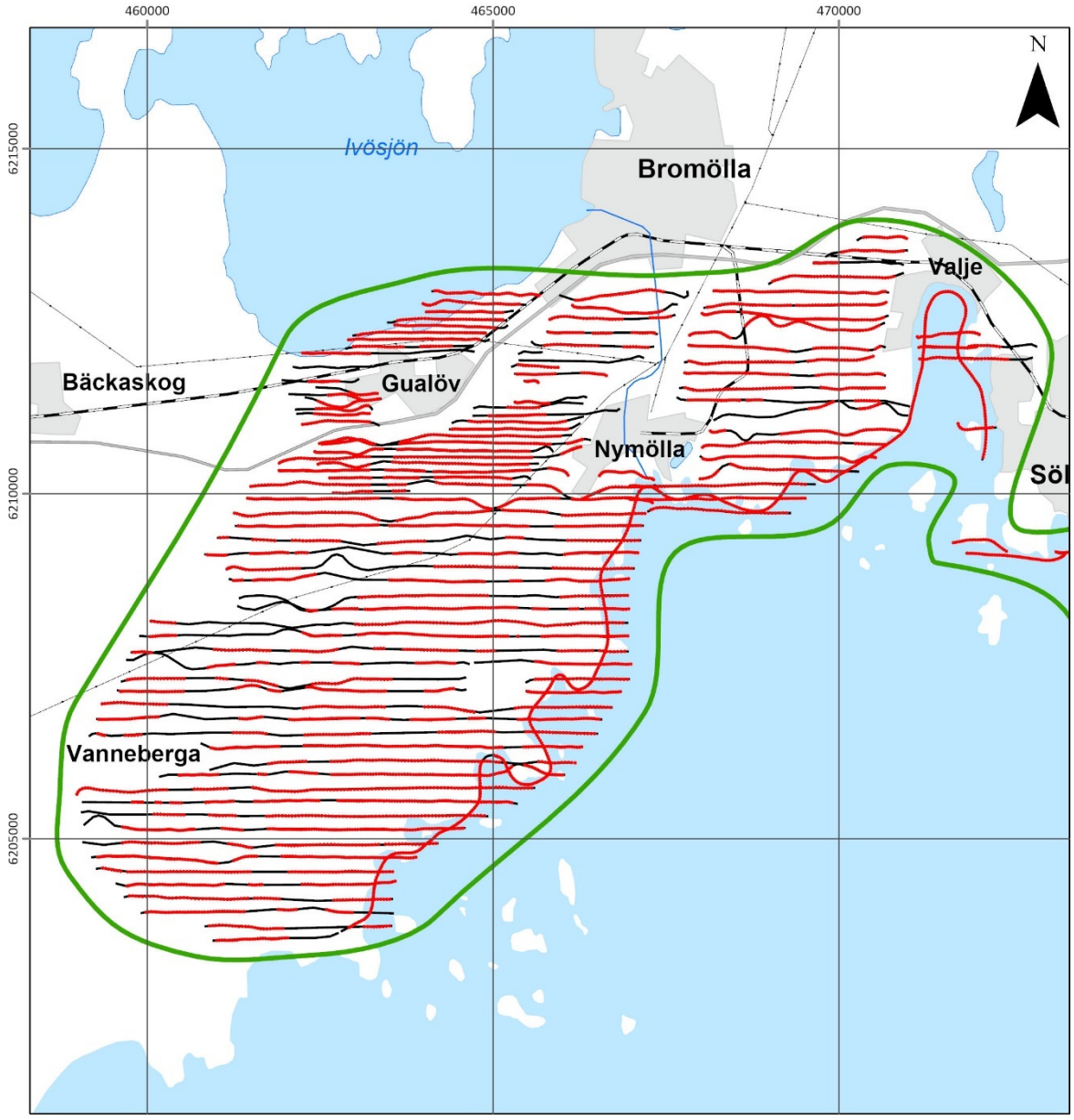
	Vomb och Skåne SO	Skåne SV 1 och 2	NO Kristianstadslätten och Listerlandet
Excluded gates LM (1-24)	1-5	1-5	1-5
Excluded gated HM (1-38)	1-10	1-9	1-10
Inversion type	Smooth (L2 norm) och Blocky (L1 norm)	Smooth (L2 norm) och Blocky (L1 norm)	Smooth (L2 norm) och Blocky (L1 norm)
No layers	30	30	30
Min number data points	6	7	4
Reference distance	30	30	35
Power law	0,75	0,75	0,75
Priori constrain (99 = none)	99	99	99
Altitude A-priori STD (m)	2	2	2
AltLatSTD	1,5	1,5	1,5
Altitude if not recorded (m)	60	50	50
ResVerSTD	3	3	3
ResLatSTD	1,6	1,6	2
First layer thickness	2	2	2
Last layer depth	300	300	300

	Startmodell		
Lager	Resistivitet (Ohmm)	Tjocklek (m)	Djup (m)
1	Auto	2,0	2,0
2	Auto	2,2	4,2
3	Auto	2,4	6,6
4	Auto	2,7	9,3
5	Auto	2,9	12,2
6	Auto	3,2	15,5
7	Auto	3,6	19,0
8	Auto	3,9	22,9
9	Auto	4,3	27,2
10	Auto	4,7	32,0
11	Auto	5,2	37,2
12	Auto	5,7	42,9
13	Auto	6,3	49,2
14	Auto	6,9	56,2
15	Auto	7,6	63,8
16	Auto	8,4	72,2
17	Auto	9,3	81,5
18	Auto	10,2	91,7
19	Auto	11,2	103,0
20	Auto	12,3	115,0
21	Auto	13,6	129,0
22	Auto	14,9	144,0
23	Auto	16,4	160,0
24	Auto	18,1	178,0
25	Auto	19,9	198,0
26	Auto	21,9	220,0
27	Auto	24,1	244,0
28	Auto	26,5	271,0
29	Auto	29,2	300,0
30	Auto	∞	∞

BILAGA 2. FLYGLINJER OCH RESISTIVITETSMODELLER

Bilaga 2:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning

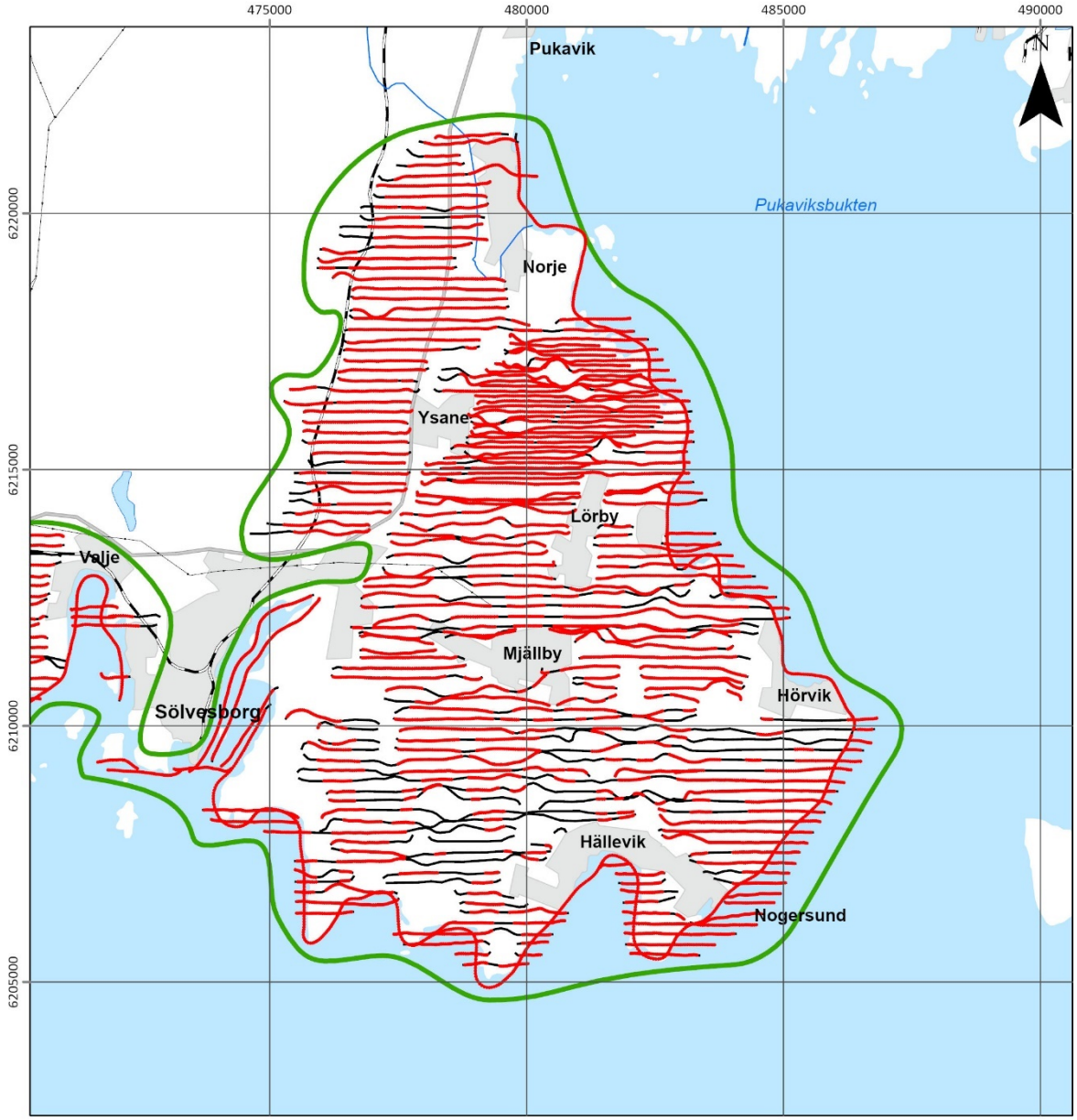


Flygområde
Flygmätningslinjer
Resistivitetsmodeller

0 4 km

Bilaga 2:2
Kartruta: Listerlandet
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde
Flygmätningslinjer
Resistivitetsmodeller

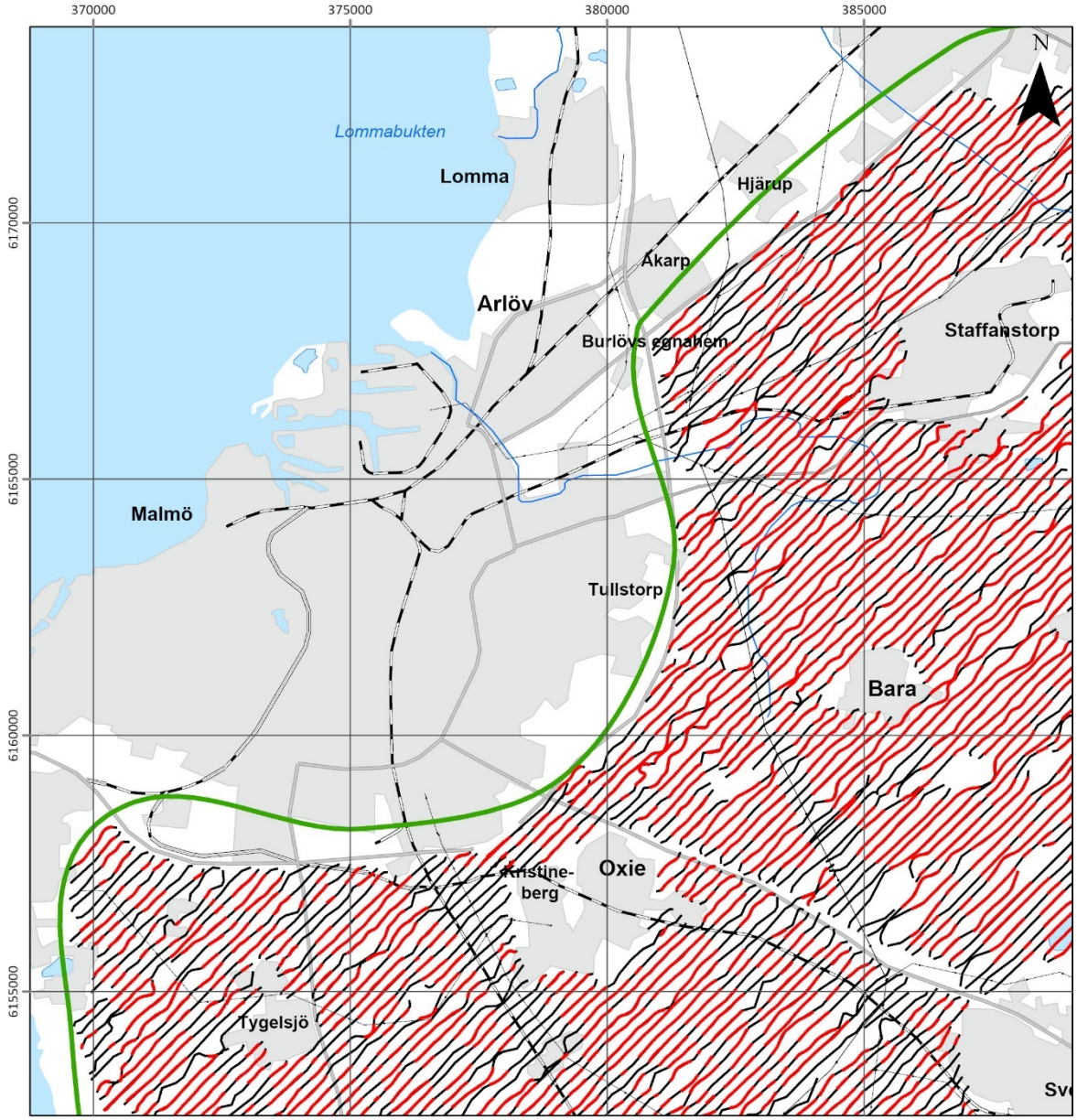
0 4 km

Bilaga 2:3
Kartruta: Skåne 1
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning

Bilaga 2:4
Kartruta: Skåne 2
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde

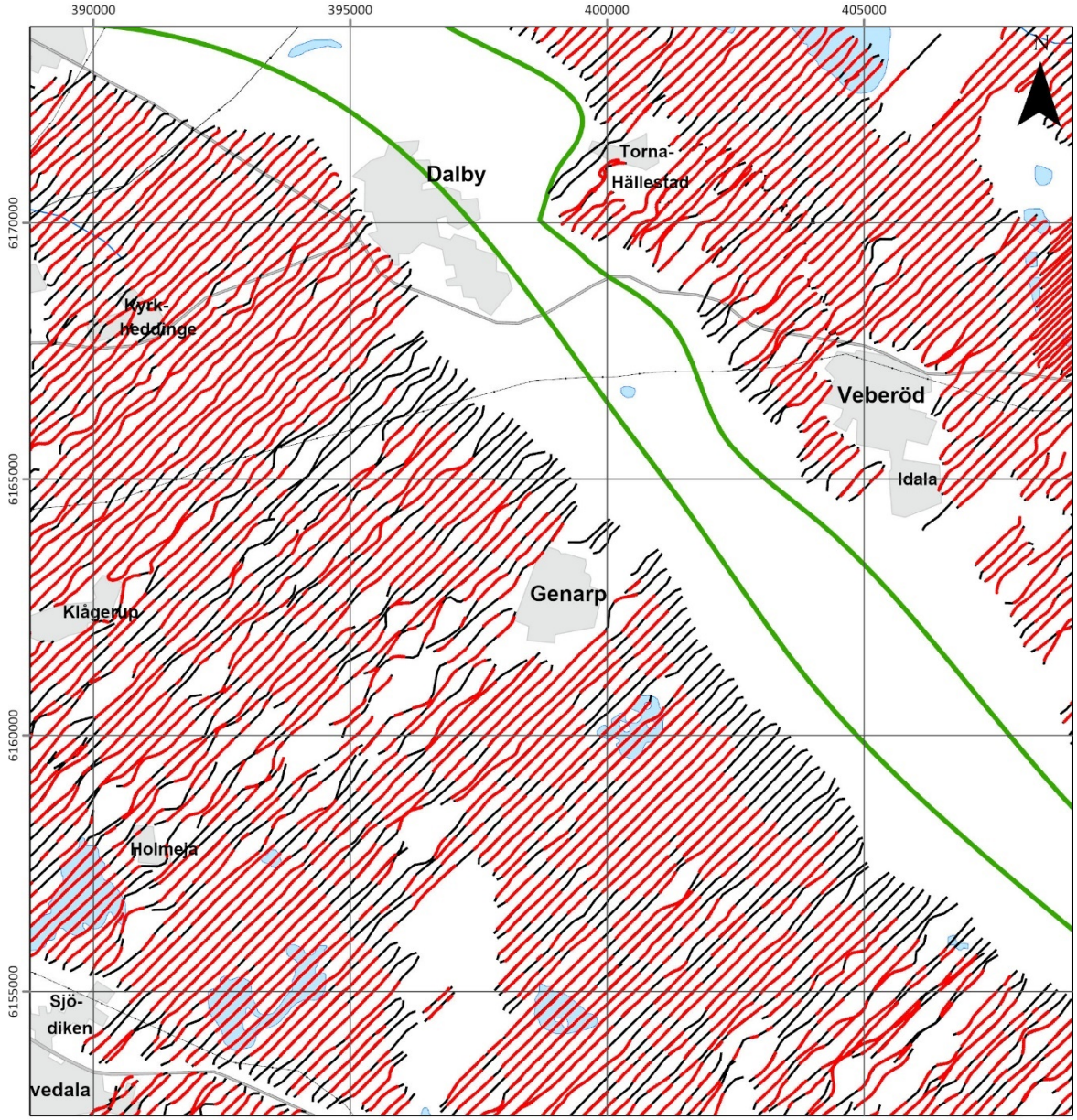
Flygmätningslinjer

Resistivitetsmodeller

0 4 km

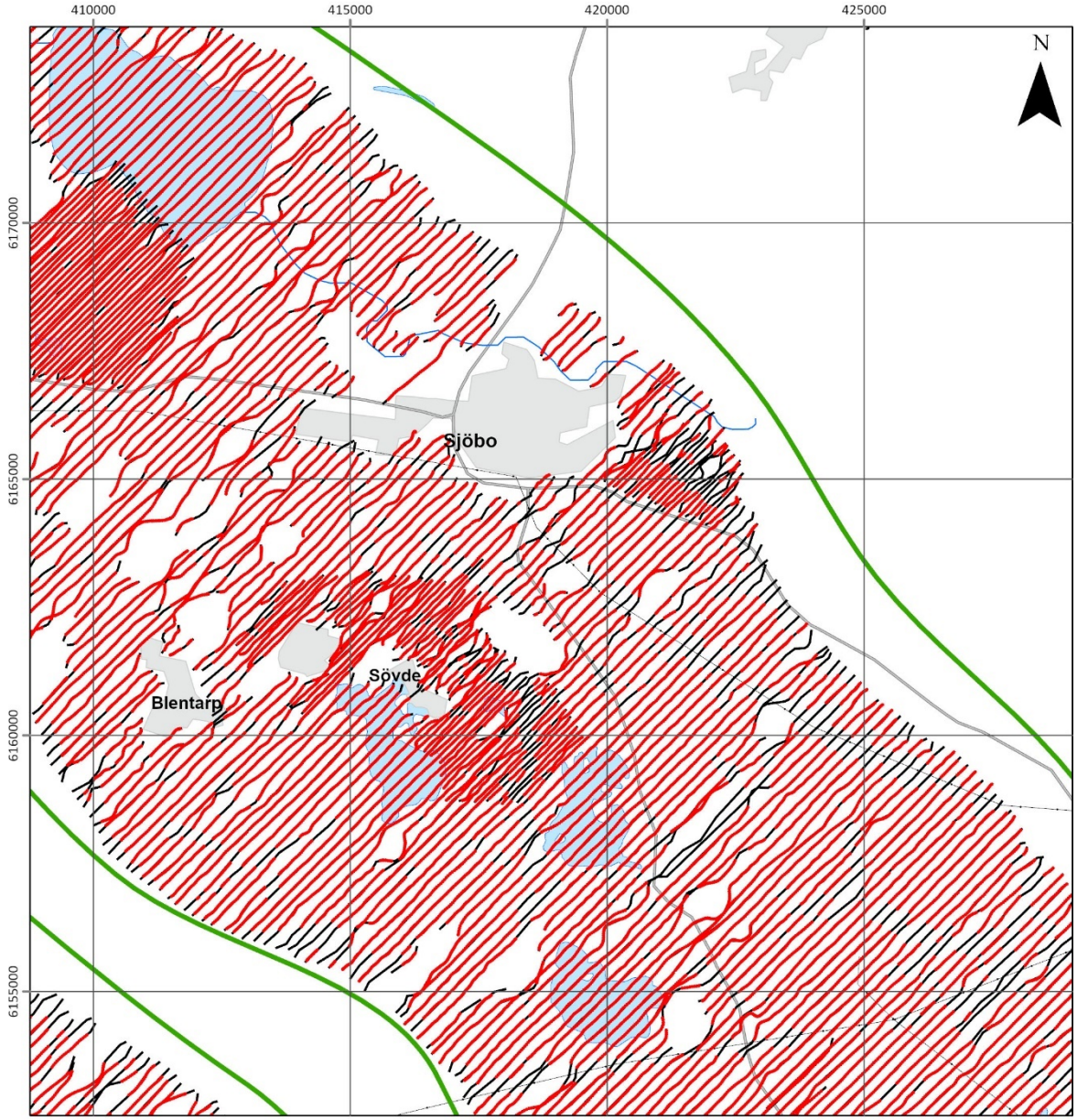
Bilaga 2:5
Kartruta: Skåne 3
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Bilaga 2:6
Kartruta: Skåne 4
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde
Flygmätningslinjer
Resistivitetsmodeller

0 4 km

Bilaga 2:7
Kartruta: Skåne 5
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning

Flygområde

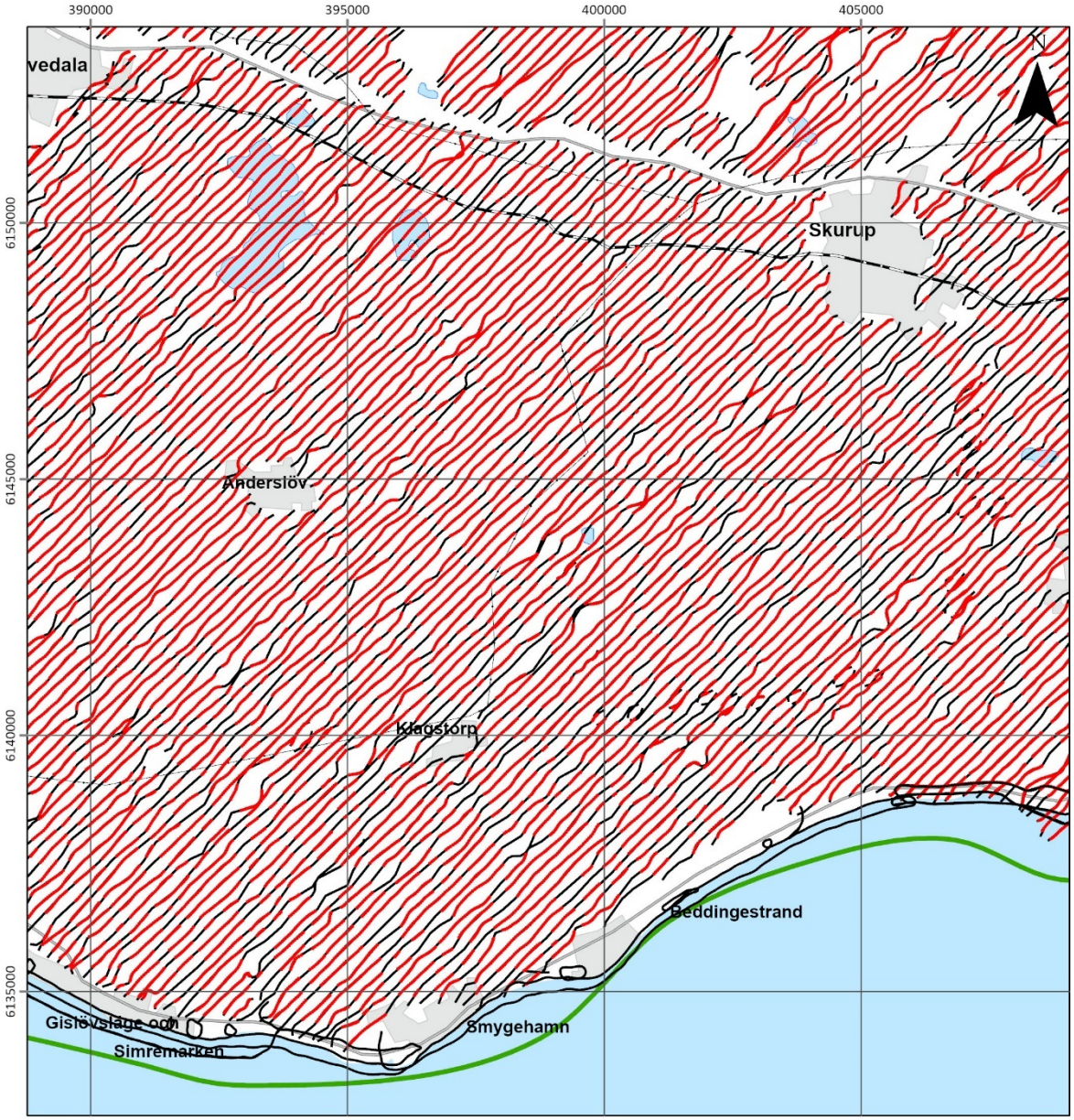
Flygmätningslinjer

Resistivitetsmodeller

0 4 km

Bilaga 2:8
Kartruta: Skåne 6
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde

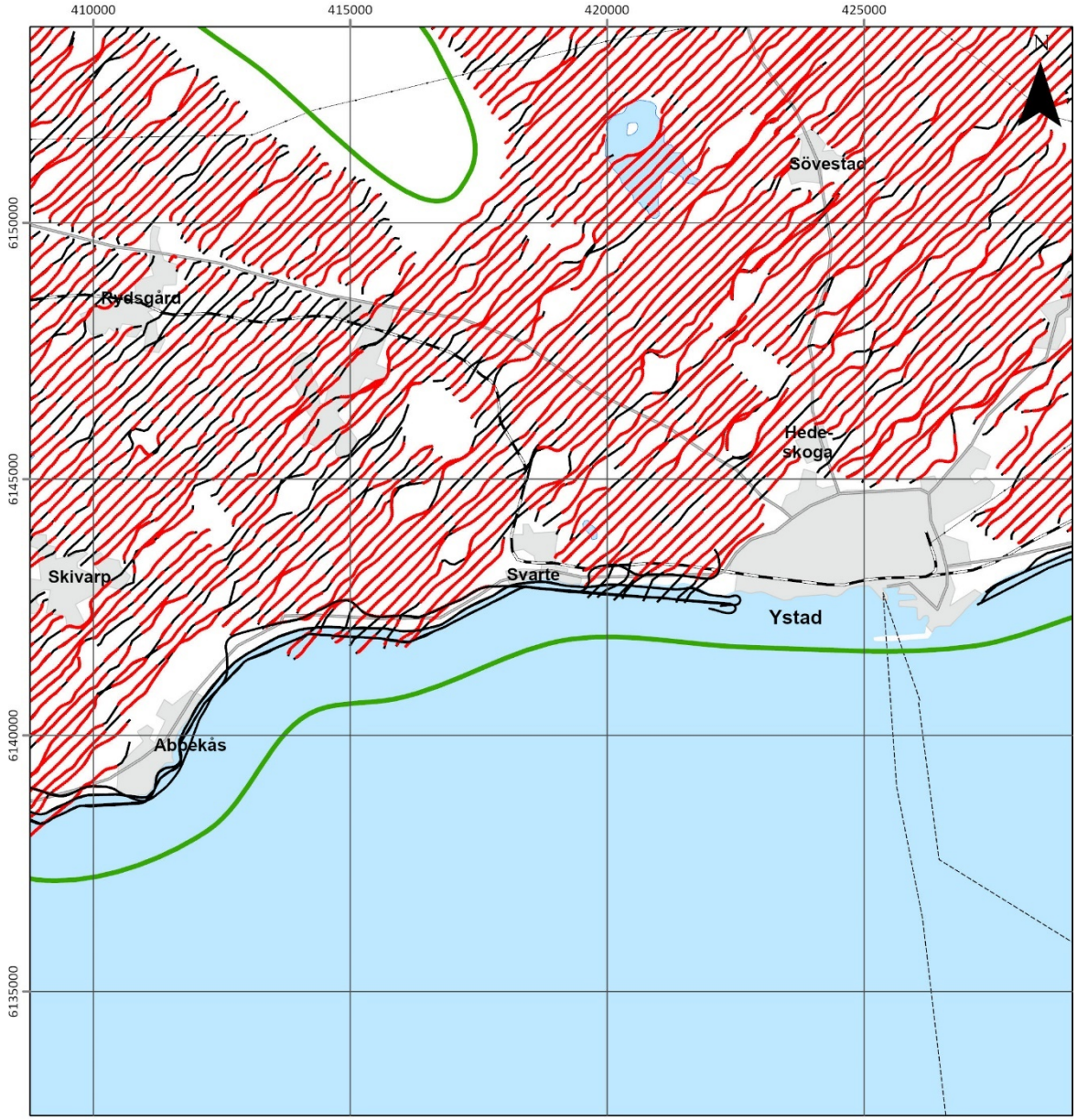
Flygmätningslinjer

Resistivitetsmodeller

0 4 km

Bilaga 2:9
Kartruta: Skåne 7
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde

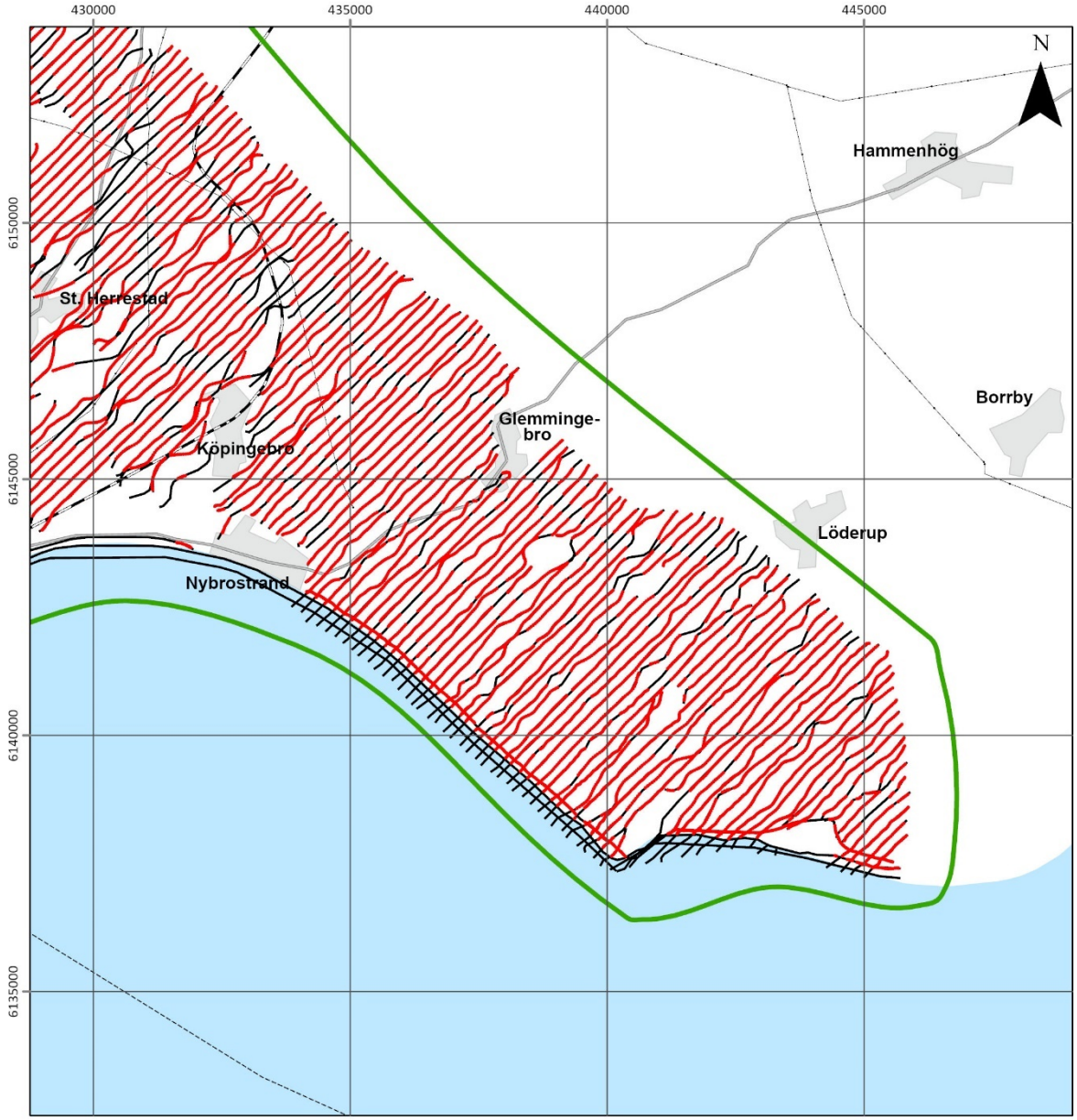
Flygmätningslinjer

Resistivitetsmodeller

0 4 km

Bilaga 2:10
Kartruta: Skåne 8
Flyglinjer och resistivitetsmodeller

SGU Sveriges geologiska undersökning



Flygområde

Flygmätningslinjer

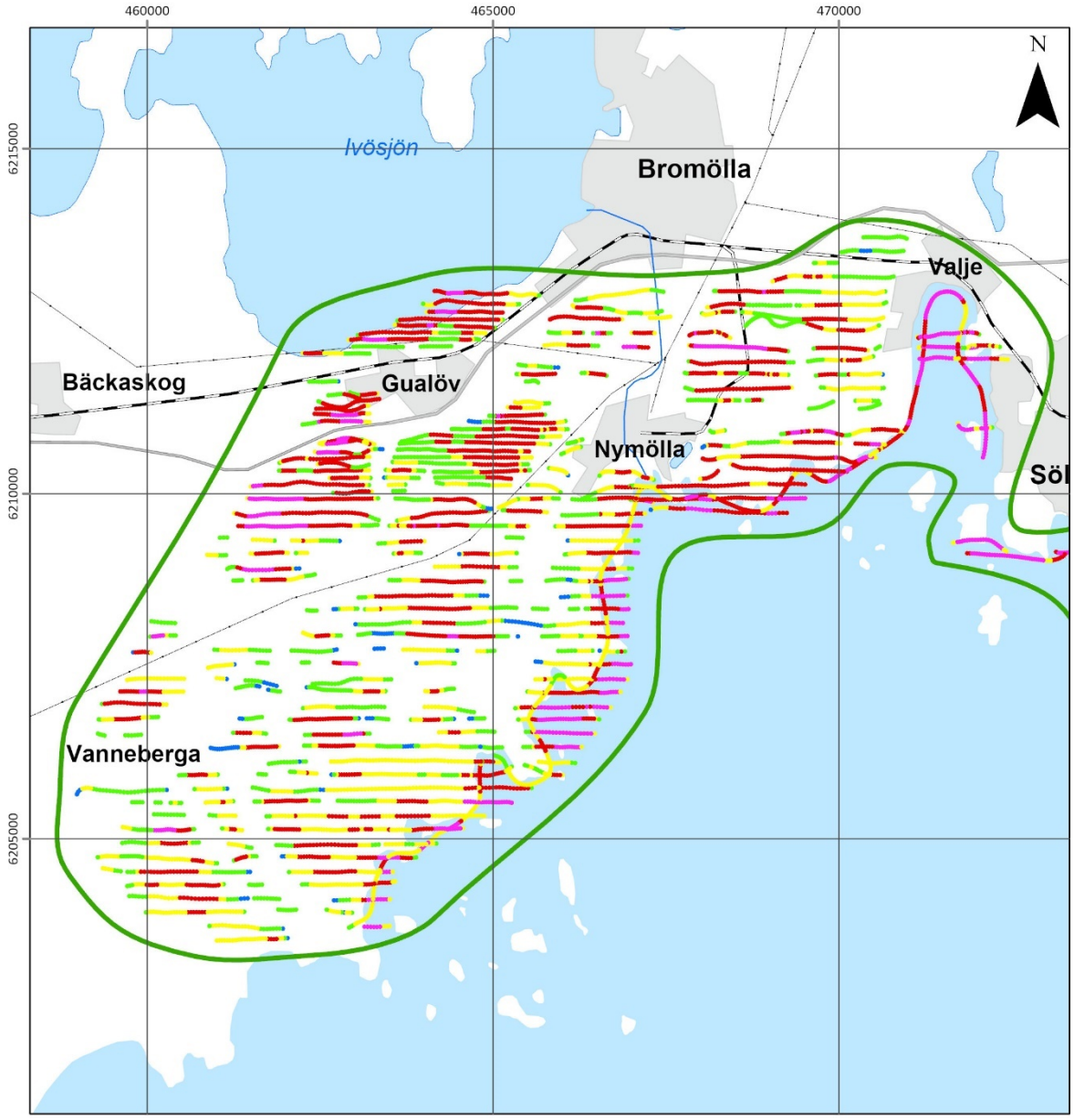
Resistivitetsmodeller

0 4 km

BILAGA 3. ANTAL DATAPUNKTER

Bilaga 3:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



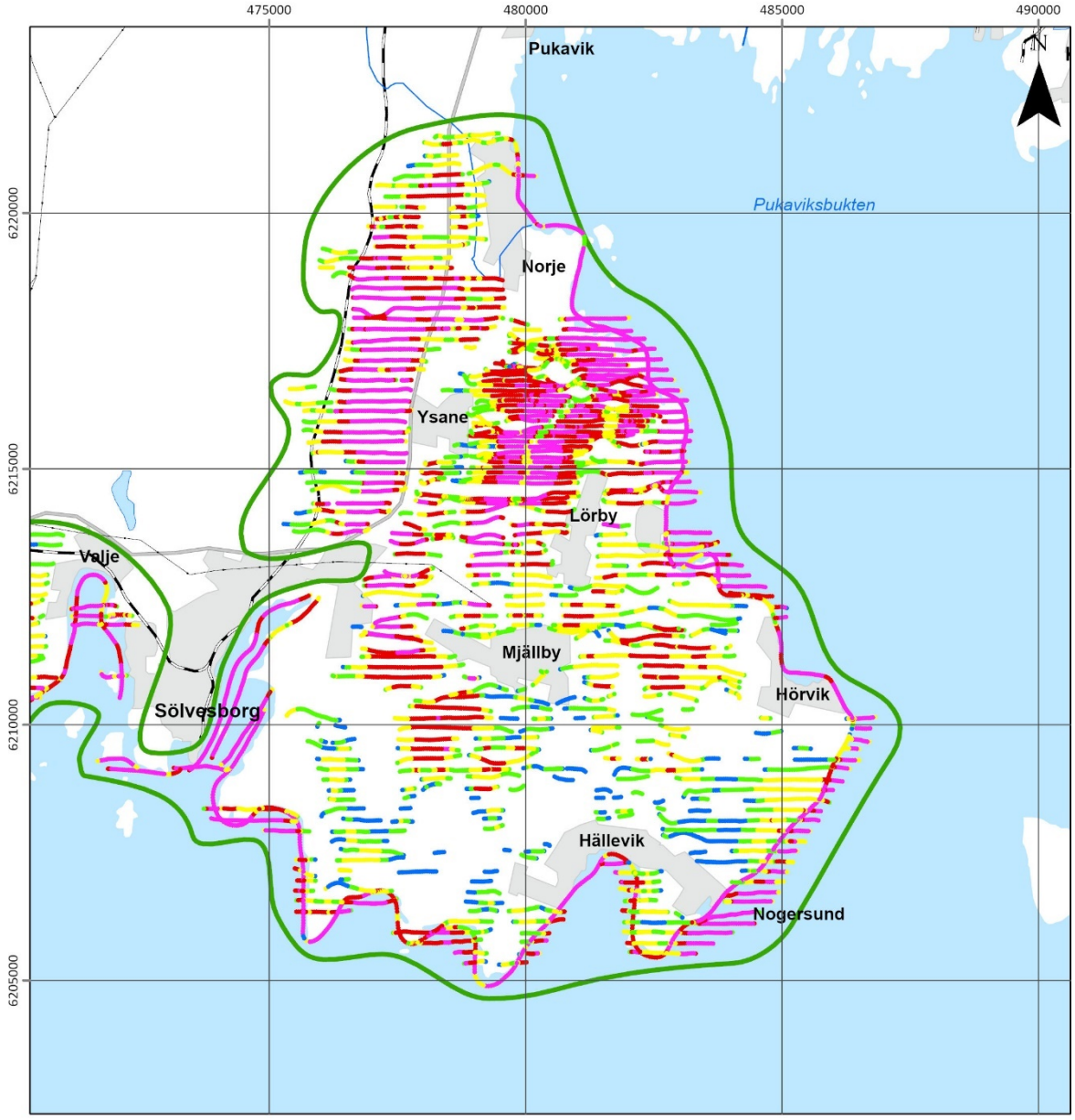
Antal datapunkter
- 0 - 6
- 7 - 14
- 15 - 24
- 25 - 30
- 31 - 48

Flygområde

0 4 km

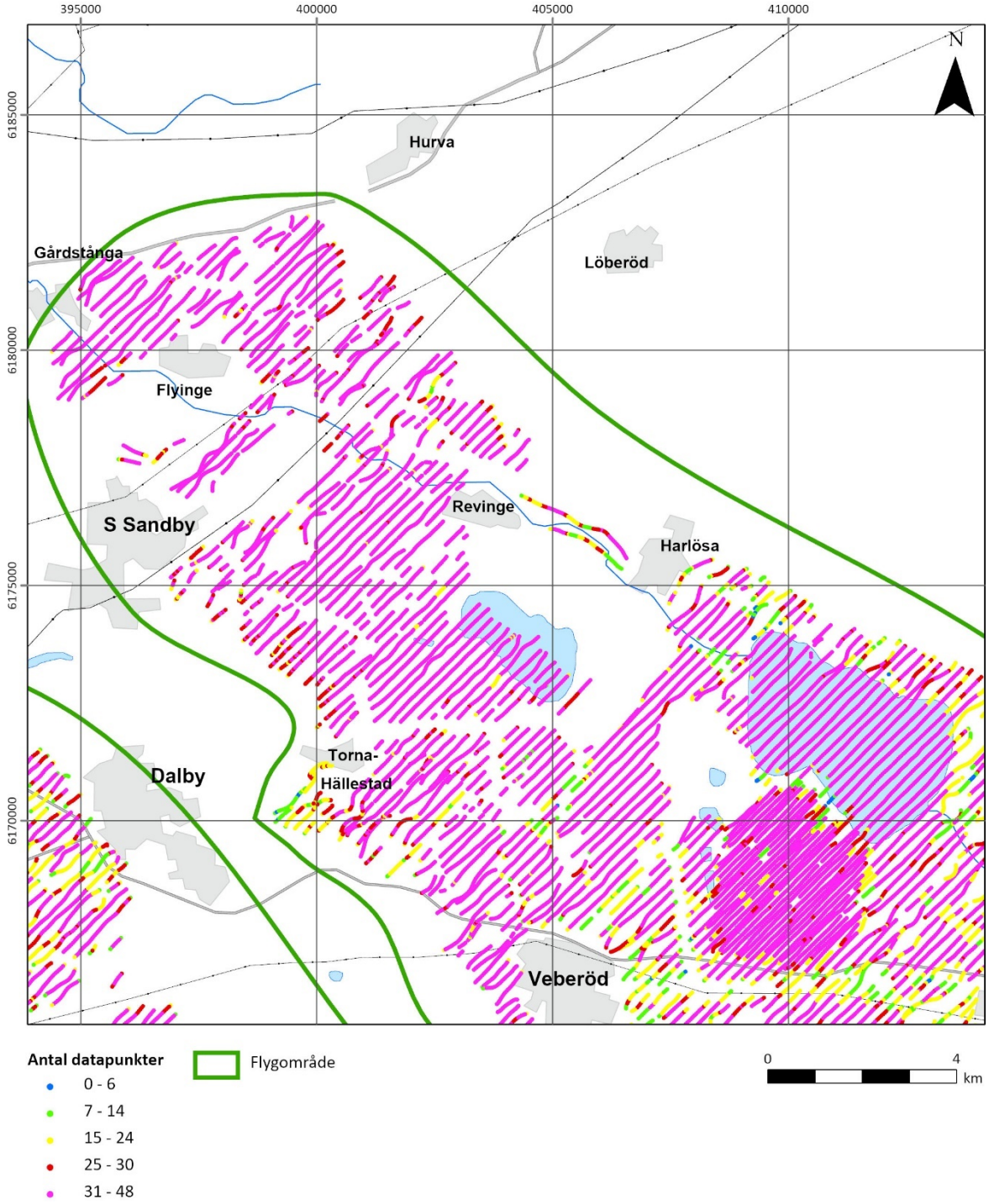
Bilaga 3:2
Kartruta: Listerlandet
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



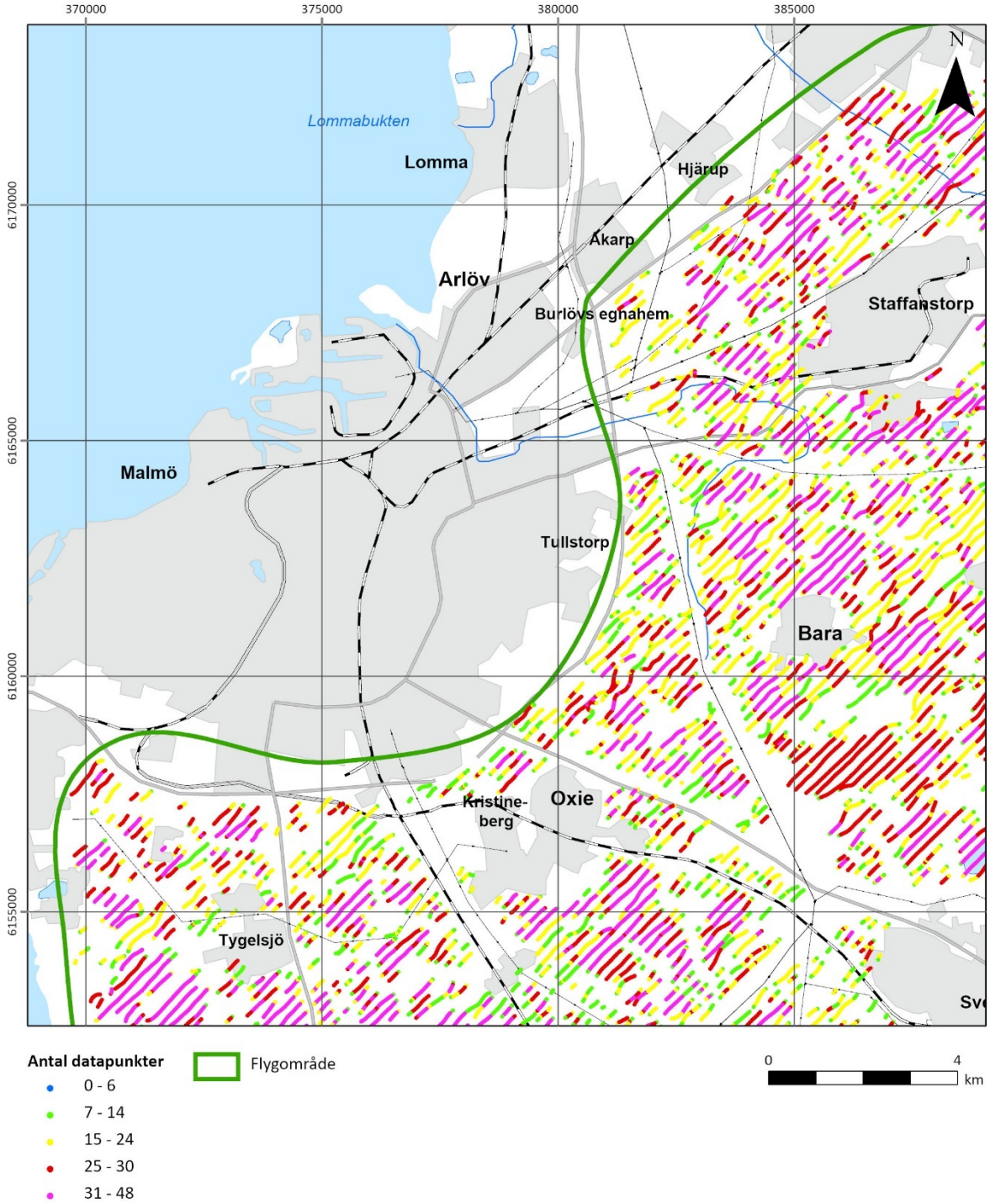
Bilaga 3:3
Kartruta: Skåne 1
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



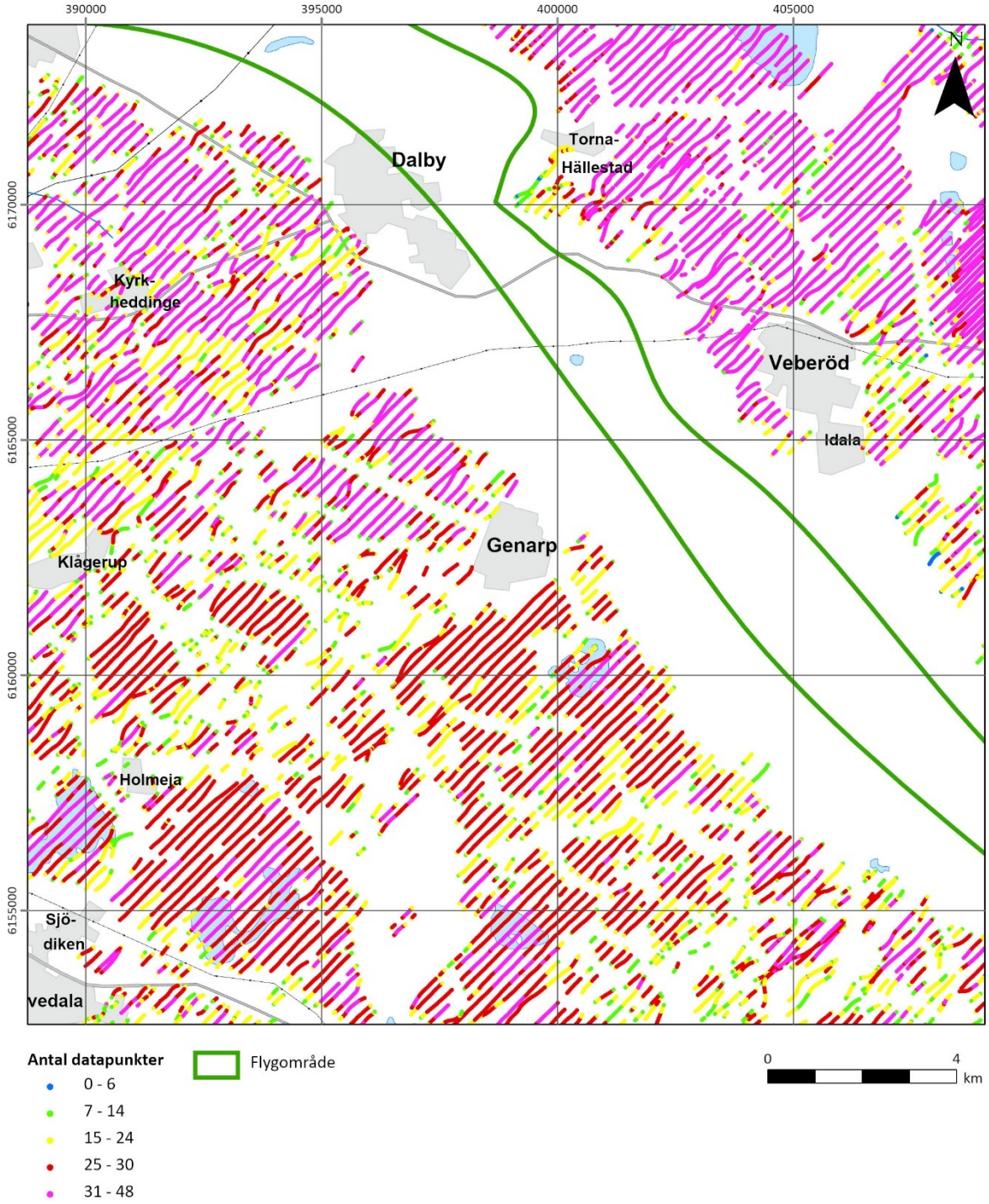
Bilaga 3:4
Kartruta: Skåne 2
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



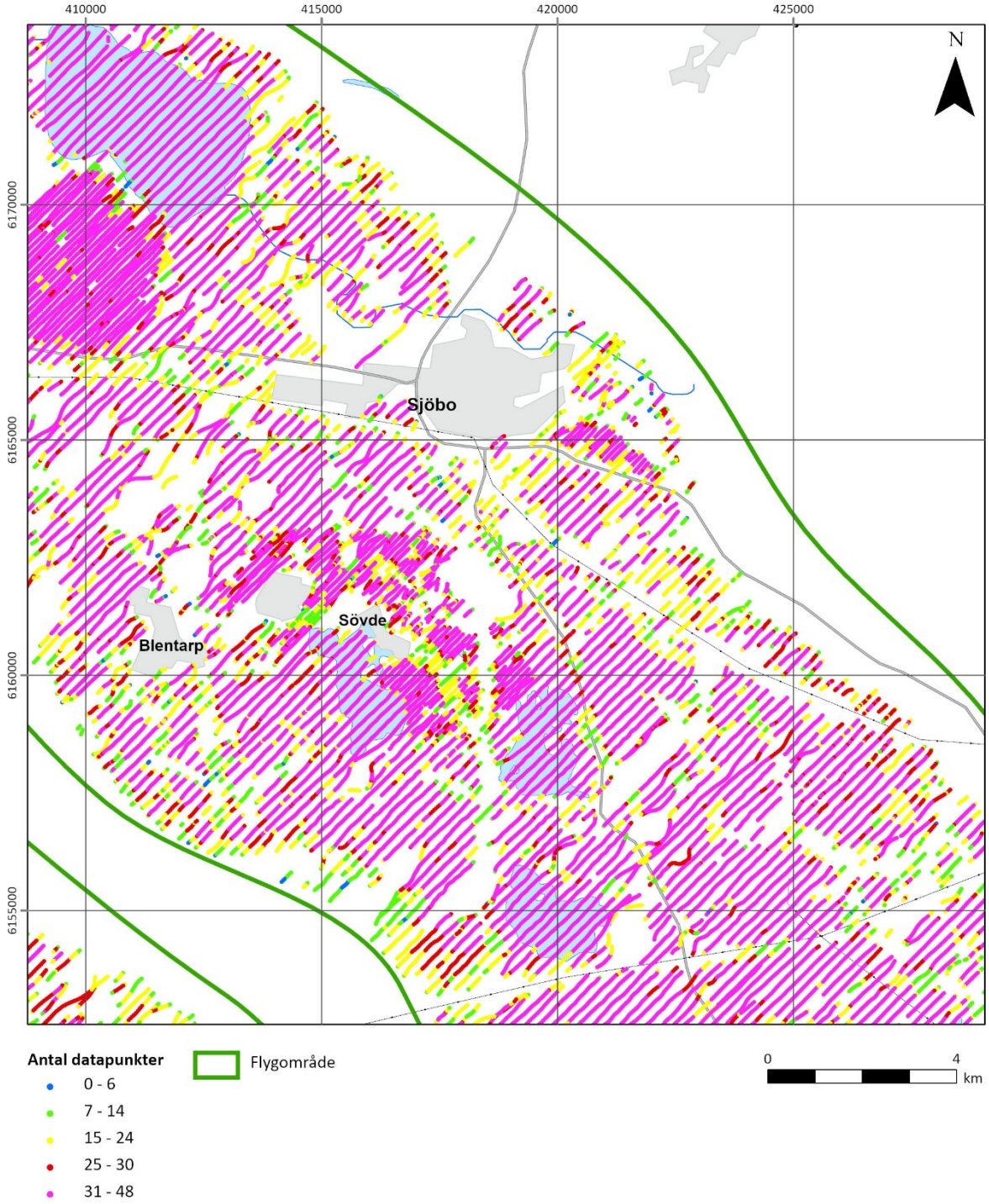
Bilaga 3:5
Kartruta: Skåne 3
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



Bilaga 3:6
Kartruta: Skåne 4
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning

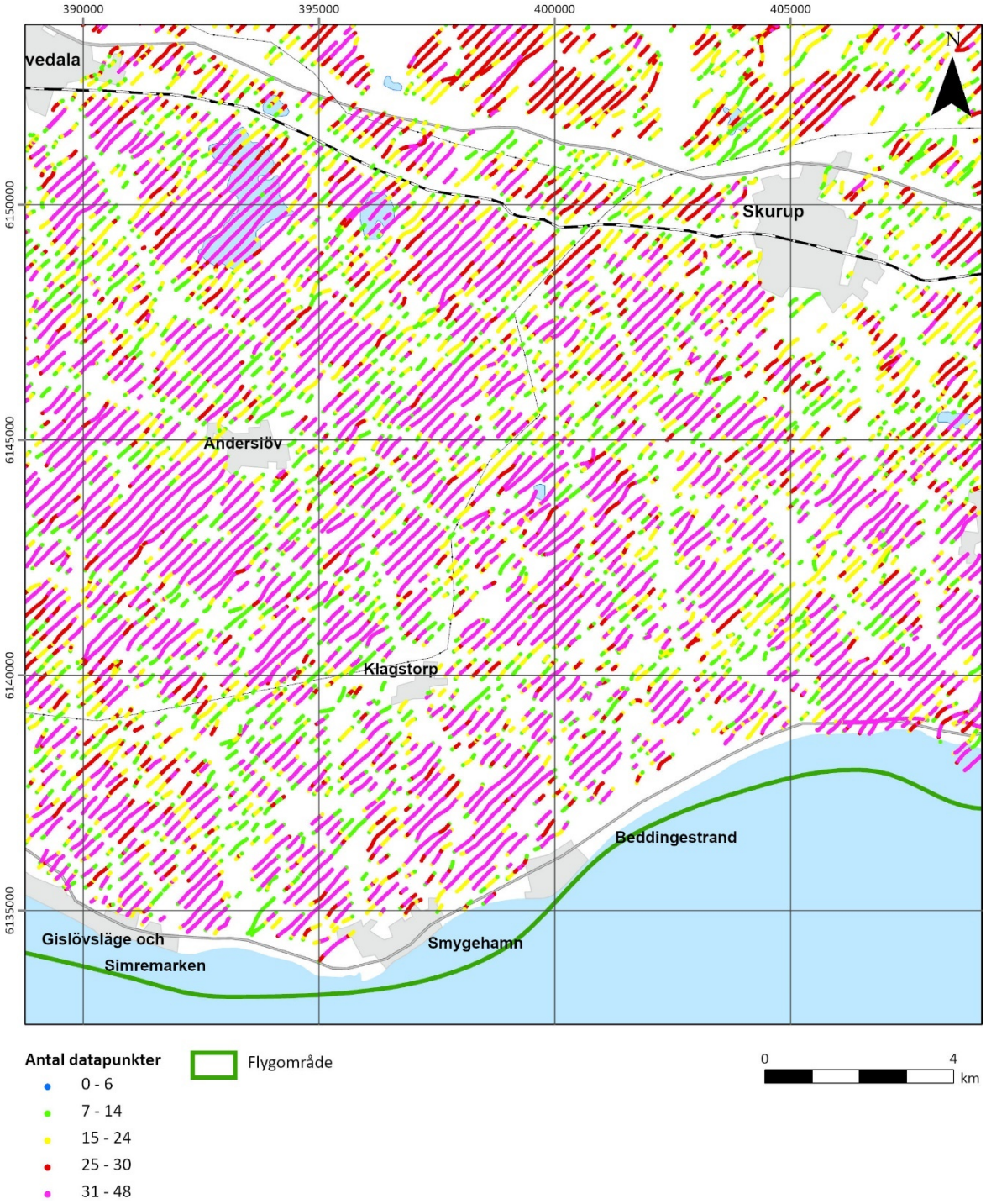


Bilaga 3:7
Kartruta: Skåne 5
Antal datapunkter

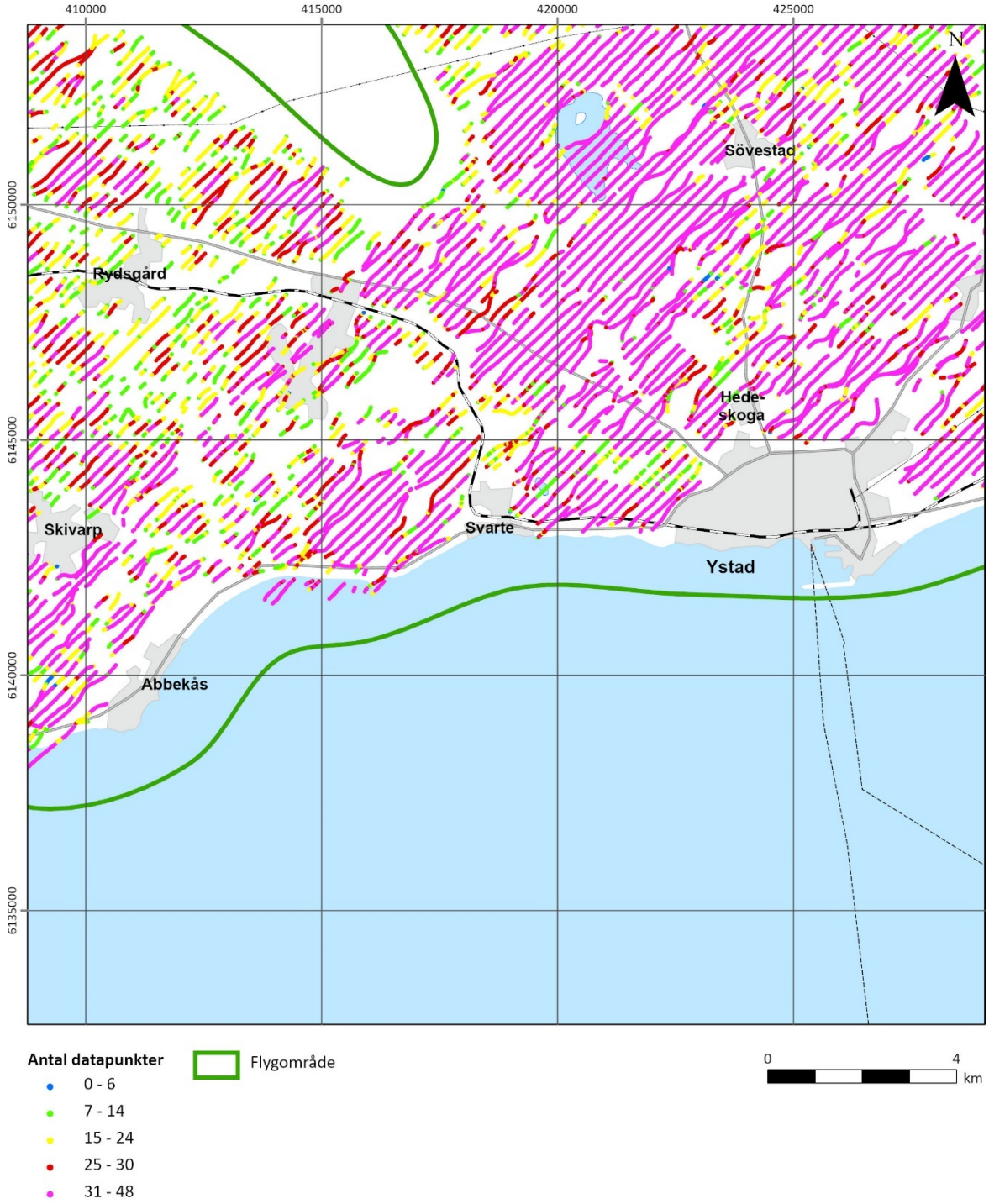
SGU Sveriges geologiska undersökning

Bilaga 3:8
Kartruta: Skåne 6
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning



Bilaga 3:9
Kartruta: Skåne 7
Antal datapunkter



Bilaga 3:10
Kartruta: Skåne 8
Antal datapunkter

SGU Sveriges geologiska undersökning

Antal datapunkter
- 0 - 6
- 7 - 14
- 15 - 24
- 25 - 30
- 31 - 48

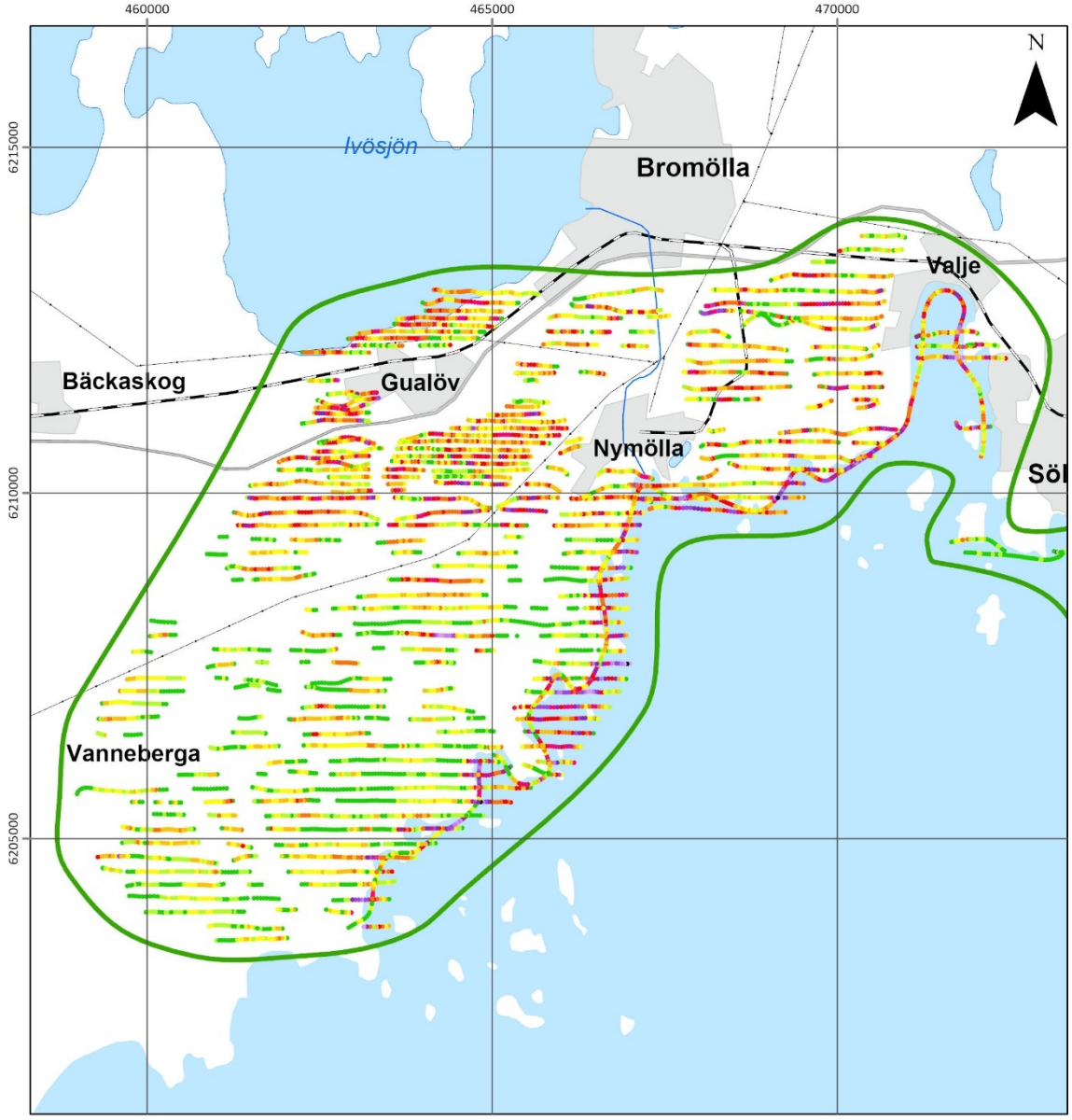
Flygområde

0 4 km

BILAGA 4. RESIDUAL

Bilaga 4:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
Residual

SGU Sveriges geologiska undersökning



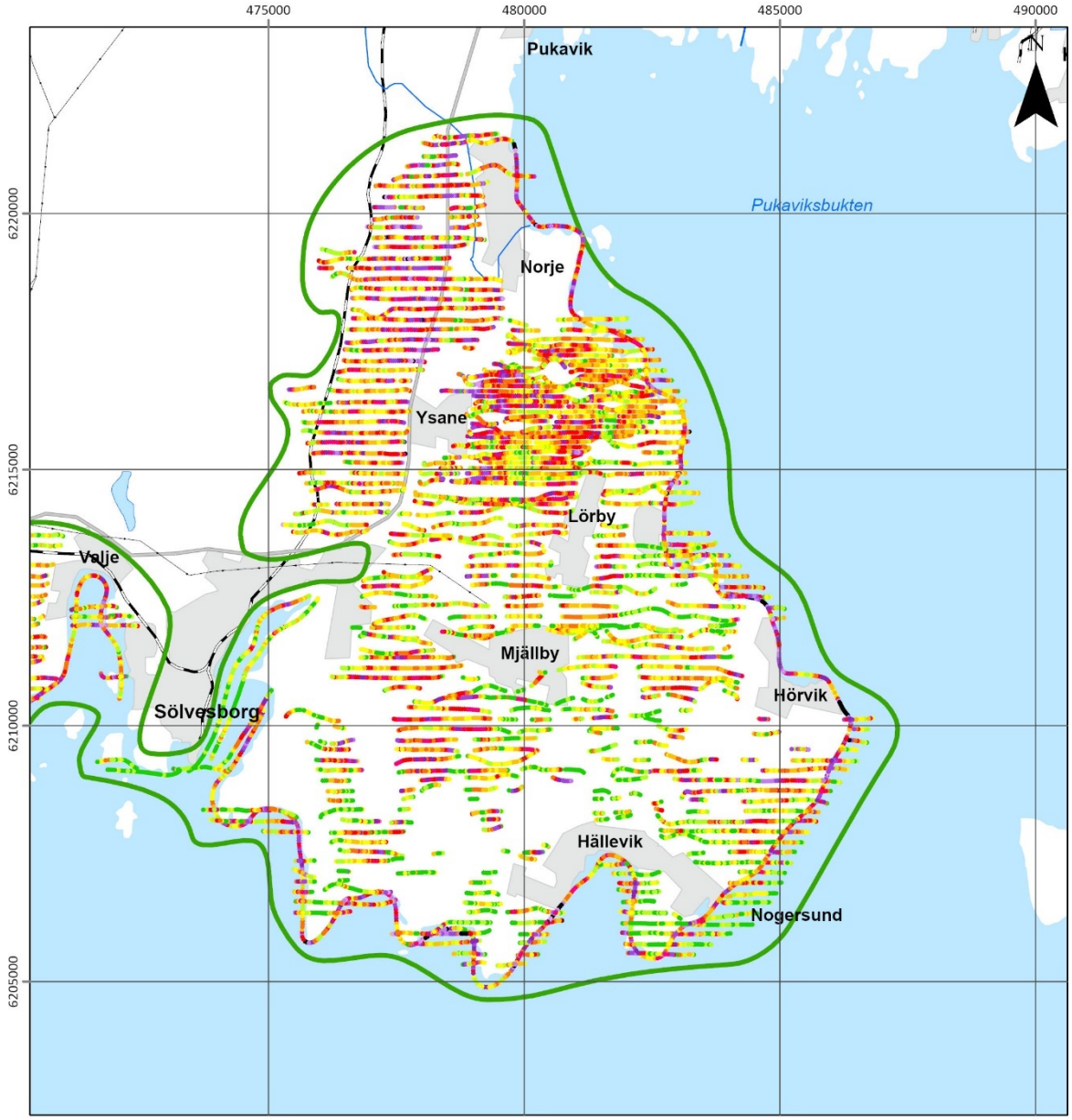
Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:2
Kartruta: Listerlandet
Residual



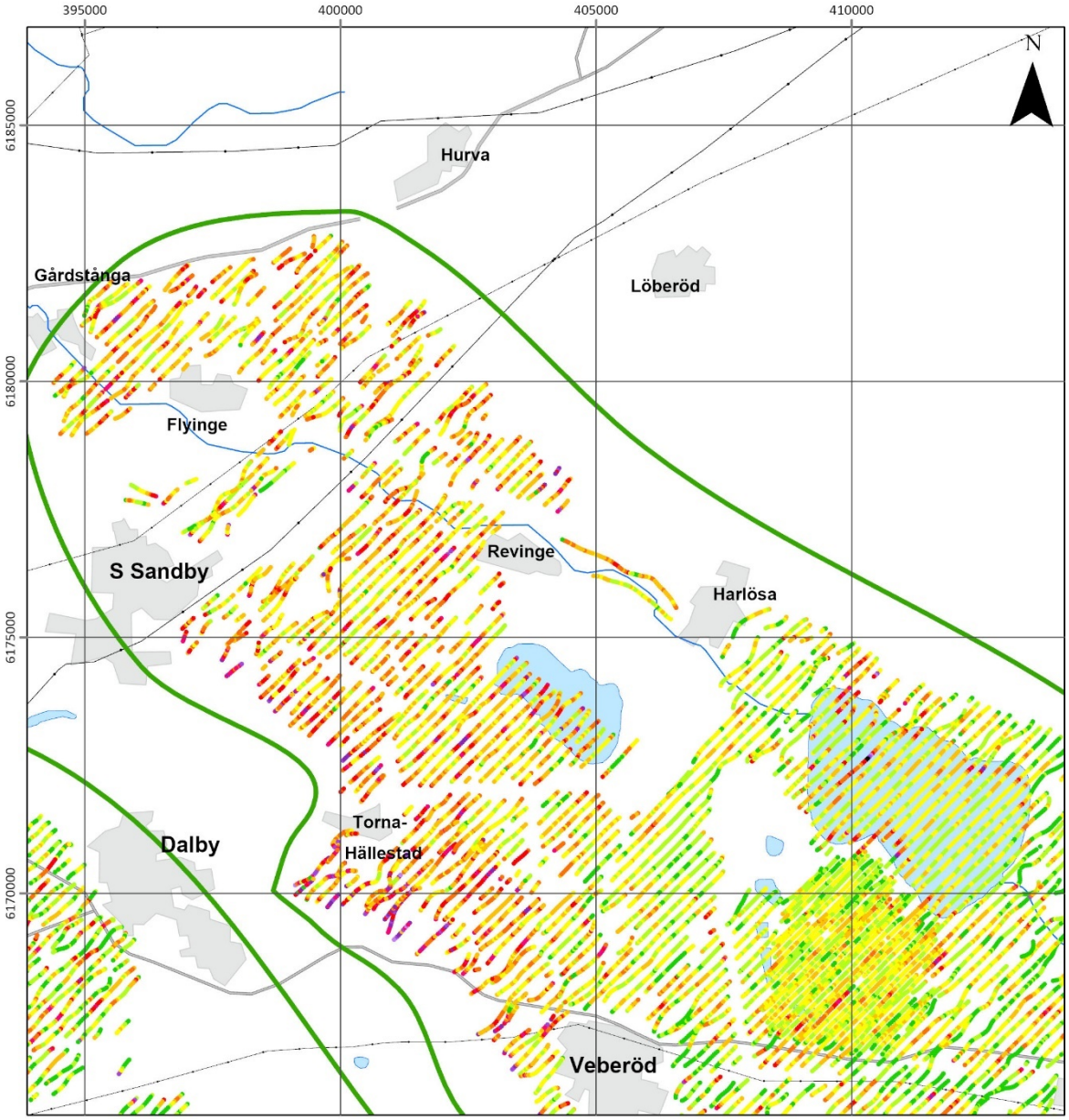
Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:3
Kartruta: Skåne 1
Residual



Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:4
Kartruta: Skåne 2
Residual

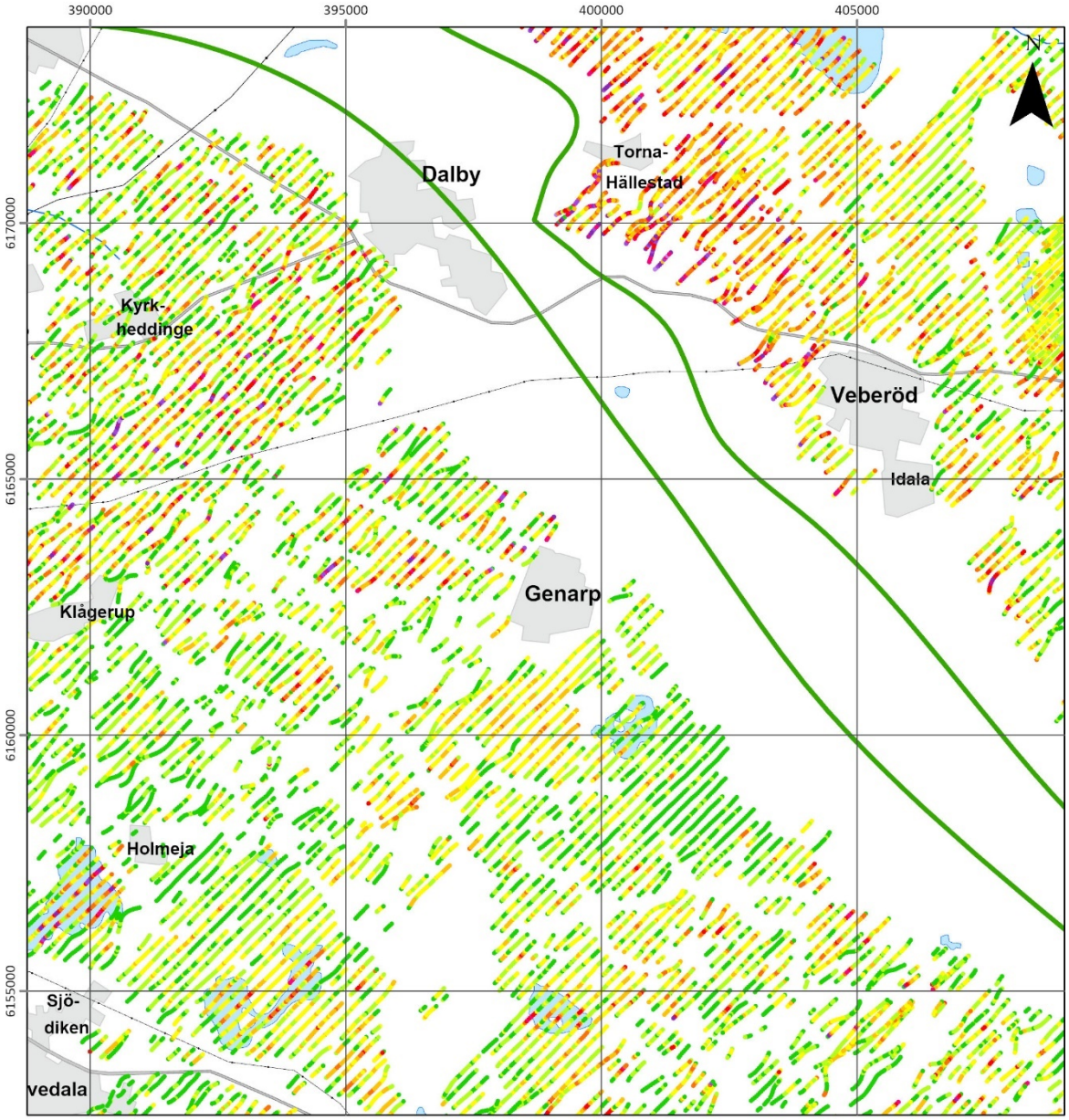
Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:5
Kartruta: Skåne 3
Residual



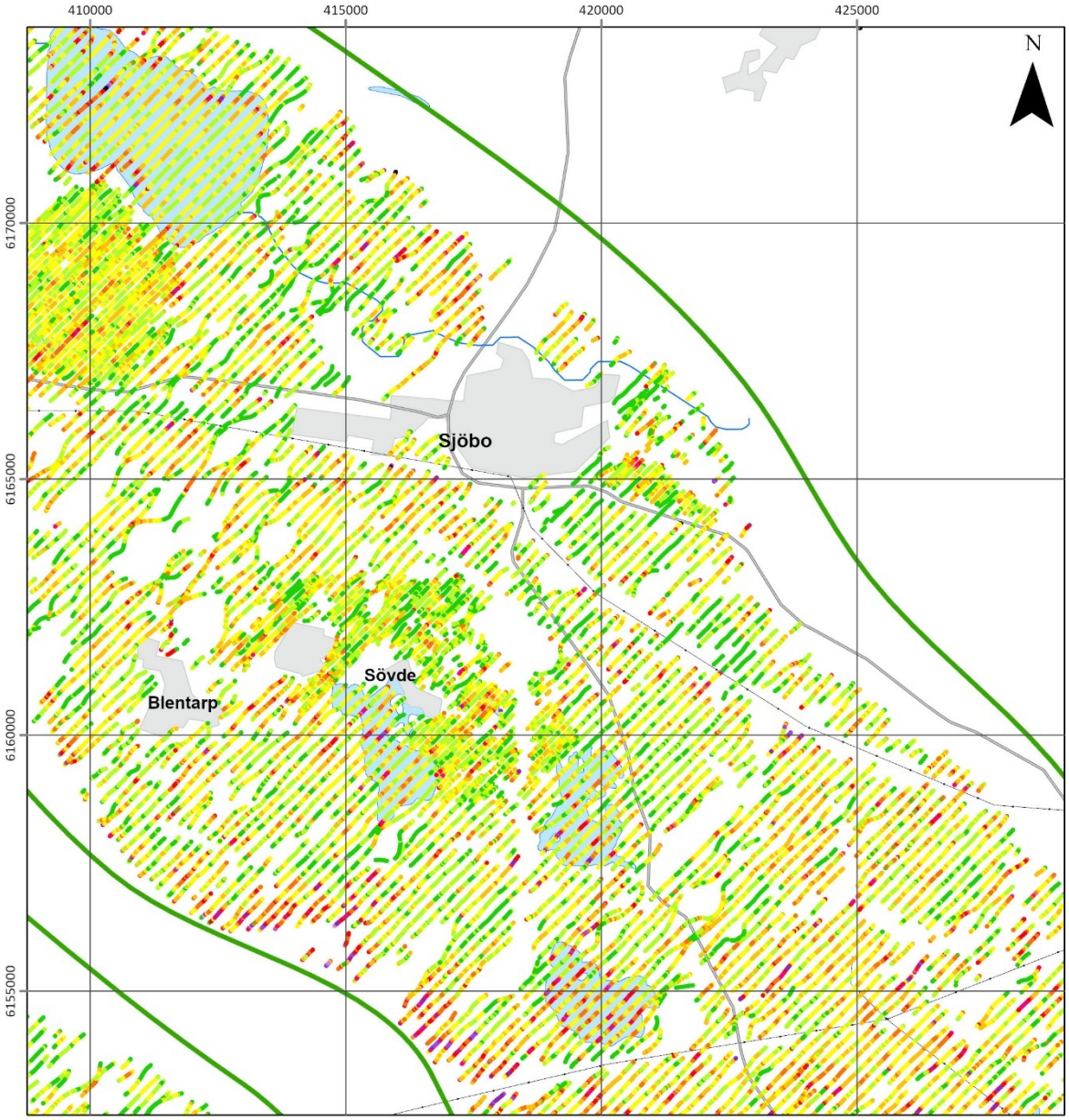
Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:6
Kartruta: Skåne 4
Residual



Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:7
Kartruta: Skåne 5
Residual

Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:8
Kartruta: Skåne 6
Residual

SGU Sveriges geologiska undersökning

Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:9
Kartruta: Skåne 7
Residual

Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

Bilaga 4:10
Kartruta: Skåne 8
Residual

SGU Sveriges geologiska undersökning

Residual

- ≤ 0,6
- ≤ 0,8
- ≤ 1,0
- ≤ 1,2
- ≤ 1,4
- ≤ 1,6
- ≤ 1,8
- ≤ 2,0
- ≤ 2,5
- ≤ 3,5
- > 3,5

Flygområde

0 4 km

BILAGA 5. SKILLNAD I FLYGHÖJD

Bilaga 5:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning

Skillnad i flyghöjd (m)

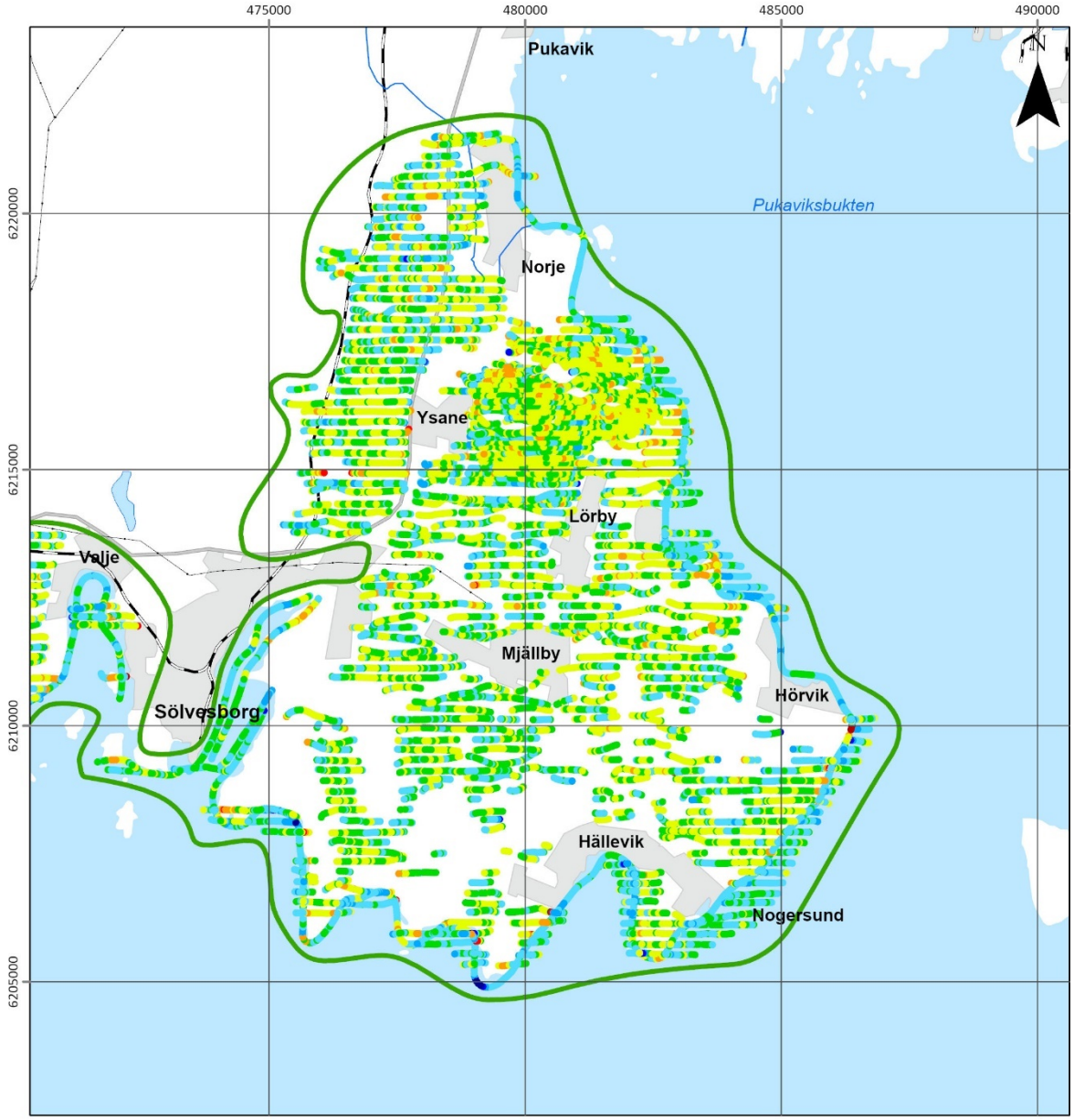
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:2
Kartruta: Listerlandet
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

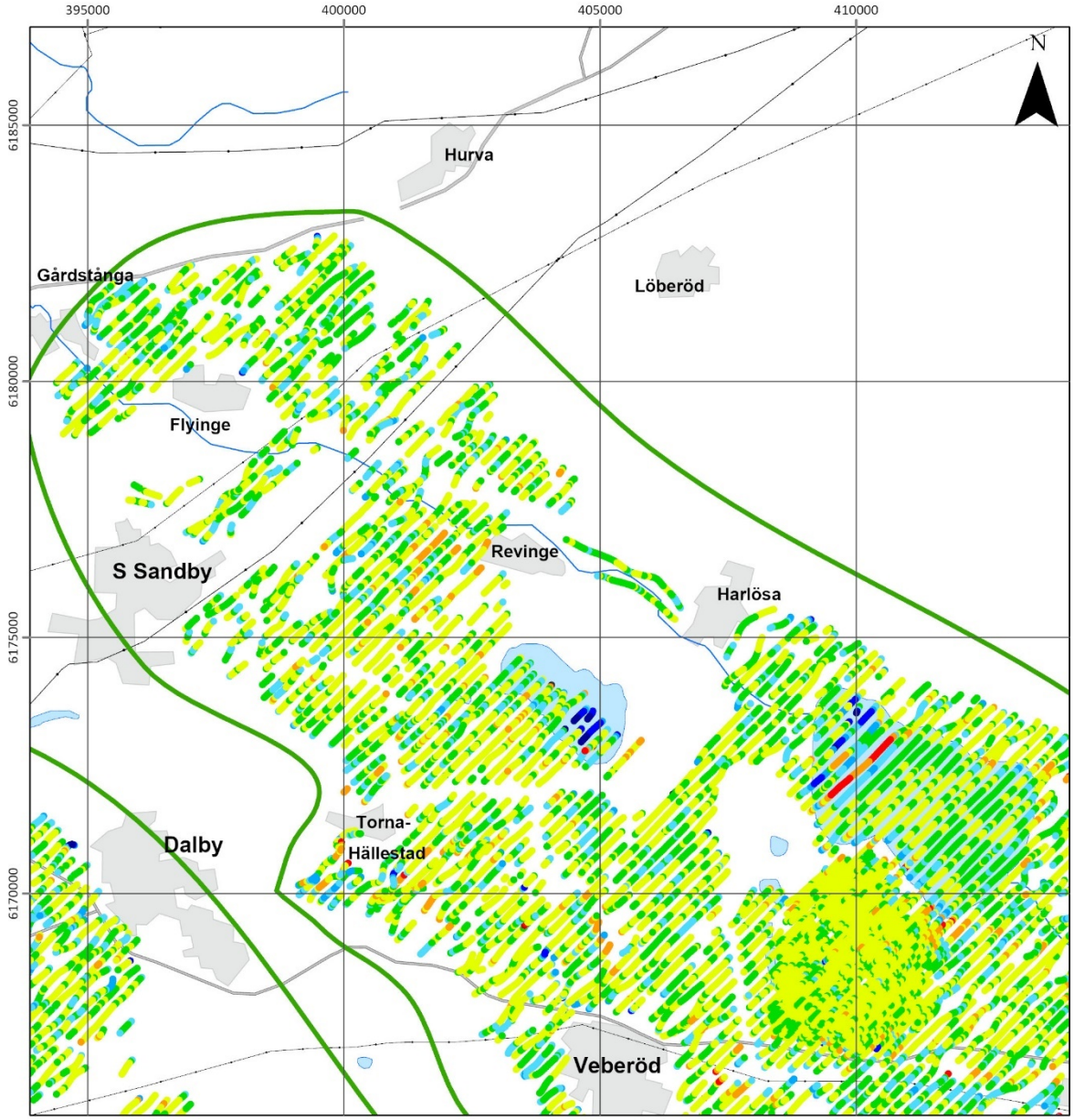
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:3
Kartruta: Skåne 1
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

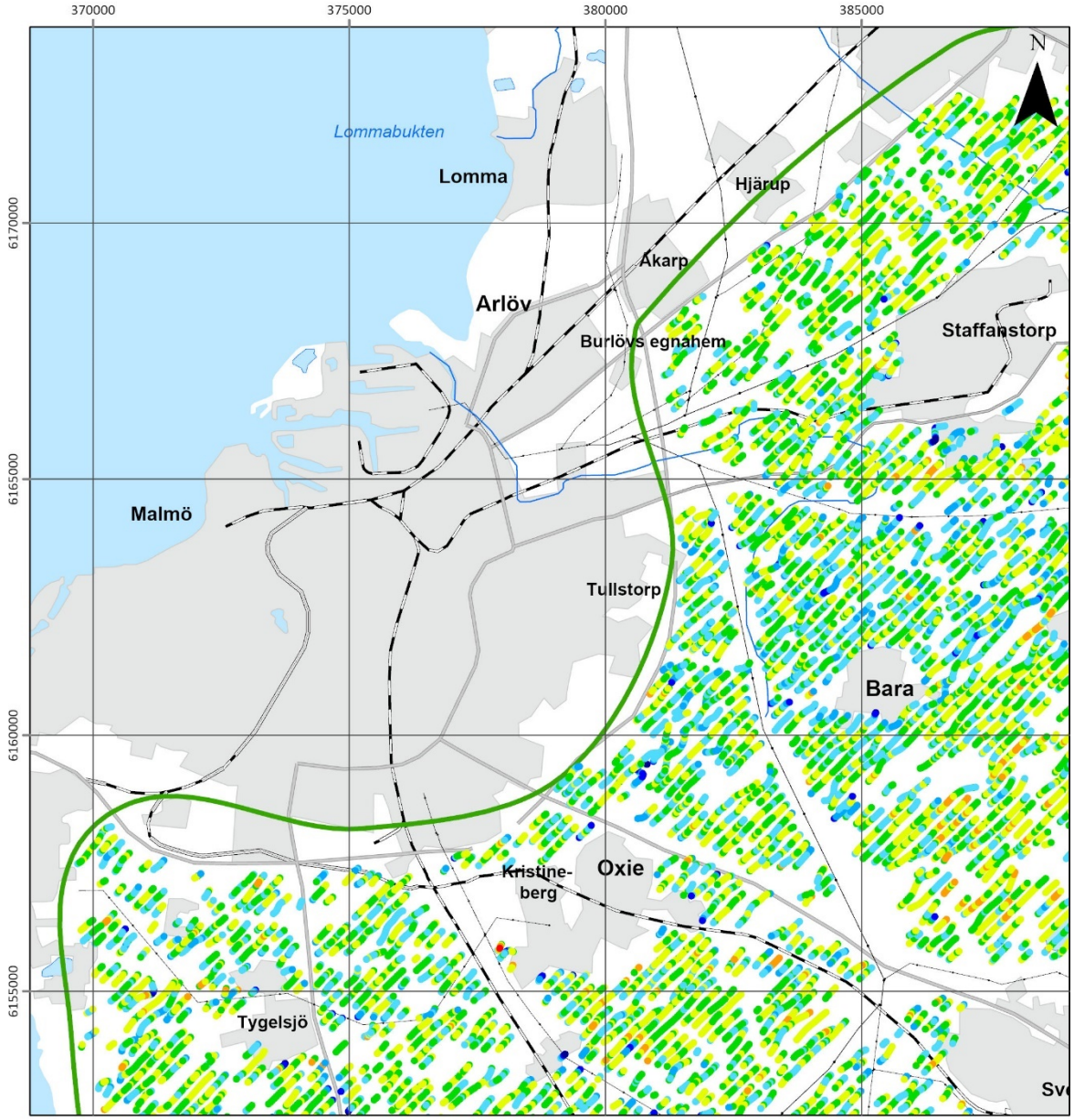
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:4
Kartruta: Skåne 2
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

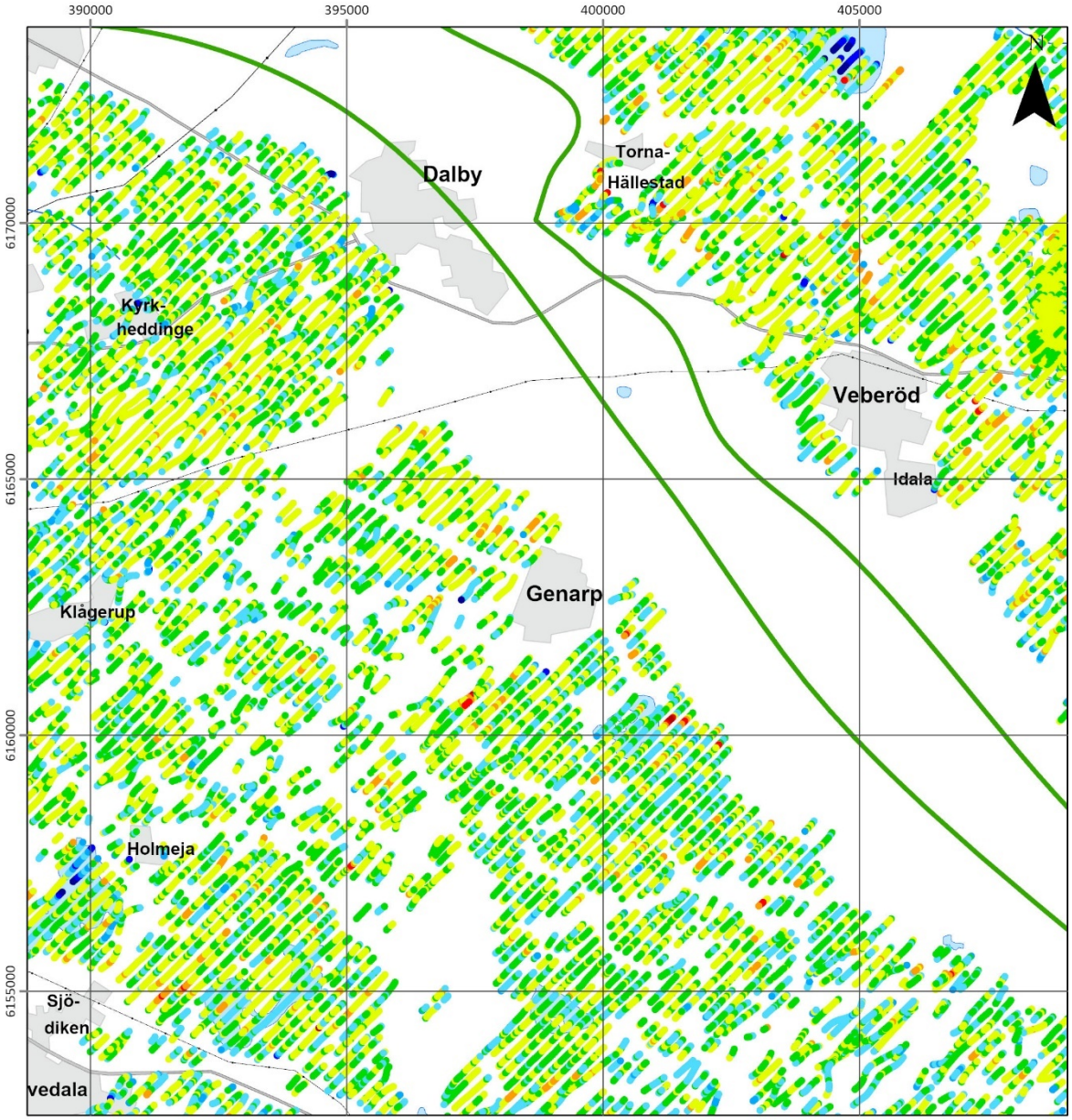
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:5
Kartruta: Skåne 3
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

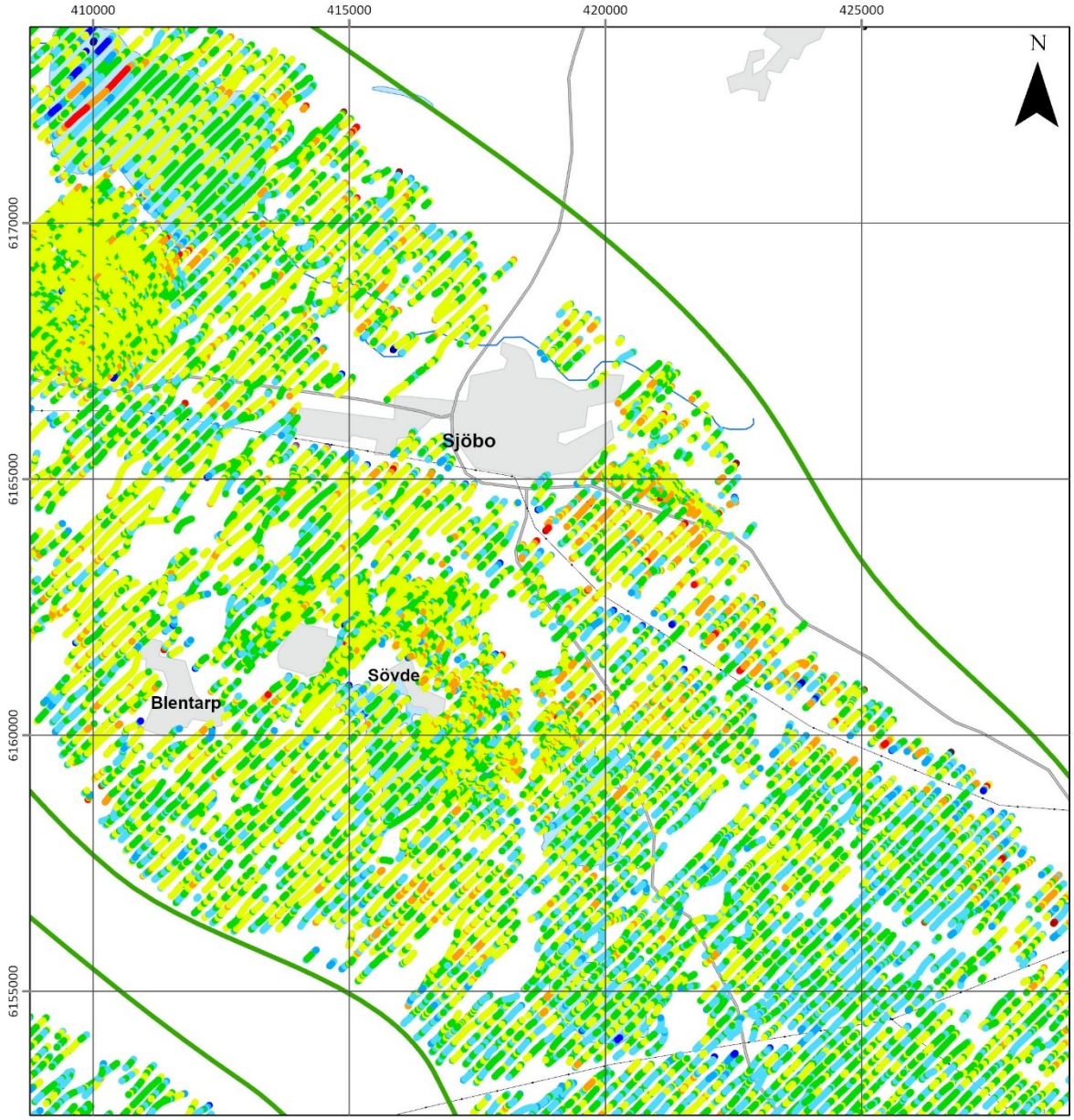
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:6
Kartruta: Skåne 4
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

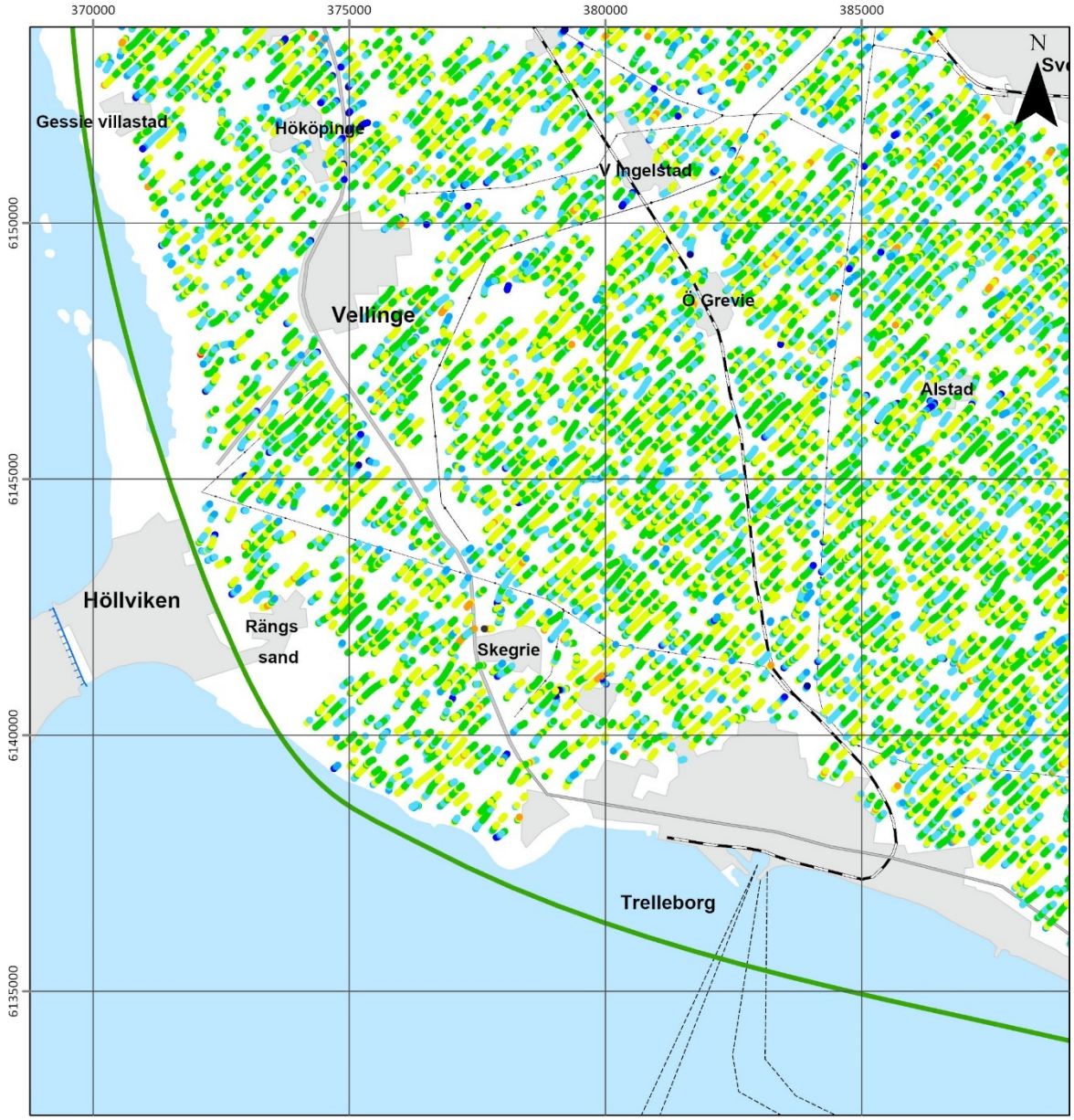
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:7
Kartruta: Skåne 5
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

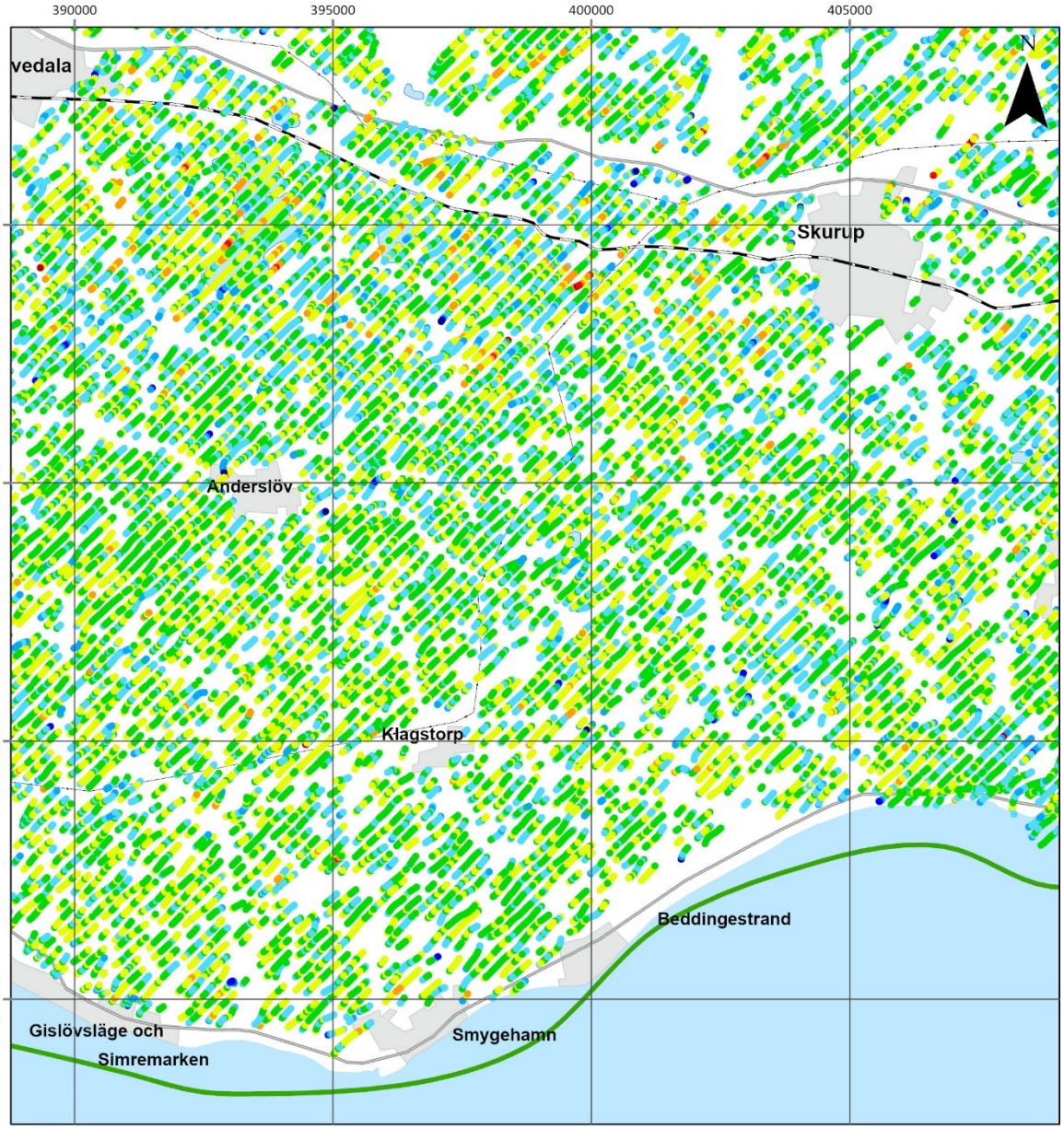
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:8
Kartruta: Skåne 6
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

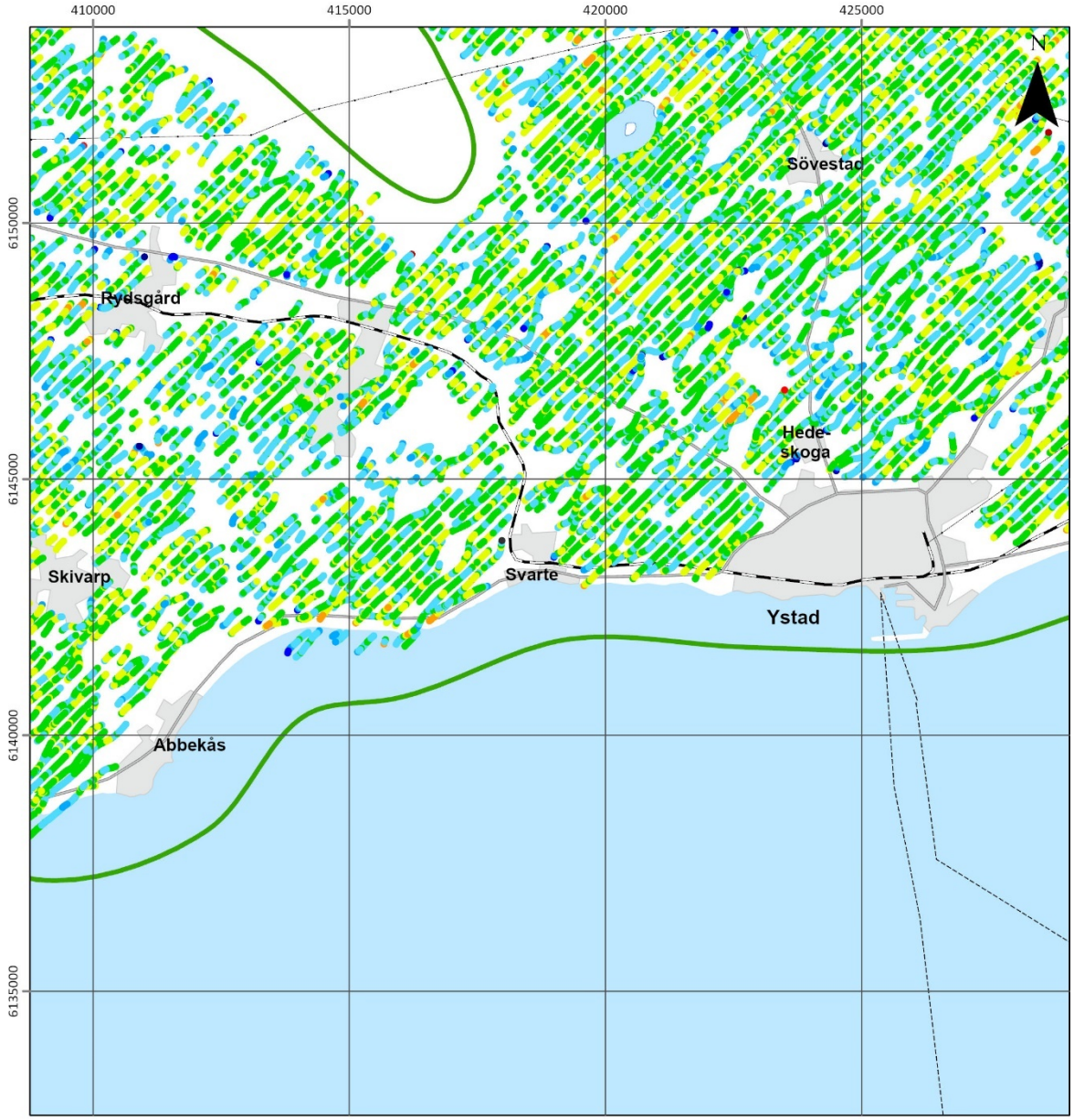
- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:9
Kartruta: Skåne 7
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning



Skillnad i flyghöjd (m)

- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

Bilaga 5:10
Kartruta: Skåne 8
Skillnad i flyghöjd

SGU Sveriges geologiska undersökning

Skillnad i flyghöjd (m)

- ≤ -15,0
- ≤ -10,0
- ≤ -6,0
- ≤ -2,5
- ≤ -0,5
- ≤ 0,5
- ≤ 2,0
- ≤ 6,0
- ≤ 10,0
- ≤ 15,0
- > 15,0

Flygområde

0 4 km

BILAGA 6. KANALER

Bilaga 6:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
Kanaler

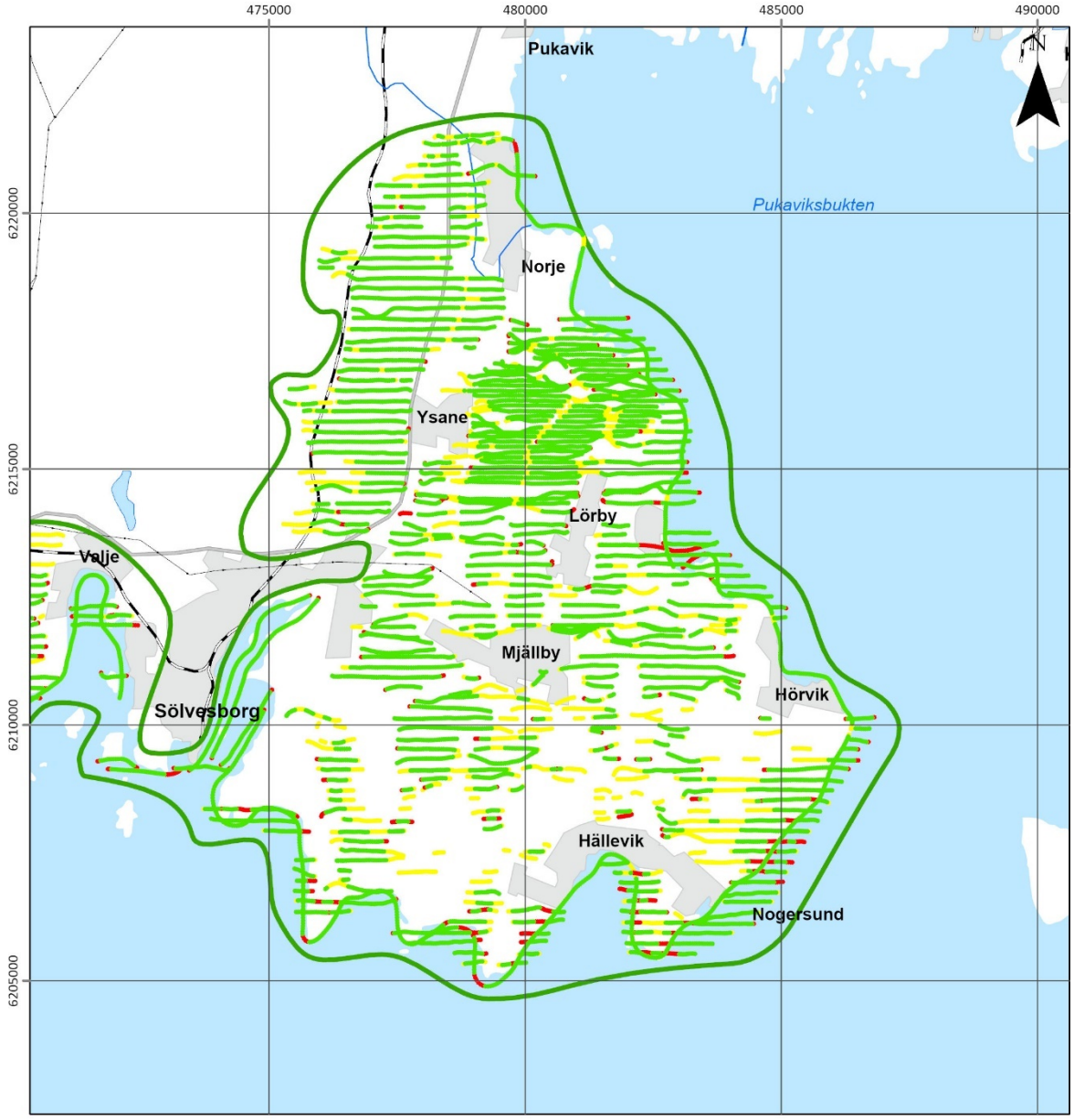
SGU Sveriges geologiska undersökning

Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:2
Kartruta: Listerlandet
Kanaler



Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:3
Kartruta: Skåne 1
Kanaler

SGU Sveriges geologiska undersökning

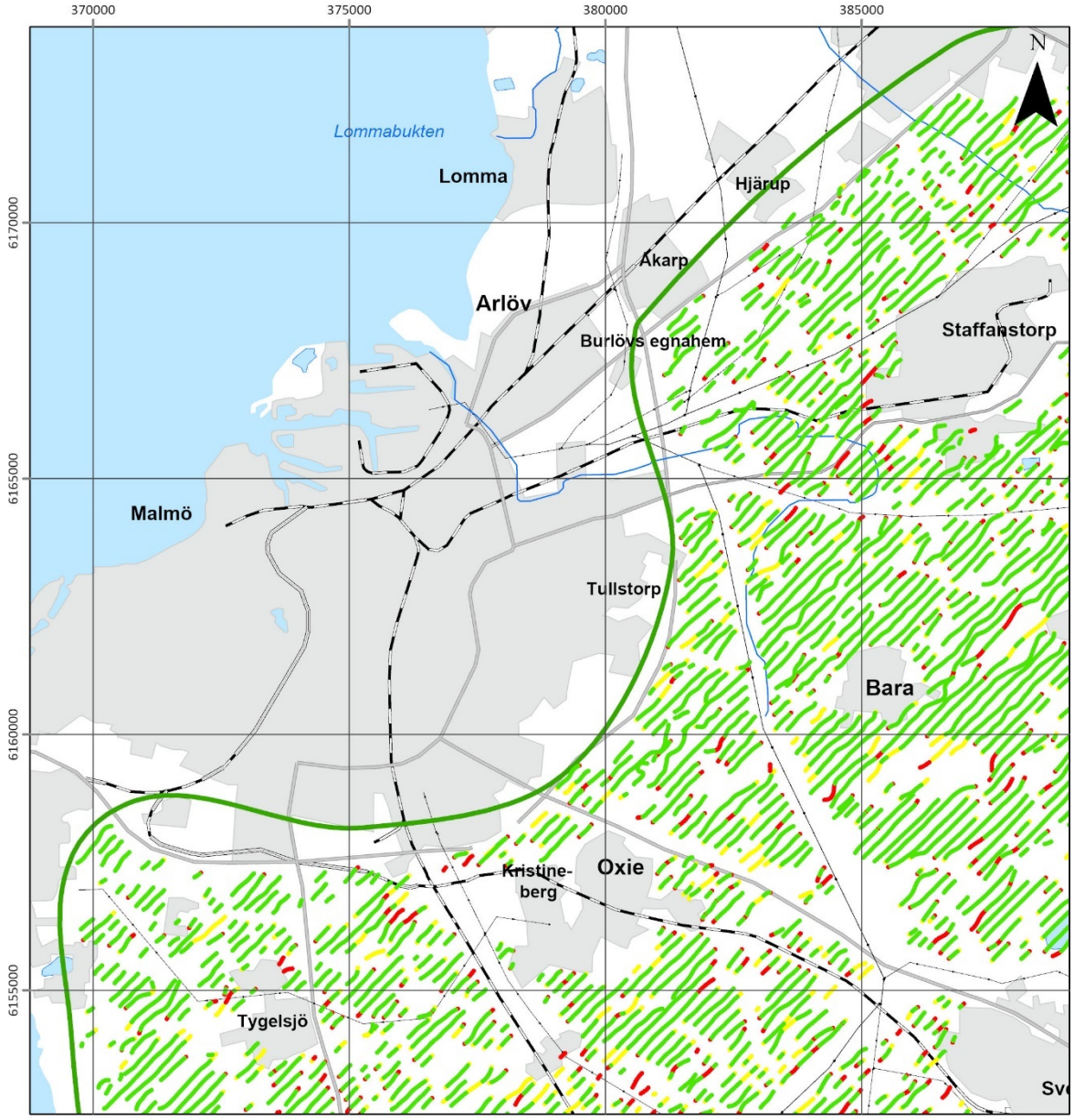
Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

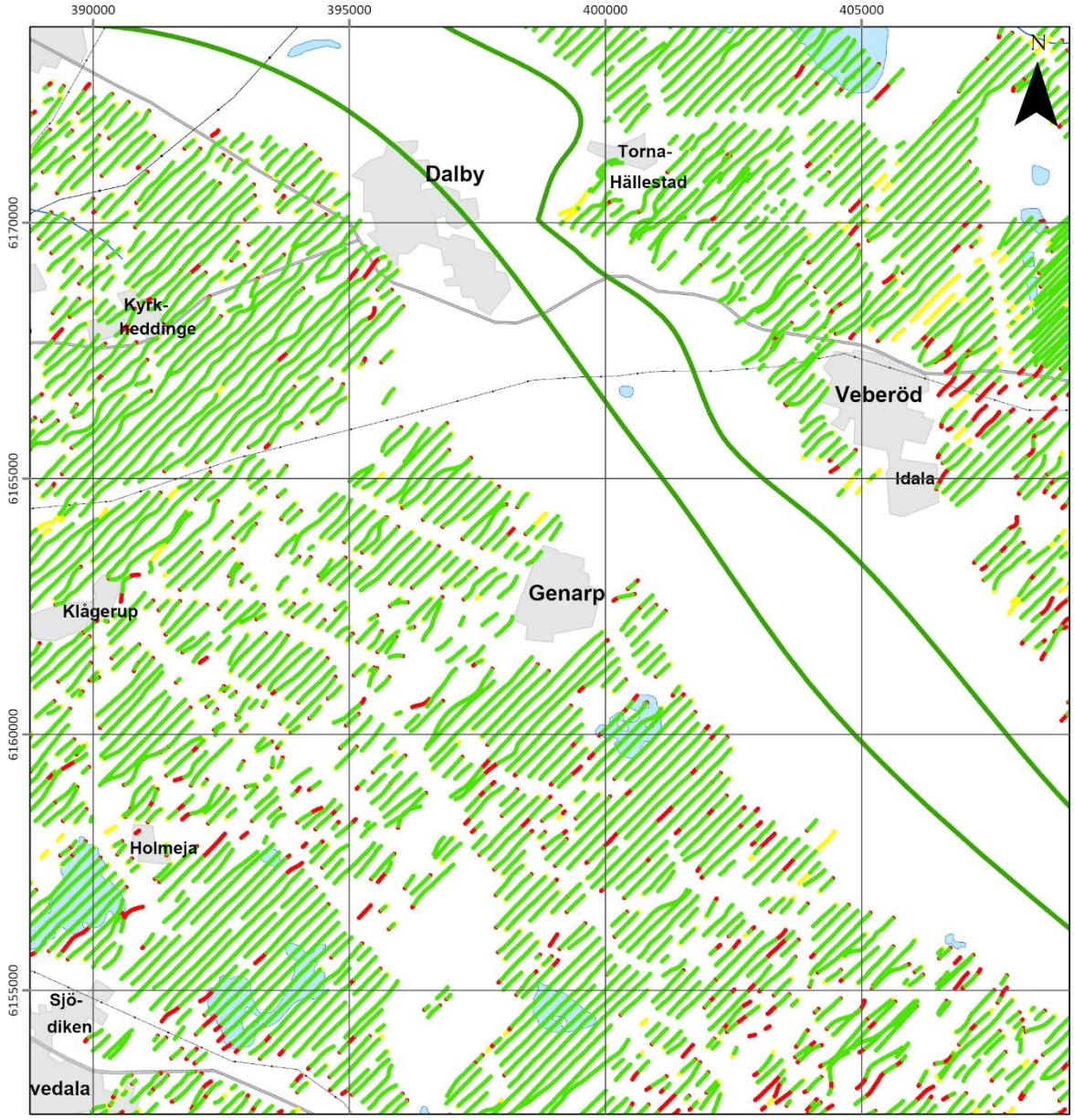
Bilaga 6:4
Kartruta: Skåne 2
Kanaler

SGU Sveriges geologiska undersökning



Bilaga 6:5
Kartruta: Skåne 3
Kanaler

SGU Sveriges geologiska undersökning



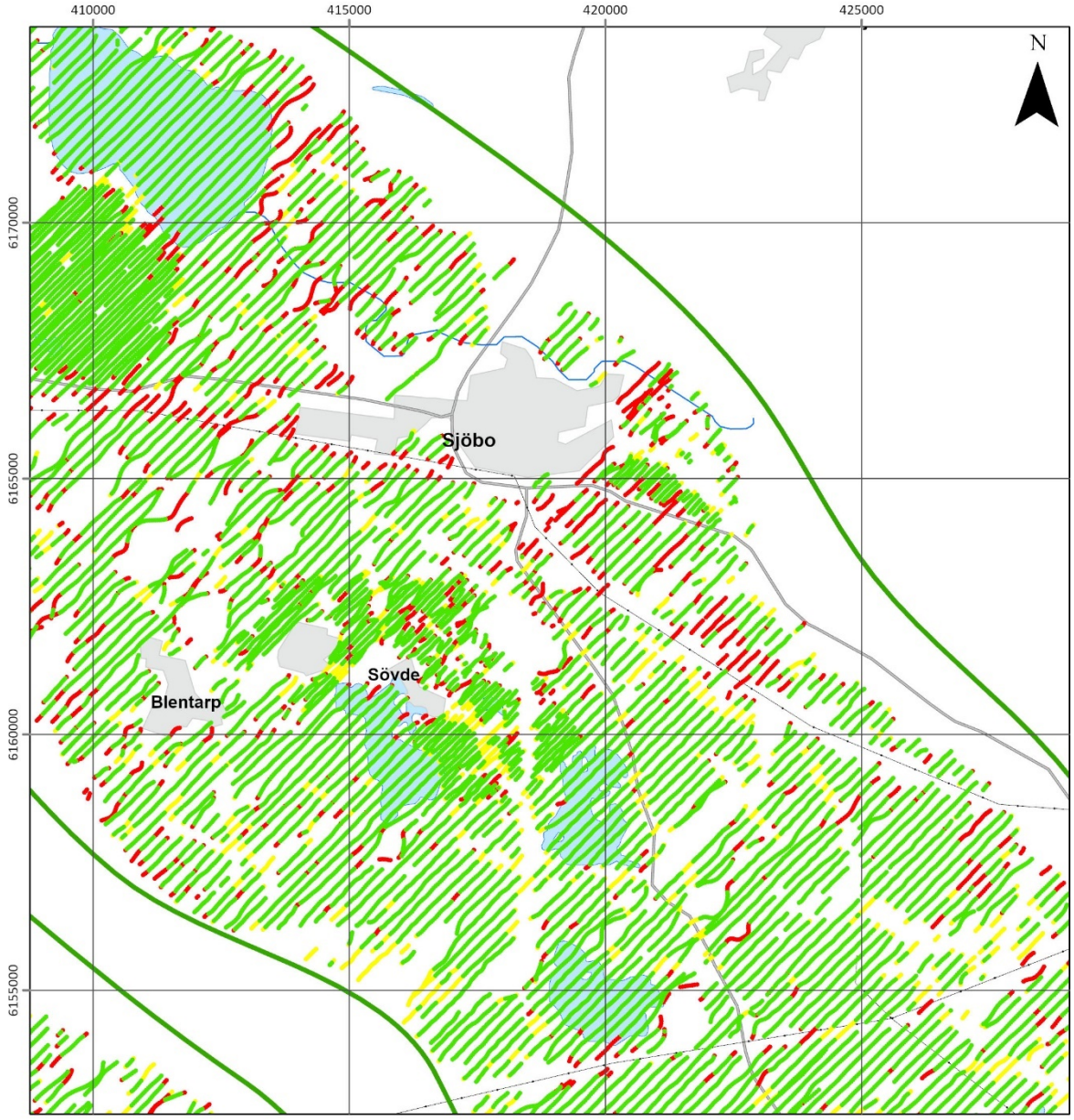
Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:6
Kartruta: Skåne 4
Kanaler

SGU Sveriges geologiska undersökning



Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:7
Kartruta: Skåne 5
Kanaler

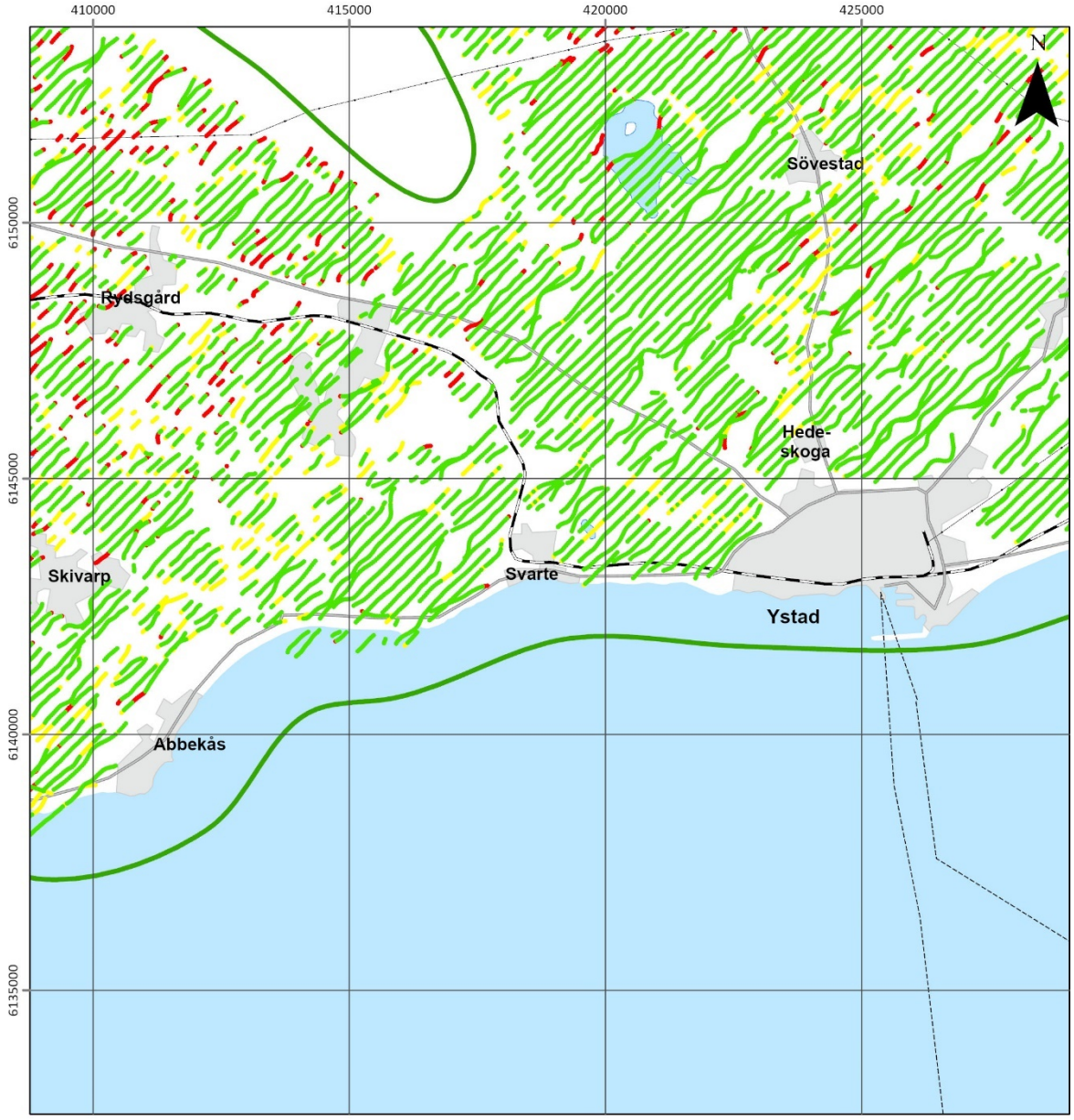
Bilaga 6:8
Kartruta: Skåne 6
Kanaler

Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:9
Kartruta: Skåne 7
Kanaler



Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

Flygområde

0 4 km

Bilaga 6:10
Kartruta: Skåne 8
Kanaler

SGU Sveriges geologiska undersökning

Kanaler (channel number)
- LM
- HM
- LM & HM

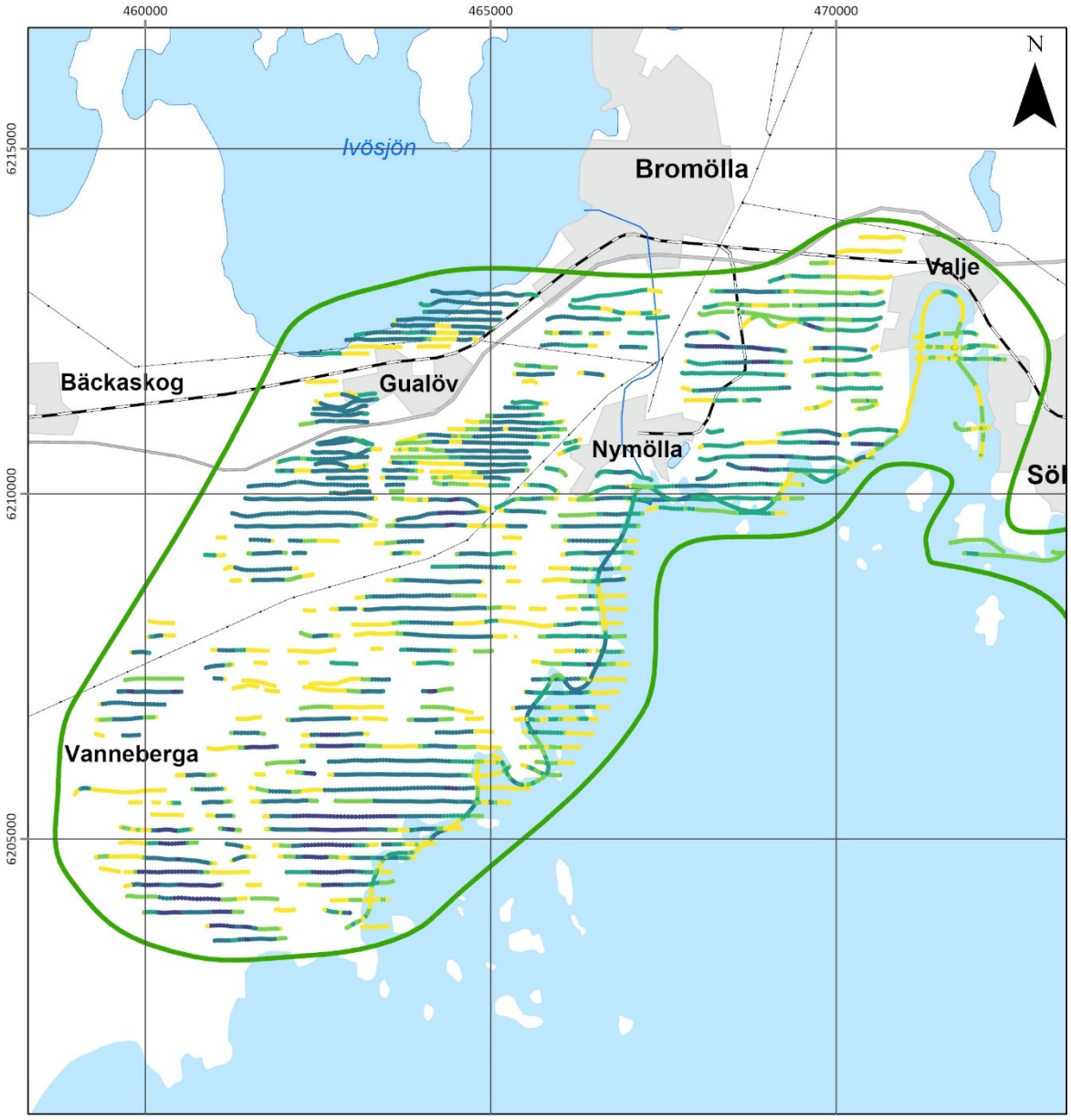
Flygområde

0 4 km

BILAGA 7. DJUPKÄNNING (DOI)

Bilaga 7:1
Kartruta: NO Kristianstadslätten
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

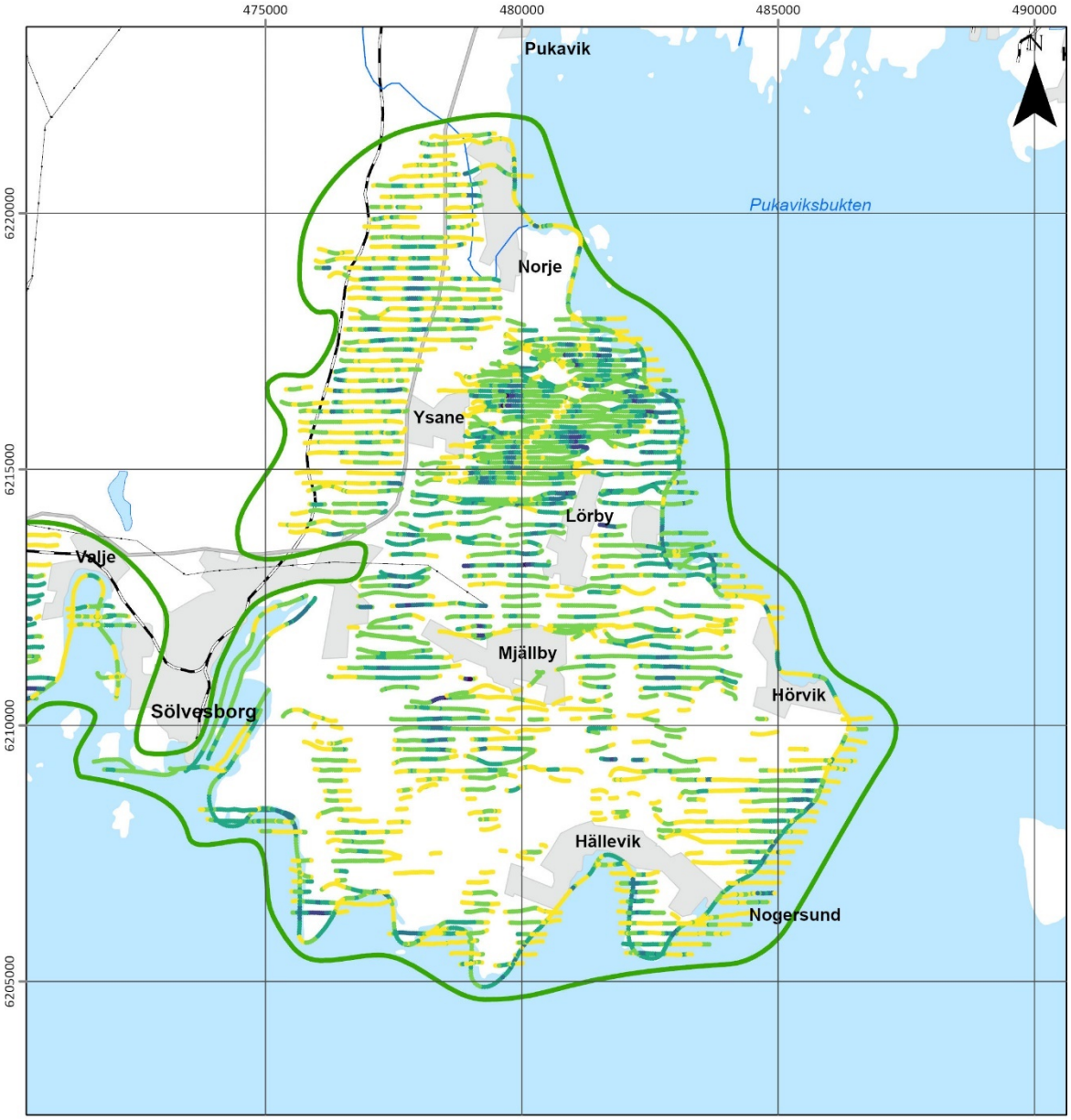
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:2
Kartruta: Listerlandet
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:3
Kartruta: Skåne 1
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning

DOI konservativ (m under markytan)

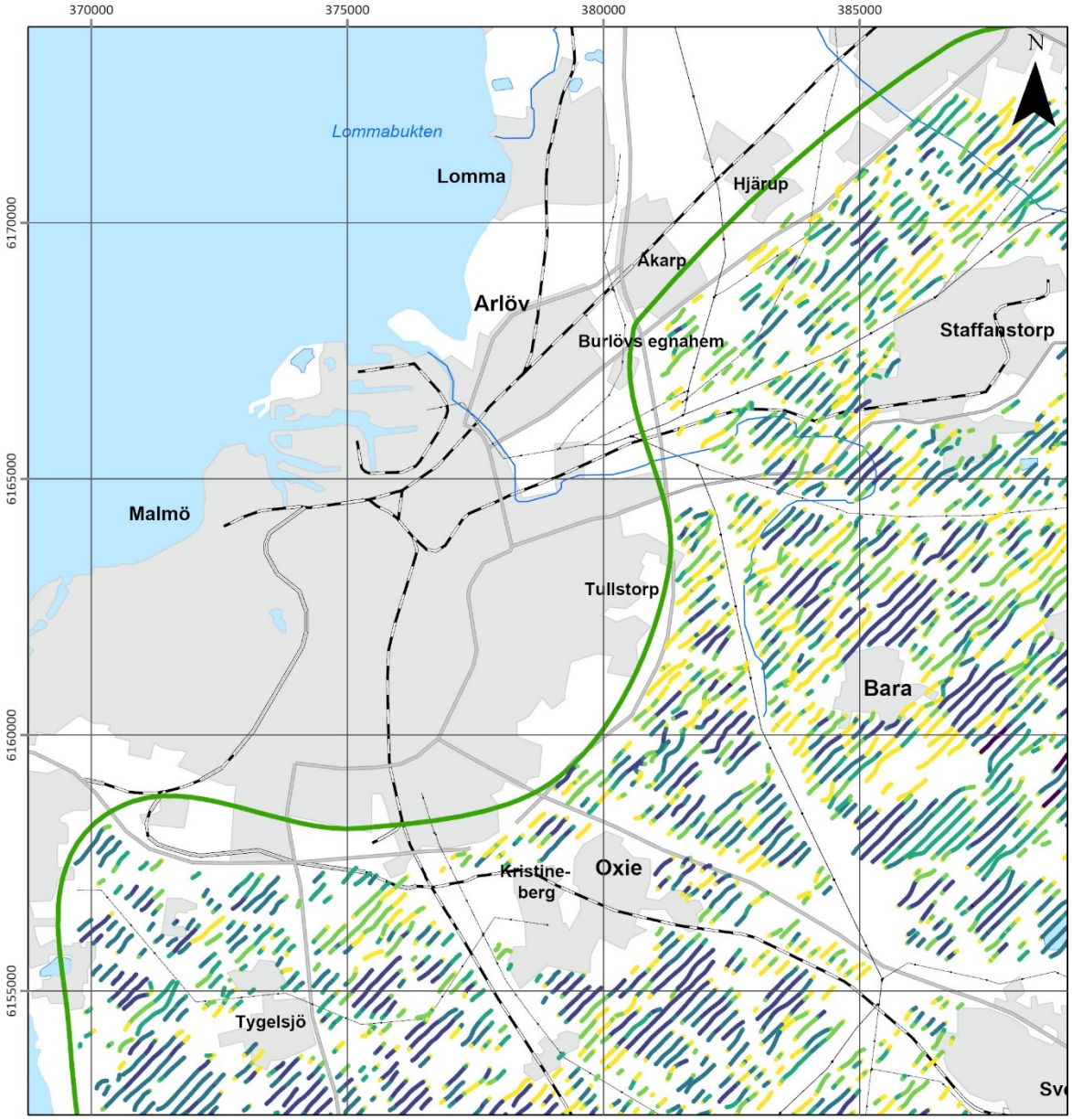
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:4
Kartruta: Skåne 2
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

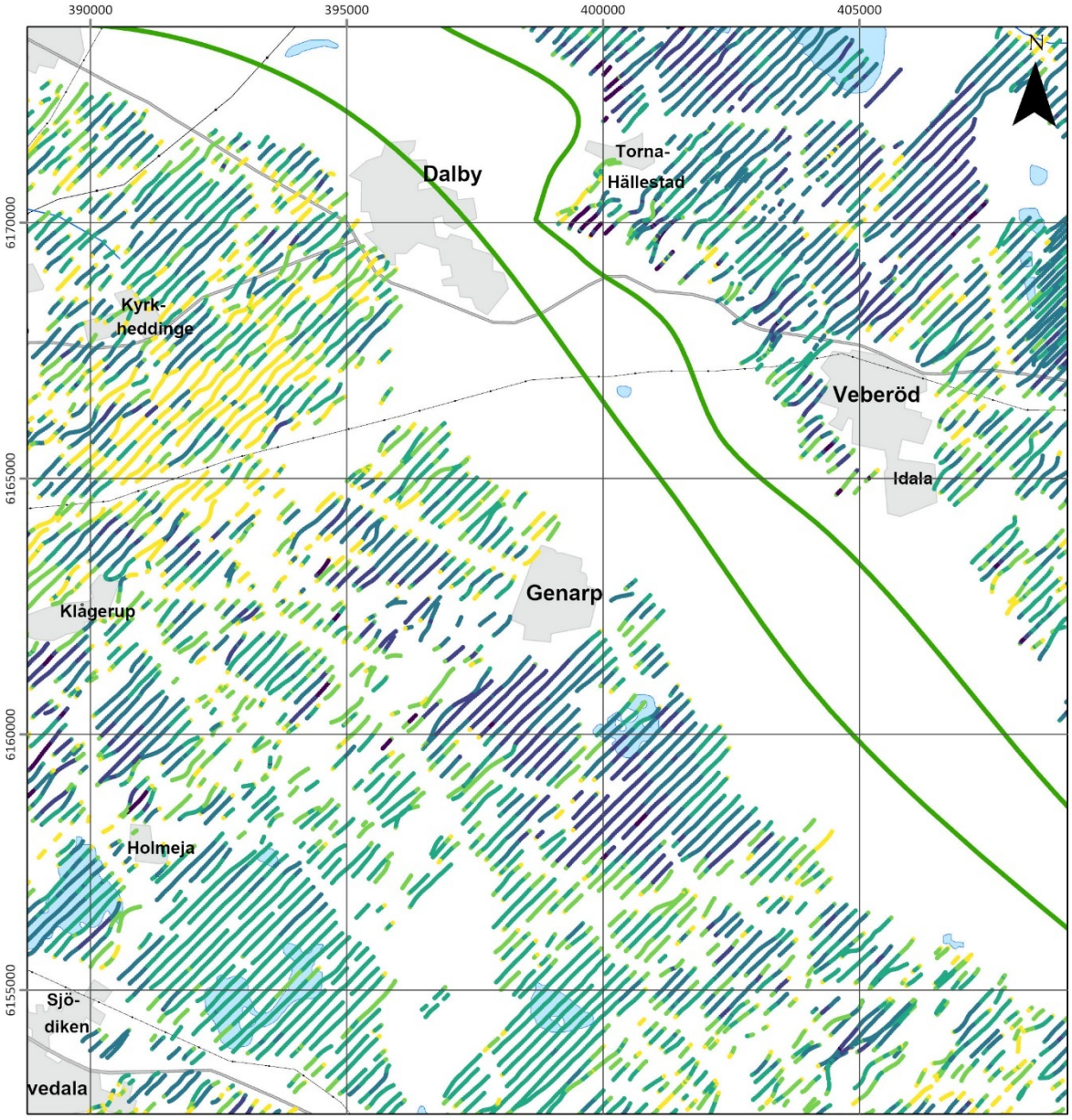
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:5
Kartruta: Skåne 3
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

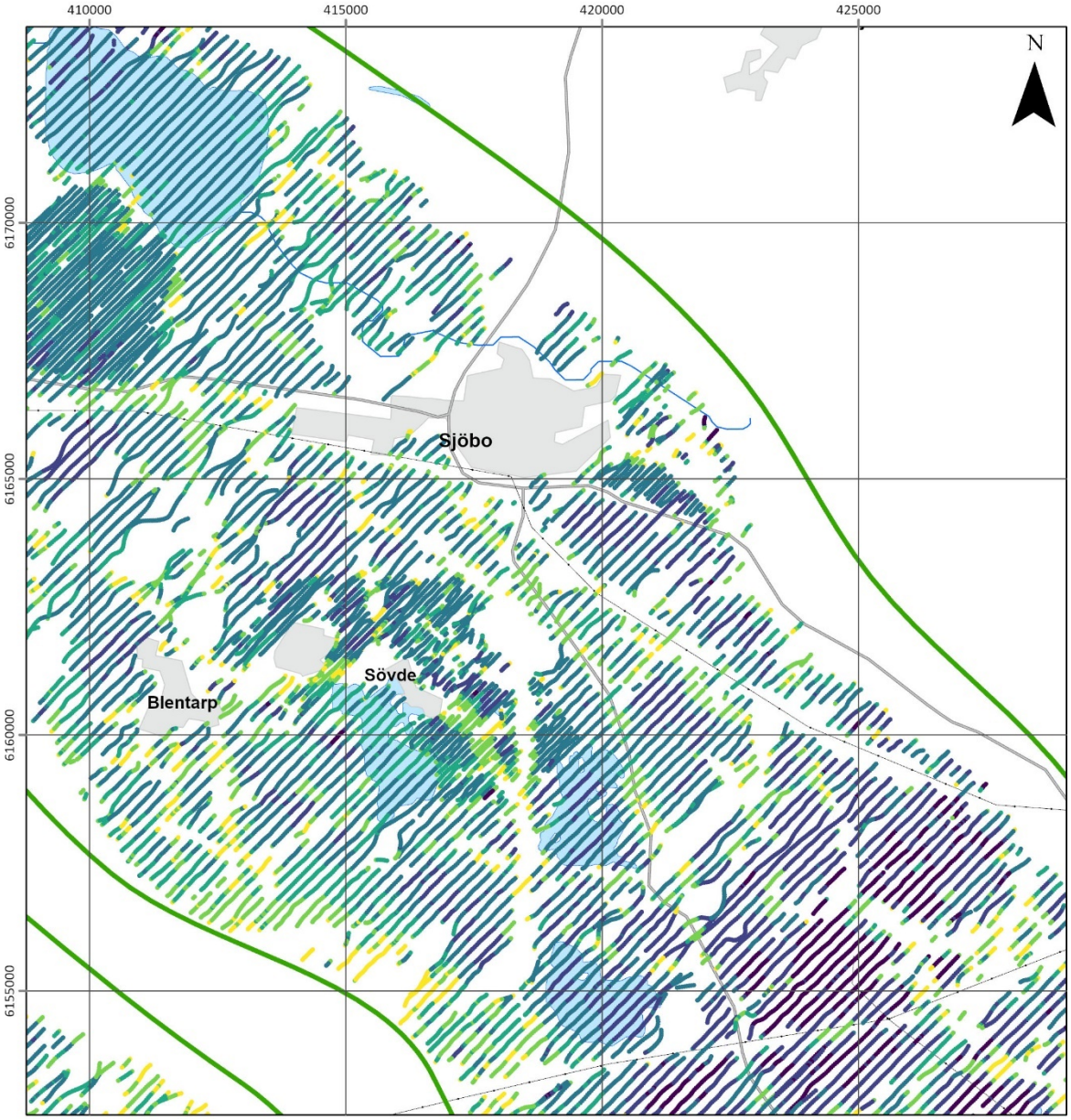
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:6
Kartruta: Skåne 4
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:7
Kartruta: Skåne 5
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning

DOI konservativ (m under markytan)

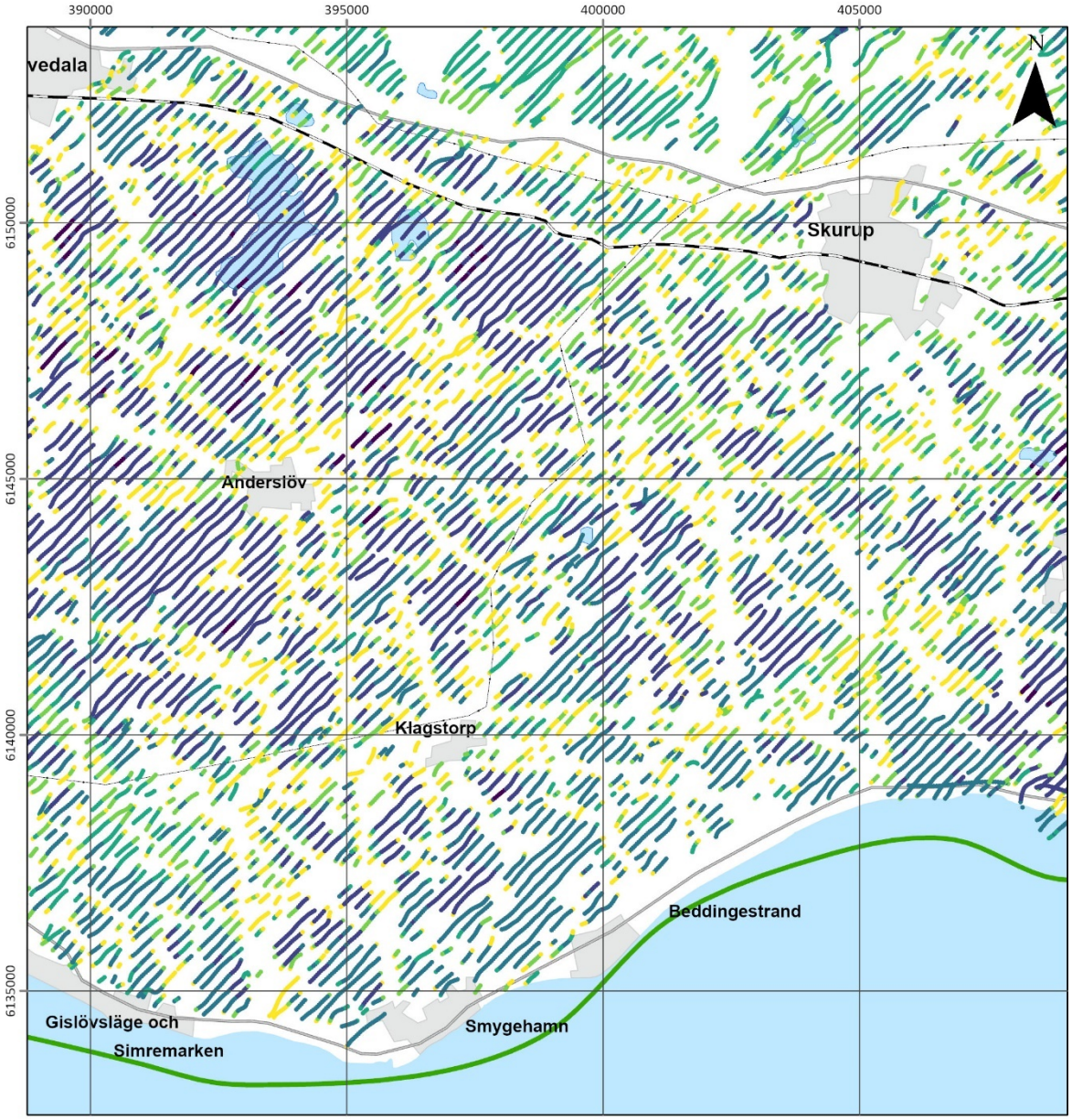
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:8
Kartruta: Skåne 6
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

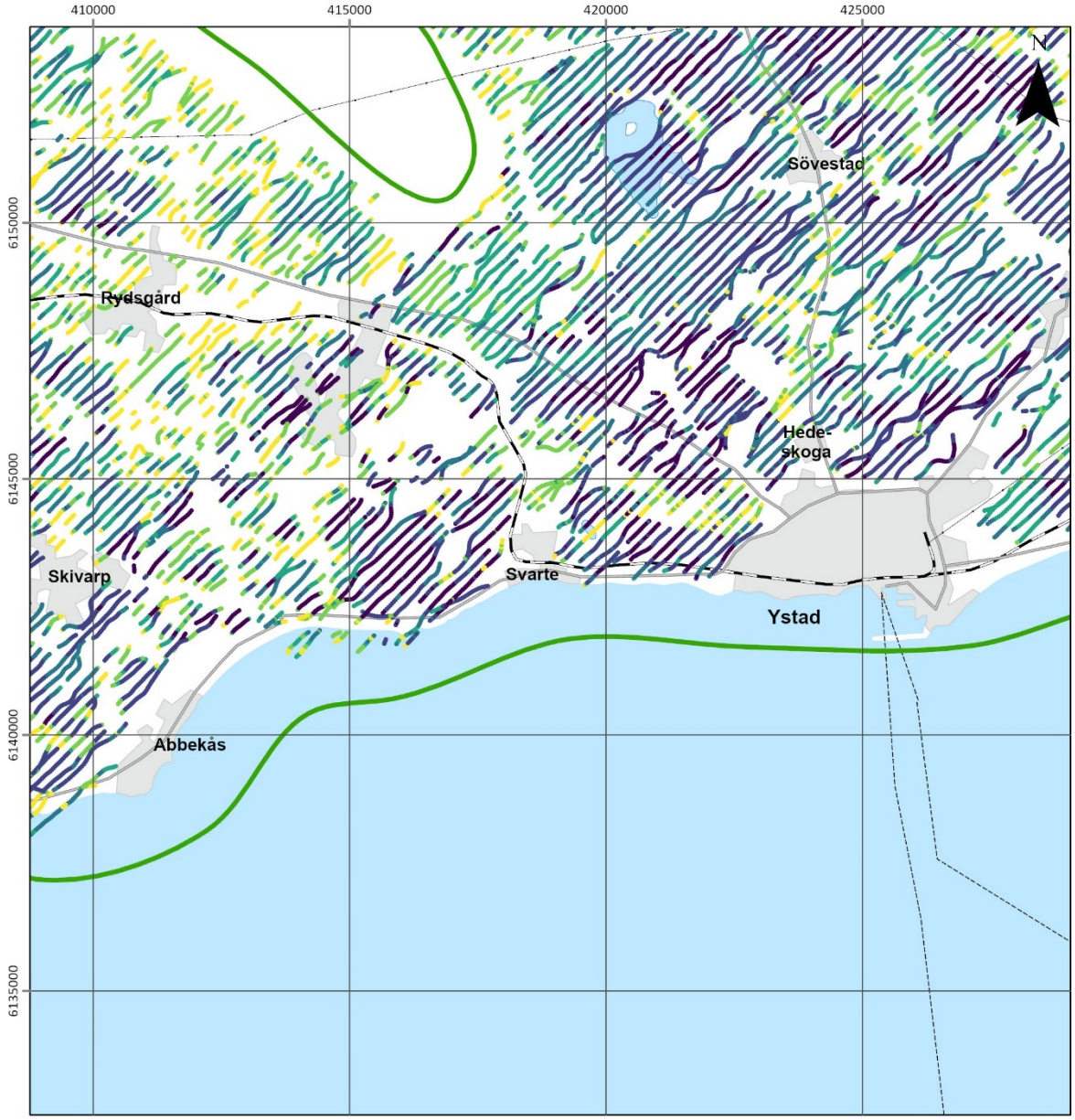
- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:9
Kartruta: Skåne 7
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning



DOI konservativ (m under markytan)

- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km

Bilaga 7:10
Kartruta: Skåne 8
DOI konservativ

SGU Sveriges geologiska undersökning

DOI konservativ (m under markytan)

- ≤50
- ≤100
- ≤150
- ≤200
- ≤250
- >250

Flygområde

0 4 km