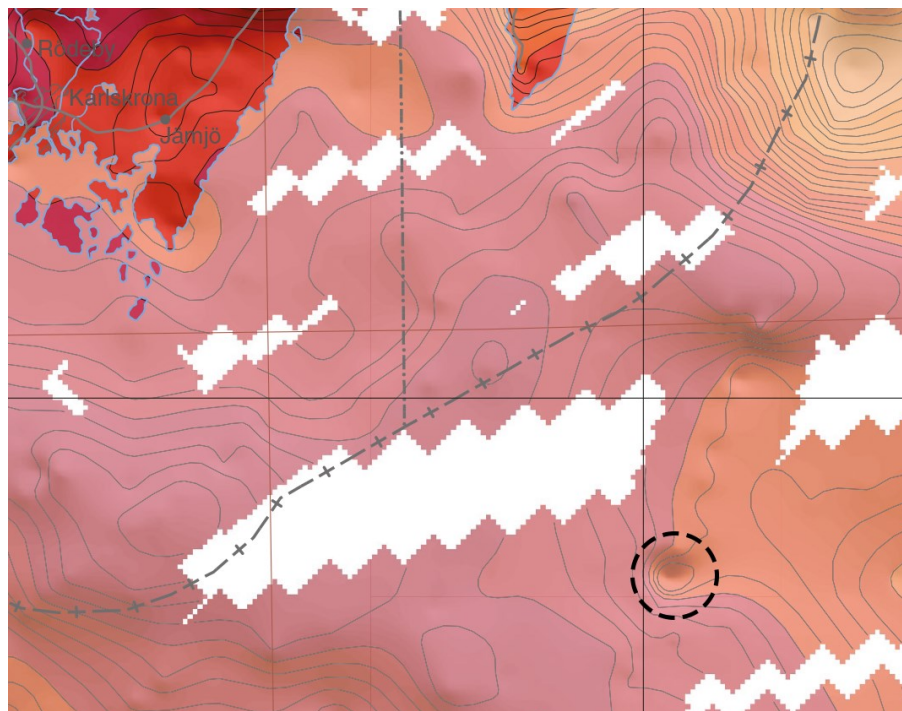


# Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkus- ten

***Jonna Johansson***

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,  
kandidatarbete, nr 594  
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2020



# Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkus- ten

Kandidatarbete  
Jonna Johansson

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
2020

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion .....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Bildning av nedslagskratrar.....</b>	<b>7</b>
2.1	Enkel krater	8
2.2	Komplex krater	8
<b>3</b>	<b>Identifiering av nedslagskratrar.....</b>	<b>8</b>
3.1	Lämningar av projektilen	9
3.1.1	Meteoritfragment	9
3.1.2	Kemiska- eller isotopspår från en projektil	9
3.2	Chockmetamorfos	9
3.2.1	Slagkäglor	9
3.2.2	Mineralt högtrycksglas	9
3.2.3	Högtryckspolymorfer	9
3.2.4	Högtrycksglas och smälta	9
3.2.5	Planar fractures (PFs) och planar deformation features (PDFs)	9
<b>4</b>	<b>Lokalisering av potentiella nedslagskratrar .....</b>	<b>10</b>
4.1	Morfologi	10
4.2	Strukturgeologi och geologi	10
4.3	Geofysik	10
<b>5</b>	<b>Metod .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Beskrivning av potentiella nedslagsstrukturer .....</b>	<b>10</b>
6.1	Harads	11
6.2	Ivar	12
6.3	Landsortsdjupet	13
6.4	Möcklehult	16
6.5	Verkegards	17
<b>7</b>	<b>Diskussion av strukturer .....</b>	<b>17</b>
7.1	Harads	17
7.2	Ivar	18
7.3	Landsortsdjupet	18
7.4	Möcklehult	19
7.5	Verkegards	19
<b>8</b>	<b>Slutsats .....</b>	<b>19</b>
<b>9</b>	<b>Tackord.....</b>	<b>19</b>
<b>10</b>	<b>Referenser.....</b>	<b>19</b>
<b>11</b>	<b>Bilagor.....</b>	<b>21</b>
11.1	Bilaga 1 — Legend till Harads	21
11.2	Bilaga 2 — Jordartskarta över Harads 1:1 000 000	22
11.3	Bilaga 3 — Borrkärnor vid Harads 1:1 000 000	23
11.4	Bilaga 4 — Legend till Möcklehult	24

**Omslagsbild:** Karta med bouguers tyngdkraftsanomali beskuren från Fig. 7 i detta arbete. Streckad ring markerar anomalin som kan vara kopplad till Ivar. Kartblad K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.



# Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten

JONNA JOHANSSON

Johansson, J., 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, nr 594, 24 sid. 15 hp.

**Sammanfattning:** Nedslagskratrar är en av de vanligaste geologiska strukturerna i vårt solsystem men relativt få har hittats på Jorden. Däremot finns det flera rapporterade potentiella nedslagskratrar som ännu inte bekräftats eller undersökts. Denna studies syfte är att undersöka hur en nedslagskrater identifieras och hur en potentiell nedslagsstruktur kan hittas. Jag har samlat information om fem potentiella nedslagskratrar i Sverige. Från den insamlade information har jag försökt fastställa hur sannolikt ett nedslagsursprung är för varje struktur. Strukturerna som undersökts är: Harads, Ivar, Landsortsdjupet, Möcklehult och Verkegårds. Då seismiska data ger en bra bild av strukturens morfologi och en gravitationsanomali som sammanfaller med strukturen är det Ivar som är mest troligt att vara en nedslagskrater. De övriga strukturerna bedöms i dagsläget som osäkra eller osannolika att ha ett nedslagsursprung. För de osäkra strukturerna krävs ytterligare undersökningar för att fastställa hur troligt ett nedslagsursprung är.

**Nyckelord:** nedslagsstrukturer, potentiella nedslagsstrukturer, Sverige, Östersjön, östkusten, Gotland.

**Handledare:** Sanna Alwmark, Carl Alwmark

**Ämnesinriktning:** Berggrundsgeologi

*Jonna Johansson, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: runesdot@gmail.com*

# Potential impact structures in Sweden with focus on the Baltic sea and the east coast

JONNA JOHANSSON

Johansson, J., 2020: Potential impact structures in Sweden with focus on the Baltic sea and the east coast. *Dissertations in Geology at Lund University*, nr 594, 24 pp, 15 hp (15 ECTS credits).

**Abstract:** Impact structures are one of the most common geologic structures in our solar system, but relatively few impact structures have been found on Earth. There are many reported potential impact structures, but few have been investigated or confirmed. This paper intends to investigate how an impact structure is identified and how a potential impact structure can be found. Furthermore, information has been gathered on five potential impact structures in Sweden and an interpretation on the results have been made. I have attempted to establish the likelihood of an impact origin with the data that was gathered. The structures that have been investigated are: Harads, Ivar, the Landsort Trench, Möcklehult and Verkegårds. Due to seismic data giving a clear indication of the structure's morphology, along with a coinciding gravity anomaly, Ivar is the most likely to be an impact structure out of the five investigated structures. The remaining structures have an uncertain origin or are unlikely to be impact structures. For the uncertain structures additional studies are required for establishing if an impact origin is likely or not.

**Keywords:** impact structures, potential impact structures, Sweden, Baltic Sea, east coast, Gotland.

**Supervisor(s):** Sanna Alwmark, Carl Alwmark

**Subject:** Bedrock geology

*Jonna Johansson, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: runesdot@gmail.com*

# 1 Introduktion

Inom solsystemet är nedslagskratrar vanliga att se på fasta himlakroppar men på Jorden är det förhållandevis få som har upptäckts. Anledningen till detta är att nedslagsstrukturer på Jorden utsätts för andra geologiska processer, exempelvis tektonik och erosion, som gör att dessa med tiden förstörs eller begravs. Däremot finns det ett flertal strukturer där ursprunget inte är klarlagt och som kan benämnas som potentiella nedslagskratrar.

Det finns flera anledningar till att identifiera nedslagskratrar. Eftersom nedslagsprocesser kan påverka det lokala, regionala och i vissa fall globala livet är det intressant att hitta och studera dem för att bättre förstå hur dessa processer har påverkat livets utveckling. En annan anledning är att nedslagskratrar ofta har mycket sprickor i sig vilket gör att de kan utgöra sprickakvifärer. Dessa är viktiga för vattenförsörjning för det lokala livet men kan också användas för att utvinna eller lagra värme i berget. Det finns också mineral och metaller som är ovanliga i berggrunden men som det kan finnas högre halter av i nedslagsbildade bergarter och sediment.

Detta arbete syftar till att förmedla information om och diskutera ett antal strukturer som föreslagits kunna ha ett nedslagsursprung. Genom åren har många strukturer föreslagits som nedslagsstrukturer men förhållandevis få har undersökts närmare eller dementerats.

I detta arbete presenteras fem strukturer som föreslagits som nedslagskratrar: Harads, Ivar, Landsortsdjupet, Möcklehult och Verkegards (Fig. 1). Informationen som finns tillgänglig om dessa olika strukturer är varierande i både kvalitet och kvantitet, vilket gör att denna text kan ses som en summering av det vi vet idag om dessa strukturer.

## 2 Bildning av nedslagskratrar

Följande avsnitt baseras på French (1998) som beskriver hur nedslagskratrar bildas. En nedslagskrater, även kallat *hyper-velocity impact crater*, bildas per definition av en projektil som fortfarande har samma hastighet när den slår ner på Jorden som när den var utanför atmosfären. Beroende på järnhalt är detta objekts minsta diameter mellan 20–50 m där en högre järnhalt möjliggör en lägre diameter. På grund av projektilens höga hastighet (>11 km/s) bildas tryckvågor när den träffar Jorden och detta bildar unika strukturer i berggrunden. Andra förändringar sker också i berggrunden och bildandet av en nedslagskrater kan delas in i tre faser: kompressionsfasen, utgrävningsfasen och modifieringsfasen.

Kompressionsfasen varar inte mer än i några sekunder. Under denna fas omvandlas rörelseenergin från meteoriten till tryckvågor i berggrunden. Tryckvågorna avtar koncentriskt i formen av en halvsfär från nedslagscentrum. Beroende på styrkan hos vågorna kan olika typer av strukturer bildas som kan användas för att identifiera en nedslagskrater (se avsnitt 4.2). När tryckvågornas styrka avtar till 1–2 GPa agerar de som seismiska eller elastiska vågor och deformerar inte berggrunden längre.

Utgrävningsfasen beräknas pågå under några sekunder till några få minuter. Utgrävningsfasen kommer av att tryckvågorna, berggrunden och jordytan

interagerar med varandra. När tryckvågorna möter jordytan reflekteras de tillbaka ner i berget som så kallade *release waves* med egenskapen att expandera istället för att komprimera berggrunden. Detta orsakar sprickor och att delar av tryckvågen omvandlas till rörelseenergi. Rörelseenergin får berget att kastas ut från kratern i den övre delen medan i den undre trycks berget ner och ut. Denna process bildar en tillfällig krater som kallas *transient cavity* eller *transient crater*. När den uppnått sin maximala storlek övergår nedslagsprocessen till modifieringsfasen.

Modifieringsfasen har tekniskt sätt inget slut då kratern från det att den bildas kommer utsättas för exempelvis erosion och andra geologiska processer som förändrar den. Däremot varar huvuddelen av fasen från



Fig. 1. Översiktlig karta över Sverige med strukturernas ungefärliga position inritade. Karta från Wikimedia av Silverkey (Mickaël Delcey) / CC BY-SA

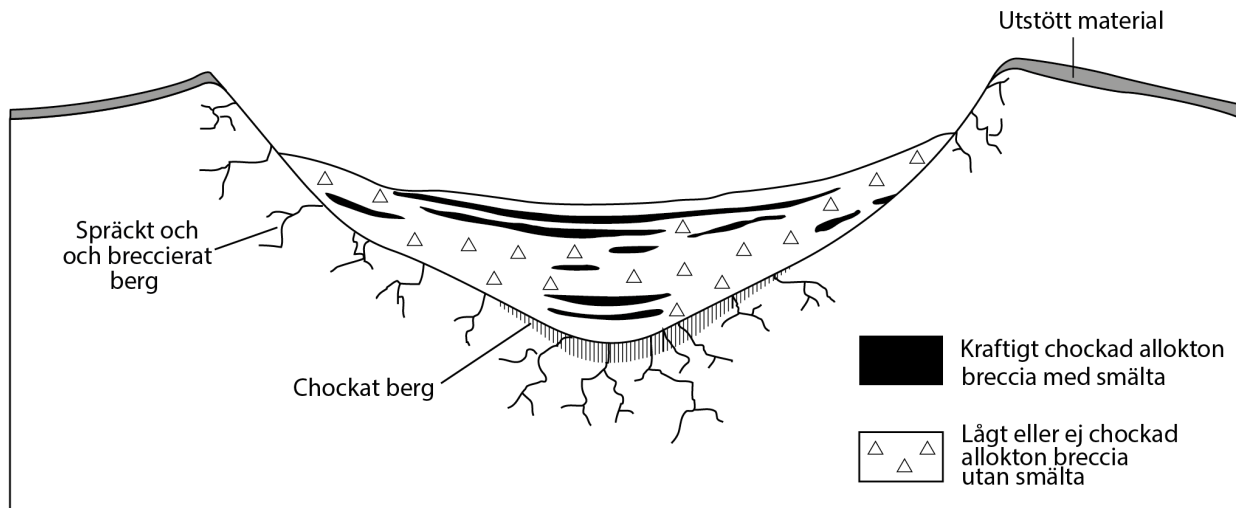


Fig. 2. Utformning av en enkel krater samt sediment och berg associerat med den. Figur modifierad från French (1998).

några minuter till under en minut. Tryckvågorna spelar inte längre någon roll i processen utan det är gravitation och bergets mekanik som styr. Två huvudtyper av kratrar kan bildas från modifieringsfasen: enkel krater och komplex krater.

### 2.1 Enkel krater

En enkel krater (Fig. 2) är skålförmad och relativt liten, endast upp till några få kilometer i diameter. Skillnaden från dess tillfälliga krater uppkommer då kanterna kollapsar inåt och kratern fylls med tillbakafallande material, kallad breccialins eller kraterfyllnads breccia. Fyllnaden kan eroderas eller bli övertäckt av efterföljande geologiska processer.

### 2.2 Komplex krater

Övergången mellan en enkel och en komplex krater (Fig. 3) varierar beroende på vilket material nedslaget sker i på jorden. I sediment brukar de bildas vid minst 2 km diameter medan i kristallin berggrund bildas de

vid minst 4 km.

Komplexa kratrar är mer strukturellt avancerade och har en central upphöjning. Upphöjningen bildas på grund av att den tillfälliga kratern blir instabil och kollapsar av gravitationens påverkan på den. Denna upphöjning är karakteristisk för en komplex krater och kan genomgå vidare förändringar vid större diameter på kratern. Upphöjningen kan också bilda en ring vid större diameter (French 1998). Ringen eller den centrala upphöjningen är mer resistent mot erosion och brukar vara det som finns kvar av djupt eroderade strukturer (Reimold & Koeberl 2014).

## 3 Identifiering av nedslagskratrar

Detta avsnitt är en summering baserad på French & Koeberl (2010) som beskrivit hur en struktur kan bestämmas som en nedslagskrater. Något, men helst flera, av kriterierna i detta avsnitt ska vara uppfyllda för att kunna identifieras en nedslagskrater.

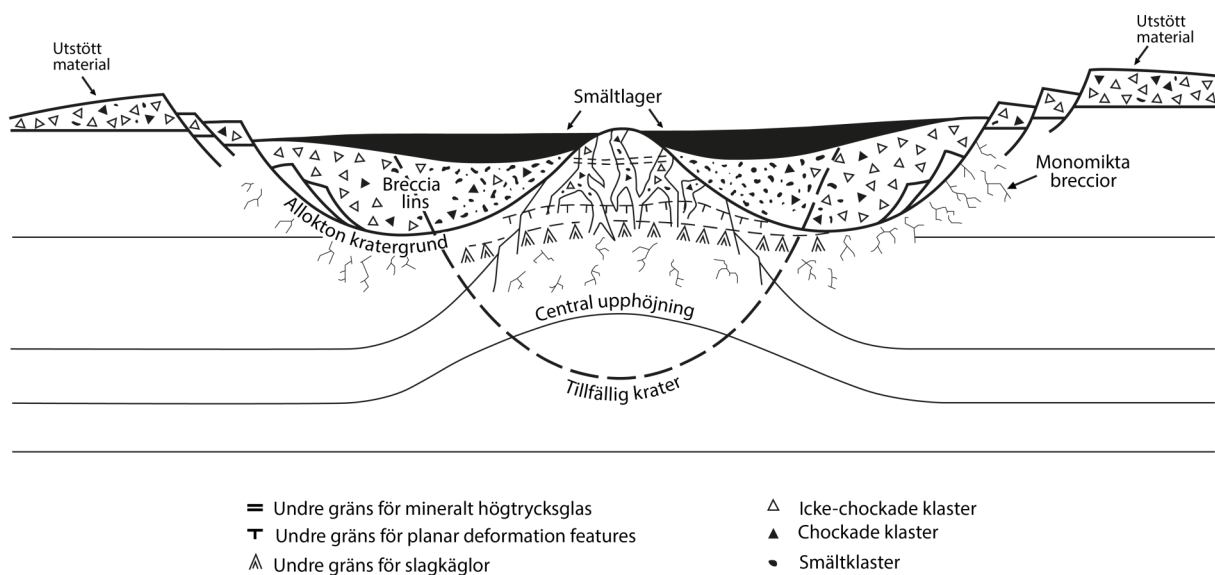


Fig. 3. Utformning av en komplex krater med sediment och berg associerat med den. Även gränser för några typer av chockmetamorfof är markerade. Figur modifierad från Reimold & Koeberl (2014) CC BY-NC-ND 3.0

### 3.1 Lämningar av projektalen

#### 3.1.1 Meteoritfragment

Meteoritfragment är sällsynta att hitta då de är vitt-ringsbenägna. De är därför speciellt sällsynta att hitta i äldre strukturer. En annan anledning till att de sällan förekommer är att meteoriten ofta smälter upp vid nedslaget och eventuella fragment som finns kvar eroderar bort snabbt.

#### 3.1.2 Kemiska- eller isotopspår från en projektil

Meteoriter som smält upp kan lämna kemiska spår, eller vissa typer av avvikande isotopförhållanden i bergarten den ingår i. Kontamineringen från projektalen i berggrunden har oftast låga värden och därför söks det efter ämnen som generellt är ovanliga i berggrunden men anrikade i meteoriter.

Grundämnen som analyseras är ämnen som lätt ansamlas med järn. Till dessa tillhör nickel (Ni), kobolt (Co), krom (Cr), guld (Au) och platinametallerna rutenium (Ru), rodium (Rh), palladium (Pd), osmium (Os), iridium (Ir) och platina (Pt). Förekomster av iridium har speciellt visat sig vara användbara till att identifiera nedslagsursprung men ska helst inte användas uteslutande då ämnet kan anrikas på andra sätt också.

Vissa förhållanden av isotoper har också visat sig mer vanliga i meteoriter än i berggrunden. Isotoperna för Cr och Os i meteoriter är annorlunda i meteoriter och kan därför användas på detta sätt.

Analys efter dessa typer av spår kräver att berggrund utanför det påverkade området också analyseras. Detta för att utesluta att det inte finns en förhöjd bakgrundshalt i bergarten. Avsaknad av resultat från dessa analyser kan inte helt utesluta ett nedslag då vissa typer av meteoriter inte har någon anrikning av dessa ämnen.

### 3.2 Chockmetamorfos

Chockmetamorfos är en omvandling som sker när kraftiga tryckvågor passerar genom mineral och berg. Såväl strukturer som mineral bildas vid nedslagsmiljöer men dessa kan i vissa fall förväxlas med liknande från andra geologiska processer. Som exempel kan diamanter bildas genom andra geologiska processer med högt tryck men också från chockmetamorfos.

#### 3.2.1 Slagkägglor

Slagkägglor är den enda chockmetamorfiska strukturen som kan ses i en stuf eller i fält. De syns som strierade kägglor av sprickor (Fig. 4). Slagkägglor bildas i alla typer av bergarter och följer inte lagring eller deformationsstrukturer som redan finns i bergarten.

Det är inte helt klarlagt hur slagkägglor bildas eller vid vilket tryck de kan bildas. Däremot finns det indikationer på att de kan bildas från relativt låga tryck  $\geq 2$  GPa till uppåt 30 GPa.

#### 3.2.2 Mineralt högtrycksglas

Vid tryck av 30–50 GPa eller högre omvandlas (utan att smälta) exempelvis kvarts och fältspat till amorfa (glasiga) faser istället för kristaller. Detta kallas vanligtvis för 'diaplectic glass' på engelska.



Fig. 4. Slagkägglor i kalksten från Steinheim kratern i södra Tyskland. Stenen är ungefär 13 cm bred. Figur från wiki-media av H. Raab (Användare:Vesta) / CC BY-SA

#### 3.2.3 Högtryckspolymerfor

En del mineral omvandlas när de utsätts för högt tryck. Coesit och stishovit är högtryckspolymerforer av mineralet kvarts och diamant är högtryckspolymerfor av grafit. Dessa kan bildas från andra processer vilket gör att de inte är helt uteslutande för nedslagsmiljöer.

#### 3.2.4 Högtemperatursglas och smälta

Desto högre tryck som uppkommit vid kollisionen desto mer värme genereras. Om temperaturen stiger tillräckligt mycket kan berget i kollisionen börja smälta. Temperaturerna kan bli tillräckligt höga för att smälta mineral som vanligtvis inte smälter vid andra geologiska processer.

Silikatglas, även kallat lechatelierit, bildas vid denna process och kan användas som bevis för att ett nedslag har ägt rum. Silikatglas indikerar också att temperaturen varit 1750 °C eller högre. Vissa mineral kan genomgå andra typer av processer vid höga temperaturer där ett exempel är nedbrytning av zircon till baddeleyit. Lechatelierit är däremot en vanlig indikator för höga temperaturer.

#### 3.2.5 Planar fractures (PFs) och planar deformation features (PDFs)

*Planar fractures* och *planar deformation features* bildas generellt i kvarts men kan också bildas i andra typer av mineral. De har i vissa fall förväxlat med deformationsstrukturer från andra geologiska processer men anses, när PFs och PDFs är korrekt identifierande, att vara uteslutande bevis för ett nedslagsscenario.

PFs bildas av tryckvågor på 10 GPa eller lägre. Karaktäristiskt för dem är att sprickorna bildas parallellt med en kristalls kristallografiska plan. Dessa rationella kristallografiska plan indexeras med Millers index.

PDFs består av många tunna, tätliggande parallella plan som ser ut som linjer i ett tunnslip. PDFs följer kristallens rationella kristallografiska plan som indexeras med Millers index. PDFs uppstår i kristallen vid chockvågor på ca 10–30 GPa.



## 4 Lokalisering av potentiella nedslagskratrar

Detta avsnitt baseras främst på French & Koeberl (2010). Av strukturerna i förgående avsnitt var endast slagkäglor makroskopiska. Om slagkäglor inte lätt kan identifieras blir det därför svårt att hitta nedslagsstrukturer då ytterligare analyser behöver utföras. Detta blir svårt och kostsamt att göra på stora områden om man endast utgår från laboratoriearbete för att hitta strukturer. Det finns också en risk att missa en struktur om den strukturen skulle vara begravd.

För att identifiera nya potentiella strukturer blir därför fjärranalyser essentiellt då ett förarbete kan utföras på stora områden. Om en struktur uppvisar fjärranalytiska egenskaper av en nedslagskrater kan då närmare undersökningar utföras. Detta kan visserligen göra att nedslagskratrar som inte uppvisar dessa egenskaper faller vid sidan men kan ändå ses som ett hjälpmedel att hitta strukturer med god potential för ett nedslagsursprung.

### 4.1 Morfologi

Identifierade nedslagskratrar uppvisar ofta cirkulär morfologi. Dessa är även vanliga vid andra typer av geologiska processer, exempelvis kalderor efter vulkanutbrott, vilket gör det opålitligt att utnyttja vid identifiering av nedslagsstrukturer. Att undersöka morfologin kan däremot hjälpa till att lokalisera strukturer med likheter till nedslagskratrar.

### 4.2 Strukturgeologi och geologi

Redan utfört fältarbete och beskrivningar kan ge insyn i om berggrunden uppvisar cirkulär deformation eller annan typ av deformation som inte följer den regionala geologin. Avvikelse kan uppkomma vid andra geologiska processer, exempelvis intrusioner, vilket gör att viss försiktighet måste tas vid tolkningen av avvikelserna (French & Koeberl 2010).

Stratigrafiska avvikelser kan användas för att hitta en nedslagskrater då kratern kan fyllas med sediment efter den bildats. Breccior och smältor som bildas vid nedslaget kan egentligen inte särskiljas från en vulkaniskt bildad motsvarighet utan en analys måste göras för att bestämma ursprung (Henkel 1992).

### 4.3 Geofysik

Inom geofysiska metoder ingår tyngdkraftsmätningar, geomagnetiska undersökningar, seismiska undersökningar, med flera. Dessa mätningar används ofta för att hitta cirkulära strukturer då de kan ge information om berggrunden på djupet. Om anomalierna överensstämmer med det som en nedslagskrater kan uppvisa ger det goda skäl till att undersöka närmare.

Tyngdkraftsanomalier som tyder på nedslagsstrukturer uppvisar negativa anomalier för strukturer mindre än 10 km i diameter. Anomalin ses som ett tecken på brecciering i berggrunden. Större strukturer blir mer komplicerade men kan uppvisa en positiv anomali orsakat av en central upphöjning som är omringad av en negativ anomali.

Magnetfältsanomalier är inte lika tydliga och kan bero på ett flertal processer så som smälta, central upphöjning, med flera. Henkel (1992) beskrev hur några

av dessa anomalier uppträder:

- Magnetfältsanomalier avviker från den opåverkade berggrunden innanför kratergränsen.
- Berg som smält vid nedslaget och delar av breccian får sitt järninnehåll magnetiserat och avviker därför från den regionala geologin.
- Den centrala upphöjningen kan avvika som positiv eller negativ beroende på den underliggande berggrundens magnetism.

En geofysisk metod som inte nämns av French & Koeberl (2010) men som uppmärksammas av Henkel (1992) är resistivetsmätningar. Breccian och kraterfyllnaden skapar lägre resistivitet medan upphöjningen i mitten har normal resistivitet (Henkel 1992).

## 5 Metod

Arbetet har i första hand utgått ifrån en dokumentation av Henkel & Pesonen (1992) över potentiella nedslagskratrar. Utöver det har strukturer valts ut från annan litteratur eller via förslag från handledare.

Artiklar och andra typer av referenser har tagits fram från ett flertal håll: Web of Science, GeoScienceWorld, GeoRef (Elsevier), med flera. Även Sveriges Geologiska Undersöknings (SGU:s) olika databaser har utnyttjats, främst GeoLagret och Prospekteringsrapporter. Utöver dessa databaser har deras olika kartgeneratorer varit användbara.

I vissa fall har rapporter eller artiklar inte varit tillgängliga i databaser online, detta gäller bland annat borrhörbeskrivningar, äldre rapporter och vissa artiklar eller texter. I de flesta fall har dessa kunnat skickas genom en förfrågan via mejl till organisationen som arkiverar dessa dokument. Både SGU och Historical Archives of the European Union (HAEU) har haft texter som kunnat tillgås på detta sätt. Genom ResearchGate har enstaka texter också kunnat hämtas genom att skicka en förfrågan till författarna.

## 6 Beskrivning av potentiella nedslagsstrukturer

Nedan följer beskrivningar av fem potentiella nedslagskratrar. Detta inkluderar bakgrund över varför och vem som föreslog strukturerna, berggrunden i området, eventuella geofysiska anomalier som syns och övrig relevant information. En översiktlig karta (Fig. 1) visar deras ungefärliga utbredning i Sverige.

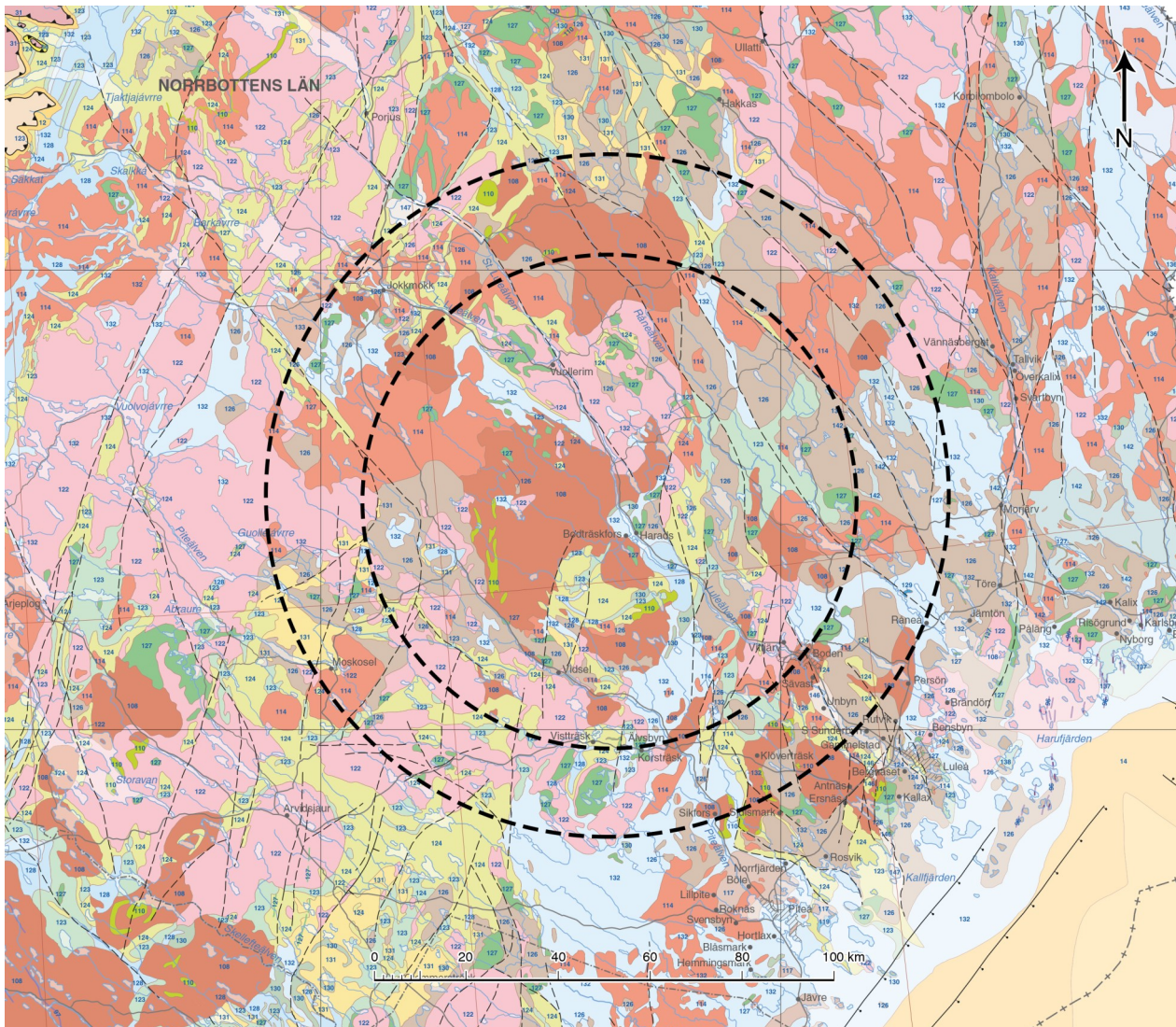


Fig. 5. Berggrundskarta från delar av nordöstra Sverige. Streckade ringar är baserade på Pesonen (1996) markering av Harads. Kartblad K423 © Sveriges Geologiska Undersökning. För legend se Bilaga 1.

## 6.1 Harads

Pesonen (1996) visar flera potentiella ringstrukturer i nordöstra Europa där av dem benämns som 'Harads'. Han har inte presenterat någon specifik referens för strukturen men resterande presenterade potentiella strukturer har baserats på satellitdata och geofysiska mätningar. Strukturens diameter är inte helt säker men antas vara 100 till 120 km i diameter (Pesonen 1996).

Berggrunden i området (Fig. 5) har bildats under den svekofenniska/svekokarelska orogenen som ägde rum 2.0–1.8 Ga sedan. Berggrundens sydvästra del tillhör Bottnia-Skellefteås litotektoniska enhet medan den nordöstra delen tillhör Norrbottens litotektoniska enhet (Stephens & Bergman 2020).

Kartan med magnetfältsanomalier (Fig. 6) visar höga variationer och tyder på att områdets berggrund är komplex. Vid jämförelse av berggrundskartan (Fig. 5) och magnetfältskartan syns det att en del av dessa variationer beror antagligen på litologiska skillnader. Vissa variationer är geografiskt linjära och dessa överensstämmer ofta med förkastningar i området.

Ingen tydlig enhetlig tyngdkraftsanomali syns på

Tabell 1. Förekomster av breccia från några av borrhämnarna som tagits i området. Fler borrhämnar utöver

Borrhärna	Sektion	Beskrivning	Referens
94003	33.10– 38.15	Något skarnig tuffit, tendens till kvartsbrecciering.	Einarsson (2003)
94004	23.55– 23.75	Läkt brecciering med epidot	Einarsson (2003)
98001	Ca 115 –123.20	Varierande grå tuffit med enstaka läkta brecciezoner.	Einarsson (2003)
K-NOT -1	21,78– 24,32	Något breccierat till breccierad sedimentgnejs.	Hansson (1983)
89004	127.40– 130.00	Brecciering med kalkförande sprickor.	Filén et al. (1989)



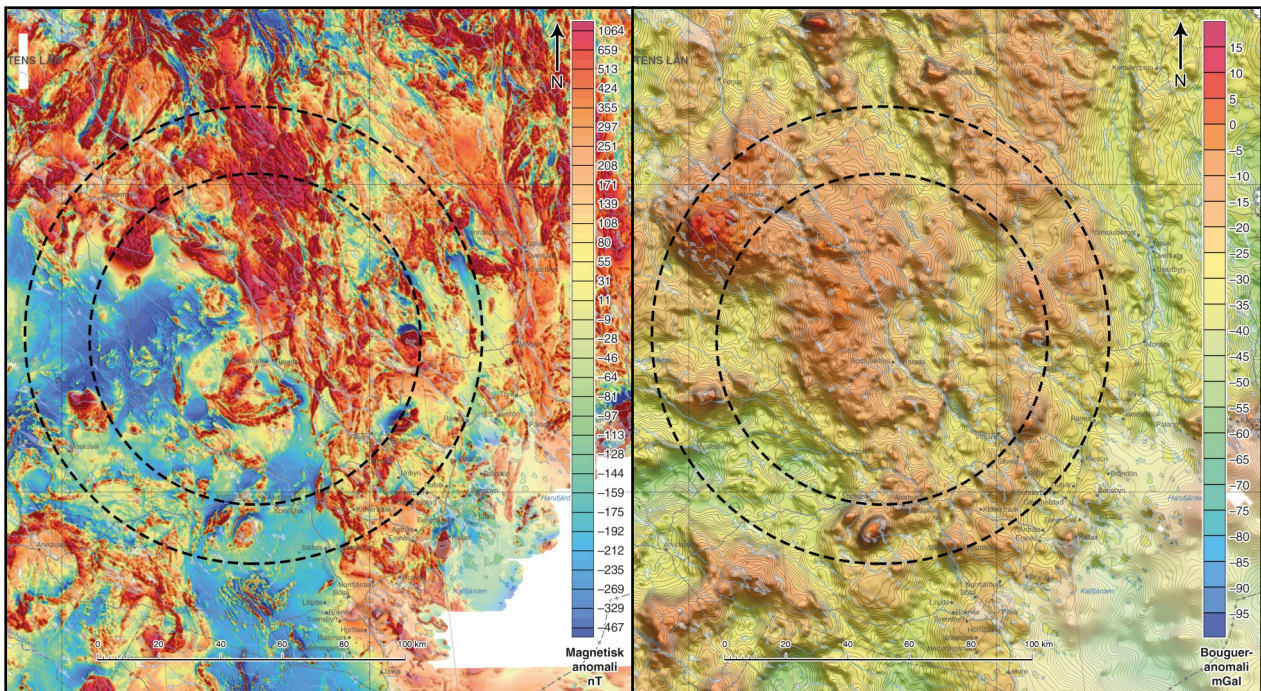


Fig. 6. Kartor över magnetfältsanomalier (vänster) och bouguers tyngdkraftsanomalier (höger) från nordöstra Sverige (Luleå SÖ om strukturen). Streckade ringar är baserade på Pesonen (1996) markering av Harads. Kartblad K424 & K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.

kartan (Fig. 6). Området har vissa partier med högravitationella avvikelser men inget som är centrerat.

Jordarten som dominerar i området är morän (Bilaga 2). Utöver det finns det torv, isälvsediment, lera/silt samt postglacial sand och grus. Berg i dagen är också vanligt.

Inom området har borrhävar tagits på ett flertal platser (Bilaga 3) i prospekteringssyfte. I några av dem finns breccia av olika slag beskrivet (Tabell 1), men inget som kan liknas vid slagkägglor har beskrivits. I vissa fall har geokemiska analyser utfärdats på sektioner från borrhävarna men informationen har inte sammanställts i detta arbete.

## 6.2 Ivar

Strukturen föreslogs av Ragnar Ström från *Swedish Petroleum Company* som observerade störningar i sedimenten utifrån seismiska data (Flodén & Bjerkeus 1994). Utökade seismiska undersökningar av Flodén & Bjerkeus (1994) visade att strukturen är i princip helt rund och 5 km i diameter. Strukturen är lokaliserad ca 50 km söder om Öland på 50 meters vattendjup. Koordinaterna  $55^{\circ}45' N$   $16^{\circ}40' E$  går genom kratern men är inte centrerade genom strukturen. Bildningen av strukturen kan senast dateras till tidig Mesozoikum (Flodén & Bjerkeus 1994).

Berggrunden i strukturen är av undre silurisk ålder, antagligen från epoken Wenlock, och tros vara lerig mangelsten (Flodén & Bjerkeus 1994).

Totalt har 12 seismiska profiler tolkats och har visat att strukturen är 5 km i diameter med en 500 m tjock rand runt sänkan. Det kunde inte fastställas hur djup sänkan är men data tydde på 300 m. En central upphöjning har setts som är 50 m hög och 1 km bred (Flodén & Bjerkeus 1994).

Magnetfältsdata i SGU:s kartblad saknas från om-

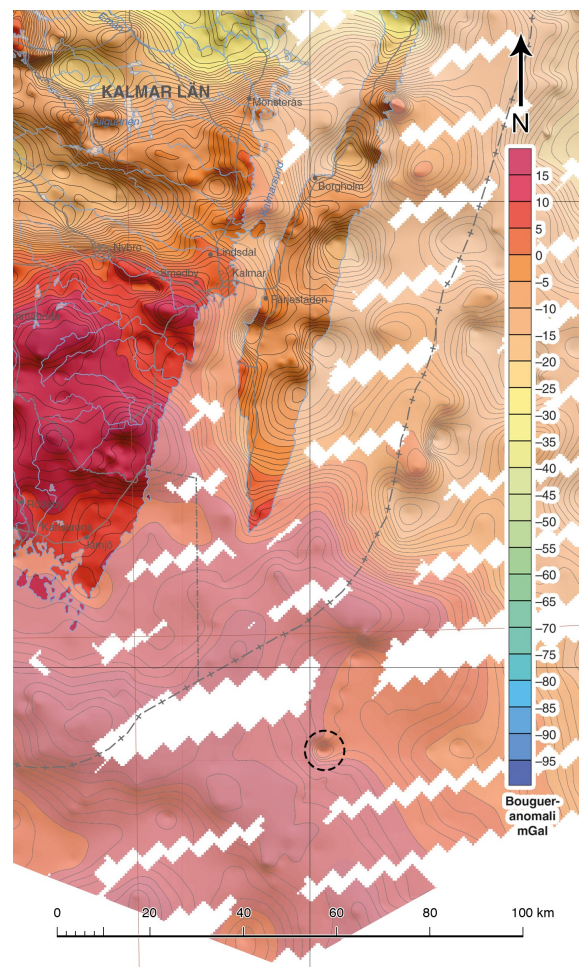


Fig. 7. Karta med bouguers tyngdkraftsanomali. Streckad ring markerar anomalin som kan vara kopplad till Ivar. Kartblad K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.



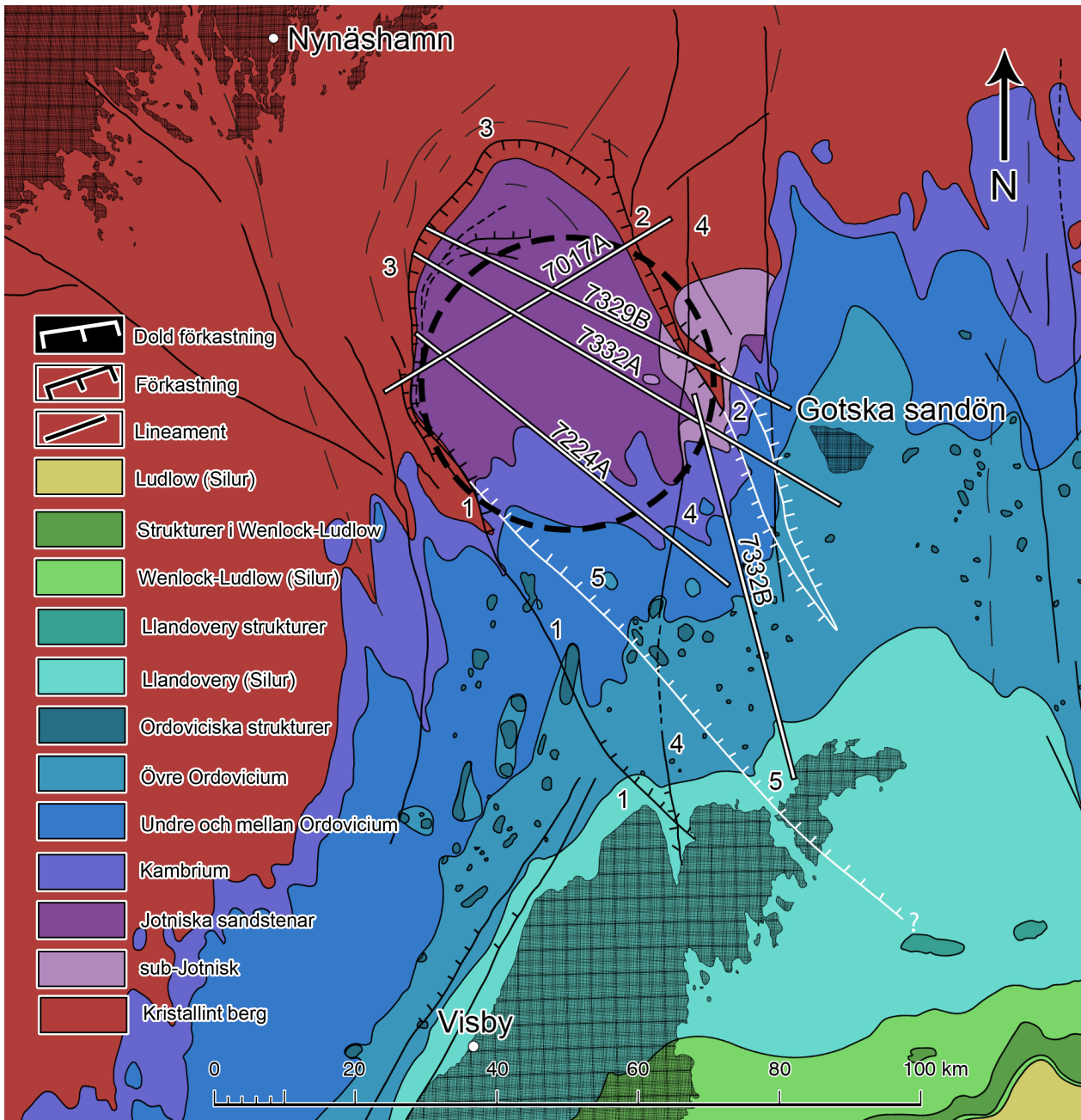


Fig. 8. Karta som visar åldersfördelning av bergarterna baserat på seismiska variationer. Streckad ring visar föreslaget nedslagspåverkat område från Wickman (1973). Kartan visar även utbredning och lokalisering av profilerna vid Landsortsdjupet. Enskilda siffror är förkastningar: 1 – Landsorts-Kappelshamn, 2 – Utö-Fårö, 3 – Landsortsdjupet, 4 – Huvudskär-Kappelshamn, 5 – Landsort-Fårösund. Karta modifierad från Flodén (1980) och All et al. (2006).

rådet. En karta från Gee & Stephens (2020) visar ingen tydlig anomali men upplösningen kan göra att den inte syns. Tyngdkraftsdata visar en negativ anomali (Fig. 7) vid strukturens position.

Strukturen är överlagrad av kvartära avlagringar och det föreslås av Flodén & Bjerkeus (1994) att avlagringar kommer från bland annat värmeperioden Eem samt istiderna Holstein och Elster.

### 6.3 Landsortsdjupet

Landsortsdjupet utgörs av en krokformad struktur generellt tolkad som bildad från förkastningar. Strukturen är belägen i Östersjön mellan Stockholm och Gotland och utgör den djupaste delen av Östersjön

(Wickman 1973). Landsortsdjupet och den sedimentära bassängen sydöst om det, kallad Strombusbassängen (Flodén 1980), föreslogs att ha ett nedslagsursprung av Wickman (1973) (Fig. 8). I Wickman (1988) föreslogs det att strukturen bildades mellan 1200–1600 Ma då han antog att Jotniska bergarten är en kraterfyllnad. Strombusbassängen har däremot också tolkats som förkastningsbassäng bildad på grund av en rapakivi intrusion (All et al. 2006).

Landsortsdjupet tolkas som förkastningar av prekambrisk (Jotnisk) ålder som reaktiverats under tertiär (Flodén 1977). Innanför förkastningarna ligger en sandsten av Jotnisk ålder (lila i Fig. 8), denna beskrivs som en röd sandsten liknande Mälars- och Gävle-

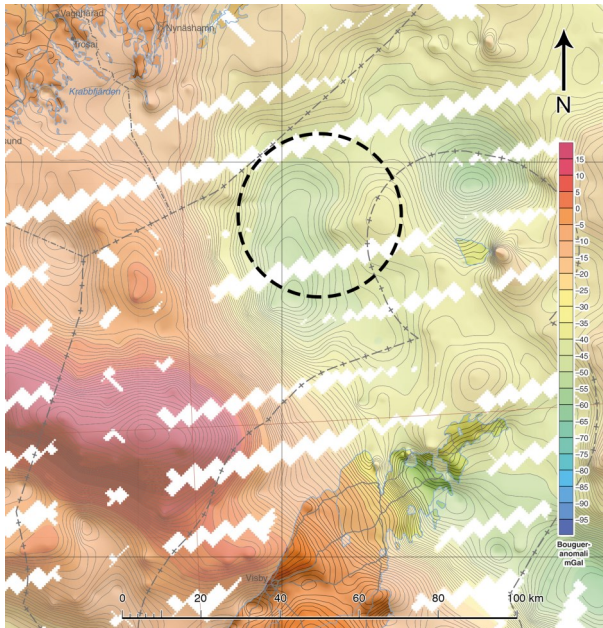


Fig. 9. Buoguer tyngdkraftsanomali över Landsortsdjupet. Streckad ring är föreslaget nedslagspåverkat område av Wickman (1973). Kartblad K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.

sandstenar av samma ålder. Det sub-kambriska peneplanet syns tydligt i den Jotniska sandstenen då relieffen sällan överstiger 10 m (Flodén 1980).

De sub-Jotniska bergarterna (ljuslila i Fig. 8) innehåller både sedimentära och kristallina bergarter som antas uppträda som gångar. Detta förklarar delvis varför bergarterna uppvisar en yta liknande den kristallina berggrunden. De kristallina bergarterna anses likna östersjöporfyrier, vilka i sin tur liknar dalaporfyrierna av liknande ålder (Flodén 1980). Istransporterade block av östersjöporfyr har hittats på bland annat Gotska sandön och Gotland. Ett av dessa block har daterats till 1570 Ma (Lundqvist 2009).

Flera förkastningar går runt den utpekade strukturen (Fig. 8) och har beskrivits av Flodén (1980):

### 1. Landsorts–Kappelshamn

Den Jotniska sandstenen nordöst om förkastningen kan ha blivit nerförkastad med så mycket som 900 m. Då tjockleken i de kambriska bergarterna skiljer sig på olika sidor om förkastningen kan det antas att det är under denna period som förskjutningen pågått. Det

finns tecken på att en viss förskjutning också skett under tertiär.

### 2. Utö–Fårö

Den kristallina berggrunden är förskjuten stegvis neråt i ca 200 m med en sydvästlig dip. Likt Landsorts–Kappelshamn verkar ingen förskjutning ha skett innan kambrium (Flodén 1980). Delar av förkastningen ligger under paleozoisk berggrund (All et al. 2006).

### 3. Landsortsdjupet

Förkastningen går i både nord-sydlig riktning och nordöst-sydvästlig riktning. En förskjutning ledde till en skillnad på 200 m i den norra delen medan i den södra är skillnaden 900 m. De sedimentära bergarterna har blivit förskjutna neråt och samtidigt fått en sydvästlig dip under denna process. En senare förskjutning fick delar av de sedimentära bergarterna att lägga sig i princip horisontellt med det prekambiska peneplanet.

### 4. Huvudskär–Kappelshamn

Några sprickdalar finns längsmed sträckan och förkastningar har skett i sedimentbassängen. Rörelser tycks ha skett under jotnisk och tertiär tid.

### 5. Landsort–Fårösund

En förkastning som är dold under paleozoisk berggrund (All et al. 2006).

Magnetfältdata saknas hos SGU:s karta men en karta från Gee & Stephens (2020) visar en positiv magnetfältsanomali innanför förkastningarna. Marin magnetfältdata har tolkats av All et al. (2006) där det syns en lägre anomali som är halvt omringad i nordväst av en högre anomali. Den högre anomalin sammanfaller med Landsortsdjupet men fortsätter sedan i sydöstlig riktning in under Fårö. Denna anomali sammanfaller med Landsorts–Fårösund förkastningen (All et al. 2006).

Tyngdkraftsdata visar en negativ anomali (Fig. 9) i delar av området. Seismiska undersökningar har gjorts av Flodén (1980) och några relevanta profiler presenteras nedan.

### Profil 7017A

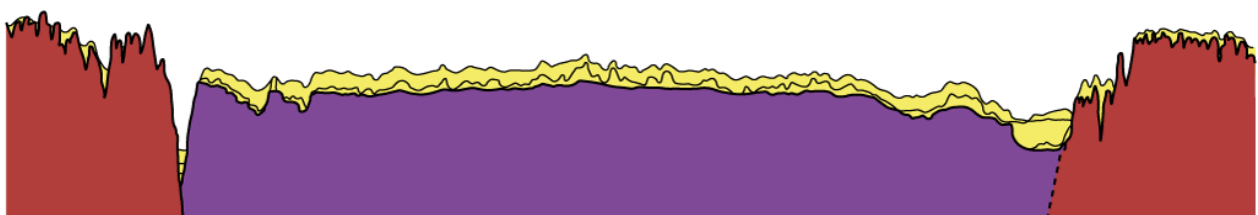
Endast två typer av berggrund förekommer i denna profil (Fig. 10), kristallin proterozoisk och jotnisk berggrund. Kvartära sediment överlagrar berggrunden. Landsortsdjupet i profilen syns som en skarp övergång

VSV

7017A

ÖNÖ

Havsnivå



Kristallin berggrund Jotnisk Kvartär

Fig. 10. Profil 7017A modifierad från Flodén (1980). Skala saknades i original men kan uppskattas till 45–50 km lång och 380–400 m djup från havsytan.

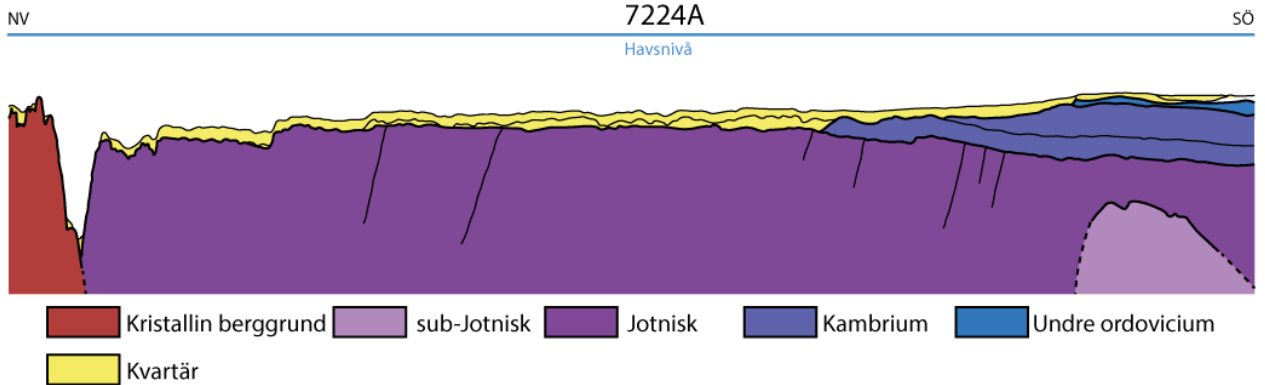


Fig. 11. Profil 7224A modifierad från Flodén (1980). Skala saknades i original men kan uppskattas till 55–60 km lång och 470–490 m djup från havsytan.

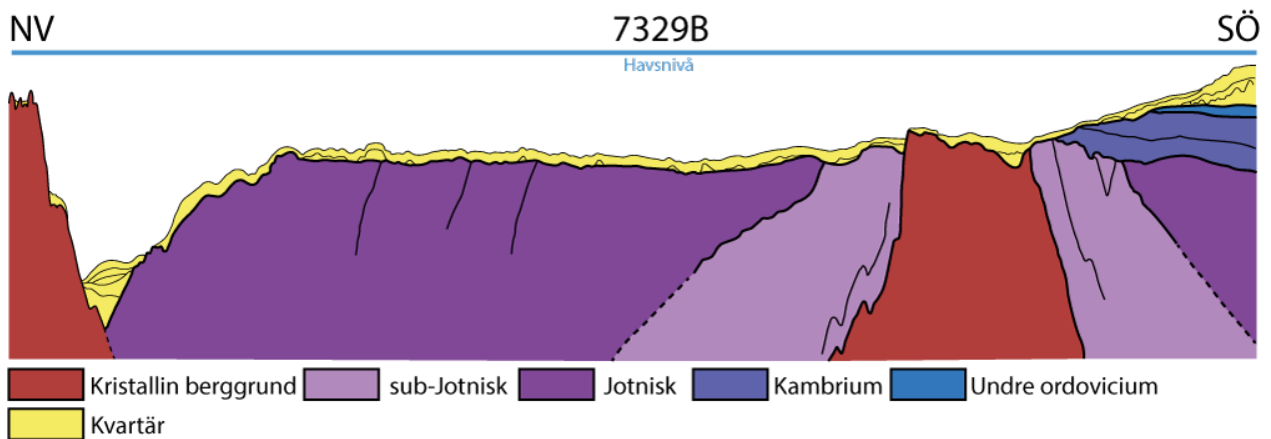


Fig. 12. Profil 7329B modifierad från Flodén (1980). Skala saknades i original men kan uppskattas till 55–60 km lång och 560–580 m djup från havsytan.

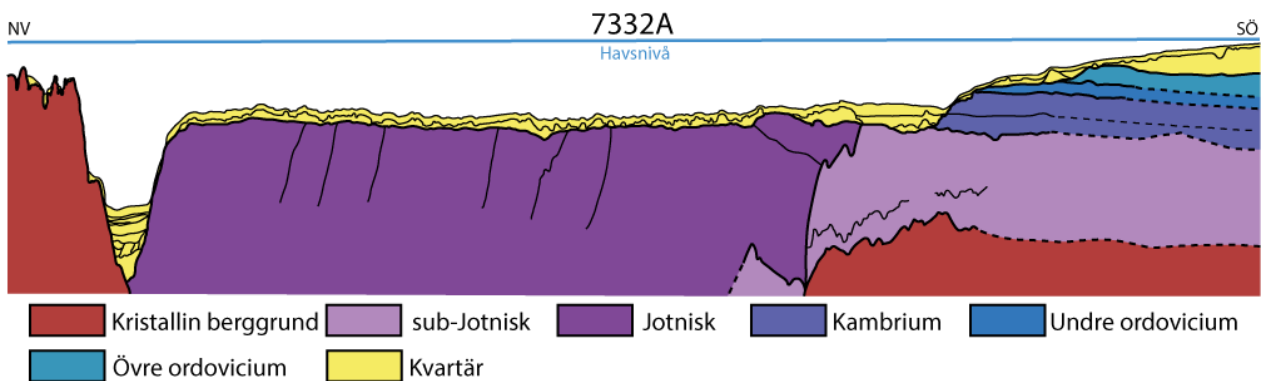


Fig. 13. Profil 7332A modifierad från Flodén (1980). Skala saknades i original men uppskattas till 65–75 km lång och 650–670 m djup från havsytan.

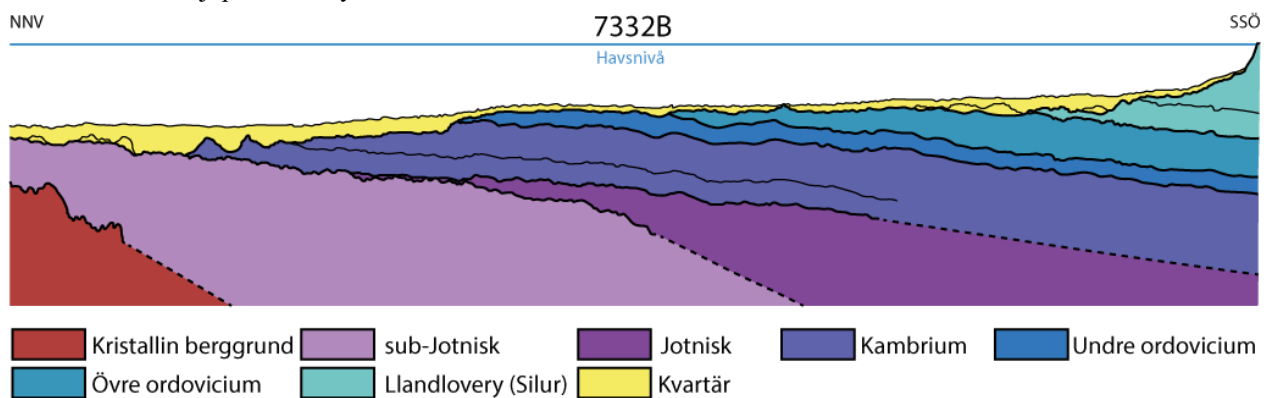


Fig. 14. Profil 7332B modifierad från Flodén (1980). Skala saknades i original med uppskattas till 45–50 km lång och 550–560 m djupt från havsytan.



mellan kristallin berggrund och jotnisk berggrund i västsydväst. Den kristallina berggrunden går ner i en etapp från -120 m till -350 m i landsortsdujet (Flodén 1980).

Den kristallina berggrunden har flera mindre sprickdalar och ojämnheter i den jotniska berggrunden tyder också på sprickor. Den jotniska berggrunden tros vara mellan 600–700 m tjock i den västsydvästliga delen. (Flodén 1980).

#### Profil 7224A

Profilen (Fig. 11) innefattar bergarter från proterozoisk tid till undre ordovicium samt kvartära sediment som överlagrar berggrunden. Den kristallina berggrunden går ner i två etapper från -150 m till -440 m. Den sub-jotniska enhetens nordvästra sida sammanfaller med Huvudskär–Kappelshamn (Flodén 1980).

#### Profil 7329B

Två sedimentbassänger, den nordvästra är Strombusbassängen medan den sydöstra kallas Admetebassängen. Det nordvästra kristallina berggrunden går ner i tre etapper från -100 m till -550 m (Flodén 1980).

#### Profil 7332A

Profilen korsar den djupaste delen utav landsortsdujet men har något lägre vattendjup än 7329B. Den kristallina berggrunden i nordväst går ner i tre etapper från -100 m till -580 m (Flodén 1980).

#### Profil 7332B

Profilen utgår ifrån den kristallina berggrunden som separerar Strombusbassängen och Admetebassängen (Flodén 1980).

## 6.4 Möcklehult

Strukturen är lokaliserad i Möcklehult nordost om Växjö och noterades av Wik et al. (2009) som konstaterade att ett impaktscenario inte kunde uteslutas för strukturen. Inga ytterligare undersökningar har gjorts efter det och inga borrkärnor har tagits på platsen (Wik et al. 2009).

Berggrunden bildades under den svekokarelika

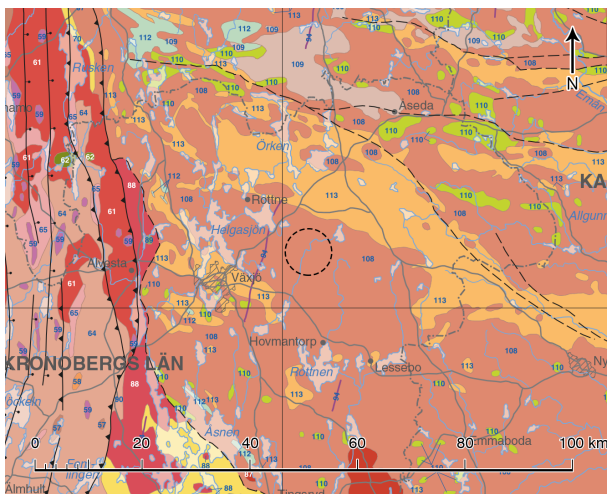


Fig. 15. Berggrundskarta över området vid strukturen. Streckad ring baserad på markering av magnetfältsanomalin (Fig. 18). Kartblad K423 © Sveriges Geologiska Undersökning. För legend se bilaga 4.

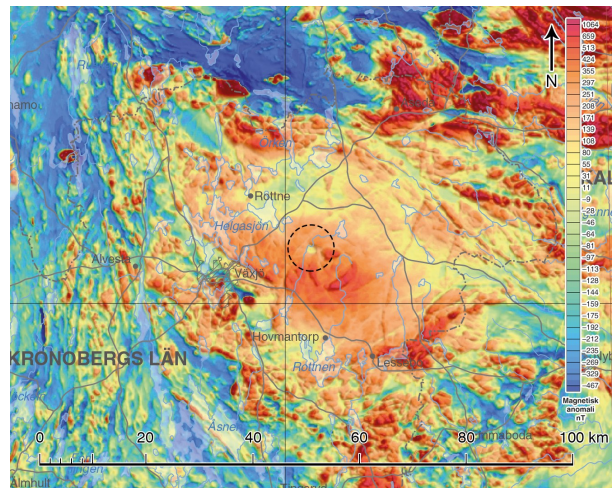


Fig. 16. Magnetfältsanomali över området runt Möcklehult. Avvikande magnetfältsanomali ligger inom den streckade ringen. Kartblad K424 © Sveriges Geologiska Undersökning.

orogena (2.0–1.8 Ga) och tillhör smålands litotektoniska enhet (Stephens & Bergman 2020). Berggrunden i området utgörs av en röd granit som lokalt är porfyrisk, inom 20 km runt lokalen förekommer även diabasgångar, vulkanit och gabbro-diorit (Fig. 15) (Wik et al. 2009).

Lokalt består berggrunden av en fin- till medelkornig leukogranit. Granitkroppen har med tyngdkraftsmodellering uppskattats fortsätta 1000 m djupt (Wik et al. 2009).

Området utgör en magnetfältsanomali (Fig. 16) men överlappar även med en tyngdkraftsanomali (Fig. 17).

Enligt SGUs kartvisare överlagras strukturen av en sandig morän med blockighet i ytan på vissa ställen. Berg i dagen syns på några få platser men finns både mer centralt och i utkanten av området där magnetfältsanomalin uppträder.

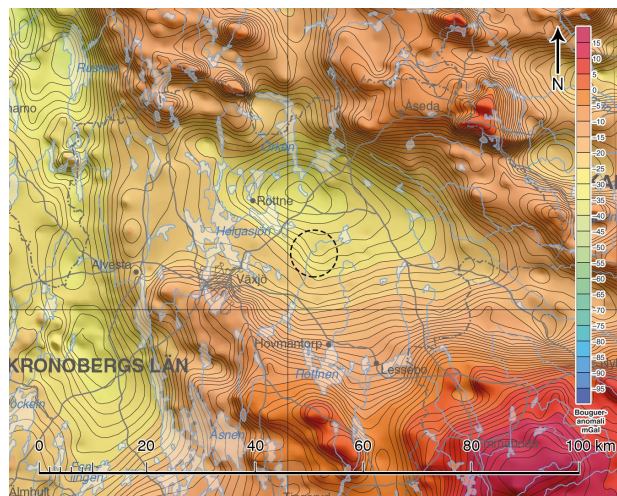


Fig. 17. Karta med bougers tyngdkraftsanomali över området runt Möcklehult. Streckad ring baserad på markering av magnetfältsanomalin (Fig. 18). Kartblad K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.

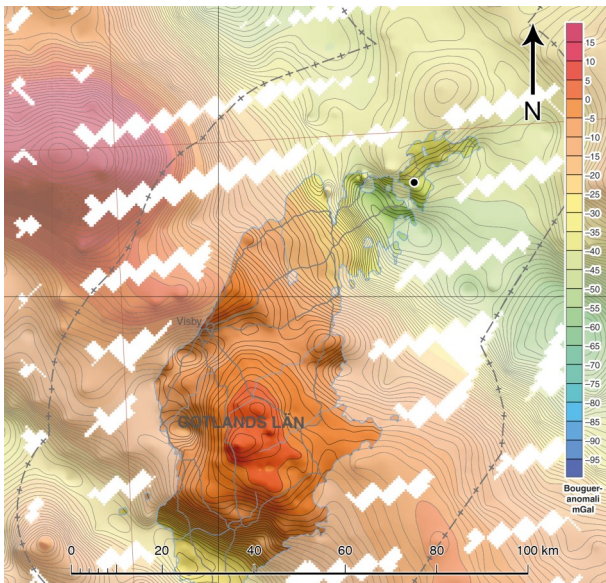


Fig. 18. Karta med bouguers tyngdkraftsanomali över delar av Gotland och Fårö. Borrhärens ungefärliga position syns som en svart prick. Kartblad K425 © Sveriges Geologiska Undersökning.

## 6.5 Verkegarads

Verkegarads är ett område på Fårö som ligger norr om Gotland. En borrhäna (Fig. 19, Fig. 20) togs i samband med oljeprospektering där en sektion på 297.5–330 meters djup från Kambrium identifierades som avvikande (Varadi 1981). Det rekommenderades en petrografisk undersökning av denna sektion men ingen uppföljning har varit tillgänglig (Varadi 1981).

Beskrivning av berggrunden baseras på stratigrafin observerad i borrhålet från Verkegarads. Överst i stratigrafin är silurisk kalksten och mägersten. Under denna ligger ordovicisk kalksten och mägersten. Detta följs av en kambrisk lersten som bryts av den avvi-

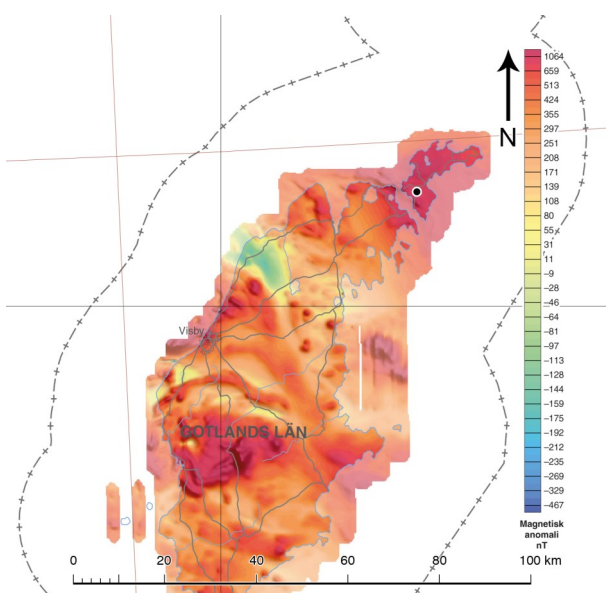


Fig. 19. Karta med magnetfältsanomali över delar av Gotland och Fårö. Borrhärens ungefärliga position syns som en svart prick. Kartblad K424 © Sveriges Geologiska Undersökning.

kande sektionen bestående av en röd breccia med grågrönt matrix, därefter en 'något cementerad' kambrisk medium-fin sandsten. Underst i borrhänan ligger vad som tros vara en pre-kambrisk rödgrå till mörkröd kvartsitisk sandsten (Varadi 1981).

Det avvikande lagret har också tolkats till att ligga på gränsen till de kambriska och pre-kambriska lagerna där det senare har tolkats som en jotnisk sandsten (All et al. 2006).

Hos SGU har tyngdkraftsmätningar (Fig. 18) och magnetfältsmätningar (Fig. 19) utfärdats men ingen anomali kan identifieras. Däremot ses en avvikande högre magnetanomali som fortsätter i nordvästlig riktning från Fårö som sammanfaller med en förkastning (All et al. 2006).

SkyTEM-undersökningar har utförts på Fårö men de borrhål som gjordes för geofysisk markmätning närmast Verkegarads gick endast 90 respektive 105 m ner i berget (Dahlqvist et al. 2015).

Borrhänan Verkegarads-1 innehåller den avvikande sektionen. Sektionen beskrivs som följande:

Sektion	Beskrivning	Referens
297.5–330 m	Mörkröd breccia med afanitiska fragment i grågrönt klacitmatrix. Mörkgrön klorit i både matrix och breccia. Spår av röd fältspat och pyrit.	Varadi (1981)

Sektionen över den avvikande beskrivs som en lersten medan sektionen under är löst cementerad sandsten med en gul ton som avtar neråt (Varadi 1981).

Ytterligare en borrhäna tycks ha tagits i närheten och dokumenteras som Limmorträsk-1 av Varadi (1981), denna syns inte på SGUs borrhänekarta och det är oklart om de har något material eller beskrivning från den.

## 7 Diskussion om strukturerna

### 7.1 Harads

Till att börja med är underlaget för att denna struktur existerar bristfälligt. Endast en referens finns om strukturen och det är en figur av Pesonen (1996) men det finns ingen förklaring eller underlag till varför den är markerad. Eventuellt kan den nämnas i den referens som använts i samband med figuren men då Harads inte listats i andra sammanställningar med samma referens är detta tveksamt. Alla tecken på en nedslagsstruktur borde därför ses med skepsis då det inte är säkert att Pesonen (1996) hade ett giltigt underlag till att börja med när han ritade in strukturen. Det går inte heller att utesluta, på grund av det bristande underlaget, att strukturen är geografiskt felplacerad.

Den föreslagna strukturen täcker ett stort område som tidigare har utsatts för tektonisk aktivitet under den svekokarelska orogenen. Beroende på när ett eventuellt nedslag skulle ha ägt rum kan spår därför bli svåra att hitta på grund av intrusioner och metamorfos som skett under bergskedjebildningen. De magnetfältsanomalier som troligen visar den föreslagna strukturen kan mycket väl ha ett magmatiskt ursprung snarare än att vara en lämning efter ett nedslag



Den föreslagna strukturens storlek antyder att eventet påverkat ett stort område. Ett nedslag av den magnituden som lämnar en 100–120 km stor krater borde lämna spår som bevarats till idag långt ner i berggrunden, men detta har inte påvisats. Det finns inte något som tyder på storskalig brecciering eller smälta från nedslaget. Visserligen kan en sådan smälta likna en intrusion och i en storskalig nedslagsstruktur är det mer vanligt att det är smältan som syns. Något liknande borde ha funnits om ett nedslag har skett efter bergskedjebildningen, därför är det mer troligt att ett eventuellt nedslag har skett innan eller under bergskedjebildningen alternativt under ett tidigt stadiet i bergskedjans kollaps.

De breccior som har hittats har varit på förhållandevis liten skala och kan ha orsakats av intrusioner eller spröd deformation. Borrkärnorna beskrivs ofta som sprickiga men detta kan också bero på spröd deformation då flera förkastningszoner går genom området.

#### 7.1.1 Vidare undersökningar

Ett utökat arbete kan antagligen utföras på den föreslagna strukturen. Det finns mycket material hos SGU från området vilket kan tittas närmare på. Exempelvis borrkärnor och de kemiska analyser som tagits på dem.

En genomgång av den data som finns från de kemiska analyserna samt eventuellt utföra utökade analyser kan ge bättre insikt i grundämnens förekomst. Borrkärnorna verkar endast ha tagits i prospekteringsyfte vilket gör att analyserna är vinklade efter grundämnen som det prospekteras efter. Det är därför oklart om det har analyserats efter ämnen som är mer vanliga i nedslagsmiljöer.

### 7.2 Ivar

Strukturen är lokaliserad i sedimentär berggrund som inte genomgått något omfattande tektoniskt event. Detta gör det troligare att tyngdkraftsanomalin som kan ses inte har ett magmatiskt ursprung. Däremot syns det liknande anomalier på tyngdkraftskartan vilket antyder att anomalin kan ha ett annat ursprung även om detta ursprung inte är magmatiskt.

Tolkningarna av de seismiska profilerna styrker att strukturen har formen av en krater. Endast en av profilerna har visats i Flodén & Bjerkeus (1994) vilket gör det svårt att bedöma tolkningens trovärdighet. Det som talar för tolkningen är att författarna tidigare arbetat med seismiska undersökningar i östersjöregionen och därför har erfarenhet av dessa typer av tolkningar.

#### 7.2.1 Vidare undersökningar

En borrkärna genom strukturen skulle kunna ge ett tydligt svar på dess ursprung. Om en borrkärna i berggrunden inte är möjlig att utföra skulle en sedimentborrkärna kunna innehålla fragment från strukturen. Något som försvåra (om Flodén & Bjerkeus (1994) antagande att berggrunden är en lerig mörksten visar sig stämma) är att det kan bli svårt att hitta hela fragment då inlandsisarna kan ha målt sönder mycket av dem. Om det däremot bildades en nedslags-smälta och denna finns kvar kan fragment av den ligga runt om den centrala upphöjningen.

En mer högupplöslig flygmagnetisk undersökning

över området borde ge indikationer på om berggrunden blivit magnetiserad. Detta borde också ge en bättre bild av sannolikheten till om det finns en smälta från ett eventuellt nedslag kvar.

### 7.3 Landsortsdjupet

Undersökningarna av Flodén (1977), Flodén (1980) och All et al. (2006) tyder på att landsortsdjupet och strombusbassängen är bildade av förkastningar och inte ett nedslag. Man skulle kunna tänka sig att förkastningarna bildats i samband med nedslaget och att dessa förkastningar sedan reaktiveras. Tyvärr har profilerna som varit tillgängliga inte gått tillräckligt långt ner för att avgöra om förkastningarna på djupet liknar de som bildas i en nedslagskrater.

Avsaknaden av en central upphöjning eller liknande skulle också kunna förklaras med att profilerna inte går tillräckligt djupt. Det som talar mot att detta är fallet är att upphöjningen enligt modell (Fig. 2) tycks sträcka sig relativt högt upp, nästan lika högt som den ursprungliga berggrunden. Om detta också stämmer för Landsortsdjupet borde upphöjningen synas på profilen, vilket den inte gör.

Med profil 7224A kan man tänka sig att den subjotniska delen är en del av en ringstruktur som passar ihop med de andra subjotniska förekomsterna i exempelvis 7332A. Detta kan bortses från då en jämförelse med berggrundskartan (Fig. 8) visar att den ordoviciska bergarten som överlagrar den subjotniska börjar långt utanför den föreslagna strukturen. De subjotniska bergarterna uppvisar också snarare en oval struktur än en ring, något som inte är karaktäristiskt för en nedslagskrater.

I dagsläget verkar det som om teorin om en rapakivi intrusion är mer trolig än en nedslagsstruktur. Magnetfältstolkningar och gravitationstolkningar som presenterats av All et al. (2006) tyder på detta och de uttrycker att en nedslagsstruktur inte är aktuellt för strukturen.

Wickman (1973) presenterade tre undersökningar som skulle kunna ge en bättre bild om strukturens ursprung:

1. *En seismisk undersökning som gick tillräckligt långt ner för att se om det fanns en ringstruktur i sydöst.*
2. *En undersökning över gravitationsanomalier i området. Där en negativ tyder på en nedslagskrater.*
3. *En borrkärna genom strukturen.*

De seismiska undersökningar som gjorts av Flodén (1980) visar på att det inte finns någon ringstruktur. Gravitationsanomalierna (Fig. 9) visar en negativ anomali men den är inte cirkelformad. En negativ gravitationsanomali tyder också enligt All et al. (2006) på en rapakivi intrusion. En borrkärna tycks inte ha gjorts genom strukturen vilket är det enda som är kvar att göra.

#### 7.3.1 Vidare undersökningar

En borrkärna genom strukturen skulle tydligt avgöra om det är en rapakivi intrusion eller en nedslagsstruktur. I övrigt har strukturen blivit väl undersökt, både seismiskt och med andra typer av undersökningar. Även om det finns vissa frågetecken kring All et al. (2006) undersökning (Se avsnitt 8.5 Verkegard's) verkar teorin de framhäver stämma in i övrigt.

## 7.4 Möcklehult

Strukturen vid Möcklehult är förhållandevis lite undersökt men är lättåtkomlig för ytterligare undersökningar. Att strukturen sammanfaller med en gravitationsanomali talar för ett nedslagsursprung men det kan också vara ett sammanträffande då jämförelser av kartorna (Fig. 15 och Fig. 16) visar att anomalin sammanfaller med den ryolit som går genom området.

Magnetfältsanomalin styrker nedslagshypotesen eftersom den avviker mot lägre värden än omgivande berg. Det verkar inte heller finnas någon anledning till att avvikelserna finns där. Den kan visserligen tolkas som en intrusion men inga liknande avvikelser tycks förekomma i närområdet som eventuellt skulle kunna ge en förklaring till dess uppträdande.

### 7.4.1 Vidare undersökningar

I första hand krävs fältarbete på strukturen. Det verkar som att strukturen kan ligga relativt ytligt och att det finns några ställen där berg går i dagen, vilket underlättar provtagning på platsen. Eventuellt skulle också berggrunden runt magnetfältsanomalin undersökas närmare för att se om mindre förkastningar eller avvikande bergarter förekommer i området. En borrkärna skulle också kunna utföras genom strukturen men detta är mer intressant om ett fältarbete inte ger något resultat.

## 7.5 Verkegards

En undersökning och analys av den avvikande delen av borrkärnan ger förhoppningsvis ett tydligt svar på om den är bildad i en nedslagsmiljö.

Intressant nog har All et al. (2006) gjort en annan tolkning av stratigrafien i borrhålet än den ursprungliga av Varadi (1981). I deras tolkning ser de breccian som en avgränsning mellan den jotniska sandstenen och den kambriska siltstenen och antyder att breccian är av pre-kambrisk ålder men post-jotnisk. Detta skiljer sig från Varadis tolkning som anser den en kambrisk sandsten.

Med tanke på att den jotniska sandstenen ofta beskrivs som karakteristisk röd är det troligt att lagret som identifierades som pre-kambriskt av Varadi är den jotniska sandstenen. Däremot är det oklart med sandstenen som är ovanför den jotniska. Den beskrevs som 'något cementerad' och det är möjligt att detta är en pre-kambrisk sandsten som blivit eroderad där det inte varit något skyddande överlagrande berg. Det är däremot oklart hur eller om dessa har blivit påverkade av det sub-kambriska peneplanet då varken sandstenen eller breccian borde ha varit motståndskraftiga mot peneplaniseringen.

Det är också möjligt att sandstenen är en variation av en kambrisk sandsten och att en diabasgång finns längre ner i stratigrafien som sammanfaller med All et al. (2006) data. Detta skulle göra att breccian inte är relaterad till diabasgången och därför kan ha nedslagsursprung.

### 7.5.1 Vidare undersökningar

I första hand bör en petrografisk undersökning av borrkärnan göras. Även den underliggande sandstenen borde undersökas då, om den kan fastställas som kambrisk eller pre-kambrisk, ger det en bättre bild av breccians ursprung. Om sandstenen är kambrisk är det mer troligt att breccian har ett nedslagsursprung medan en pre-kambrisk sandsten gör det mer troligt att breccian är en del av en diabasgång som går under Färö.

Om det skulle visa sig att sektionen är nedslagsbildad finns det därefter ytterligare undersökningar som kan göras.

I dagsläget finns det utöver borrkärnan väldigt lite information om strukturen. Storlek och utbredning för strukturen är okänt, även om en minimumstorlek antagligen kan uppskattas från breccians utbredning i vertikalled (ca 30 m). Detta måste även ta hänsyn till den kompaktion som bergarten utsatts för. Det är även okänt vilken typ av krater det är (enkel eller komplex) då inga strukturella undersökningar gjorts. Eventuellt skulle seismiska undersökningar kunna ge svar på en del av dessa frågor såvida inte de ovanliggande bergarterna skymmer strukturen.

## 8 Slutsatser

Inga definitiva slutsatser kan dras från denna litteraturstudie utan enbart kvalitativa tolkningar:

- Strukturen Harads existens har inget presenterat underlag och är troligtvis inte en nedslagsstruktur.
- Ivar har ett seismiskt underlag samt en gravitationsanomali som skulle kunna kopplas till ett nedslag. Det är därför relativt troligt att det är en nedslagsstruktur.
- Landsortsdjupet är troligtvis en förkastning men Strombusbassängen har ett seismiskt underlag samt undersökningar som indikerar ett annat ursprung än ett nedslag. Det är troligt att detta inte är en nedslagsstruktur.
- Möcklehult har vissa indikationer som tyder på ett nedslagsursprung och vissa som tyder på det motsatta. Det är oklart om det är en nedslagsstruktur.
- Det finns delade tolkningar av Verkegards stratigrafi och i dagsläget är det oklart vilket som stämmer. Strukturen kan ha ett magmatiskt ursprung kopplat till Landsortsdjupet men denna koppling har vissa oklarheter. Därför är det oklart om breccian i borrkärnan har ett nedslagsursprung.

## 9 Tackord

I första hand vill jag tacka mina handledare, Sanna och Carl, för att de stöttat mig och hjälpt mig att komma vidare när jag fastnat. Jag vill också tacka min mor då hon stått ut med mig under denna viruskris och distraherat mig när hon tyckt jag suttit inne för länge. Jag vill också tacka HAEU för att de digitaliserade informationen om Ivar, utan det hade jag inte kunnat skriva om strukturen.

## 10 Referenser

All, T., Flodén, T. & Puura, V., 2006: A complex model of Mesoproterozoic sedimentary and igneous suites in a graben setting north of Gotland, Baltic Sea. *GFF*, 128, 53-63. doi: 10.1080/11035890601281053

- Dahlqvist, P., Triumpf, C.-A., Persson, L., Bastani, M., Erlström, M., Jørgensen, F., Thulin Olander, H., Gustafsson, M., Thorsbrink, M., Schoning, K. & Curtis, P., 2015: SkyTEM-undersökningar på Gotland. Elanders Sverige AB, Sveriges Geologiska Undersökning. 57 pp.
- Einarsson, Ö., 2003. Lillån nr 4. Redovisning av resultat av undersökningsarbeten enligt 14 kap 3 paragraf minerallagen (1991:45). Report, Asa Gold Mining AB, Sveriges Geologiska Undersökning (Prospekteringsrapporter).
- Filén, B., Ekström, M. & Lundmark, L.-G., 1989. Notträsk 1989: Diamantborrning PRAP 89025. Report, Sveriges Geologiska AB, Sveriges Geologiska Undersökning (Prospekteringsrapporter).
- Flodén, T., 1977. Tectonic lineaments in the Baltic from Gävle to Simrishamn. Geologiska Institutionen, Stockholms Universitet Report 56 pp.
- Flodén, T., 1980: Seismic stratigraphy and bedrock geology of the central Baltic (Dissertation). Almqvist & Wiksell (distr.), Stockholm.
- Flodén, T. & Bjerkeus, M., 1994: The proposed Ivar impact structure in the southern Baltic. In: R. Törnberg (ed.) Second International Workshop: The identification and characterization of impacts. Östersund, European Science Foundation. Historical Archives of The European Union, ESF-1052.
- French, B. M., 1998: Traces of Catastrophe: A Handbook of shock-Metamorphic Effects in Terrestrial Meteorite Impact Structures. Lunar and Planetary Institute, Houston. 120 pp.
- French, B. M. & Koeberl, C., 2010: The convincing identification of terrestrial meteorite impact structures: What works, what doesn't, and why. *Earth-Science Reviews* 98, 123-170. doi: 10.1016/j.earscirev.2009.10.009
- Gee, D. G. & Stephens, M. B. 2020: Regional context and tectonostratigraphic framework of the early-middle Paleozoic Caledonide orogen, northwestern Sweden. In M. B. Stephens & J. Bergman Weihed (eds.): Sweden: lithotectonic framework, tectonic evolution and mineral resources, 481-494. The Geological Society of London, London.
- Hansson, K.-E., 1983: Årsrapport 1982: Projekt 4022. LKAB Prospektering, Sveriges Geologiska Undersökning (Prospekteringsrapporter).
- Henkel, H., 1992: Geophysical aspects of meteorite impact craters in eroded shield environment, with special emphasis on electric resistivity. *Tectonophysics* 216, 63-89. doi: 10.1016/0040-1951(92)90156-z
- Henkel, H. & Pesonen, L. J., 1992: Impact craters and craterform structures in Fennoscandia. *Tectonophysics* 216, 31-40. doi: 10.1016/0040-1951(92)90153-w
- Lundqvist, T., 2009: Porfyrier i Sverige. Sveriges Geologiska Undersökning. Tabergs Tryckeri AB.
- Pesonen, L. J., 1996: The impact cratering record of Fennoscandia. *Earth Moon and Planets* 72, 377-393. doi: 10.1007/bf00117542
- Reimold, W. & Koeberl, C., 2014: Impact structures in Africa: A Review. *Journal of African Earth Sciences* 93. doi: 10.1016/j.jafrearsci.2014.01.008
- Stephens, M. B. & Bergman, S. 2020: Regional context and lithotectonic framework of the 2.0-1.8 Ga Svecokarelian orogen, eastern Sweden. In M. B. Stephens & J. Bergman Weihed (eds.): Sweden: lithotectonic framework, tectonic evolution and mineral resources, 19-26. The Geological Society of London, London.
- Varadi, M., 1981: Completion Report: Verkegards-1, Borrid SGUB00747. Oljeprospekterings AB, Sveriges Geologiska Undersökning.
- Wickman, F. E., 1973: The origin of the Landsort Trench in the Baltic. *Geologiska Föreningen i Stockholm Förhandlingar* 95, 339-341. doi: 10.1080/11035897309454237
- Wickman, F. E. 1988: Possible impact structures in Sweden. In A. Boden & K. G. Eriksson (eds.): Deep Drilling in Crystalline Bedrock: The Deep Gas Drilling in the Siljan Impact Structure, Sweden and Astroblemes, 298-327. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.
- Wik, N.-G., Claeson, D., Bergström, U., Hellström, F., Jelinek, C., Juhonjuntti, N., Jönberger, J., Kero, L., Lundqvist, L., Sukotjo, S. & Wikman, H., 2009: Beskrivning till regional berggrundskarta över Kronobergs län. Sveriges Geologiska Undersökning, Uppsala. 68 pp.



# 11 Bilagor

## 11.1 Bilaga 1 — Legend till Harads


### NEOPROTEROZOISKA–FANEROZOISKA PLATTFORMSTÄCKET SAMT MAGMATISKA BERGARTER NEOPROTEROZOIC AND PHANEROZOIC PLATFORMAL COVER AND IGNEOUS ROCKS

 Sandsten, konglomerat, siltsten, lerskiffer (ediacara till kambrium etage 4)  
*Sandstone, conglomerate, siltstone, shale (Ediacaran to Cambrian – Stage 4)*


 Sandsten, konglomerat, siltsten, lerskiffer (kryogenium)  
*Sandstone, conglomerate, siltstone, shale (Cryogenian)*

#### Baltoskandiska kontinentkanten, Offerdalsskollan och relaterade skollar *Baltoscandian continental margin, Offerdal Nappe and related nappes*

 Metafällspatsandsten, meta-arkose, kvartsit, metagråvacka, fylloit, metakonglomerat, marmor, metalilit (neoproterozoikum)  
*Feldspathic metasandstone, meta-arkose, quartzite, metagreywacke, phyllite, metaconglomerate, marble, metasilite (Neoproterozoic)*


 Granitoid, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (1,7–0,9 miljarder år)  
*Granitoid, syenitoid and metamorphic equivalents (1.7–0.9 Ga)*

#### Baltoskandiska kontinentkanten, Jämtlandsskollorna och relaterade skollar *Baltoscandian continental margin, Jämtlandian Nappes and related nappes*

 Kvartsarenit, lerskiffer, konglomerat och metamorfa ekvivalenter (ediacara till kambrium etage 4)  
*Quartz arenite, shale, conglomerate and metamorphic equivalents (Ediacaran to Cambrian – Stage 4)*

### POSTSVEKOKARELSKA, PROTEROZOISKA BERGARTER POST-SVEKOKARELIAN, PROTEROZOIC ROCKS

 Lamprofy, lamproit (ca 1,23–1,15 miljarder år)  
*Lamprophyre, lamproite (c. 1.23–1.15 Ga)*

 Diabas (ca 1,27–1,25 miljarder år)  
*Dolerite (c. 1.27–1.25 Ga)*


### SVEKOKARELSKA OROGENEN SVEKOKARELIAN OROGEN


#### Paleoproterozoiska bergarter 1,96–1,75 miljarder år *Palaeoproterozoic rocks 1.96–1.75 Ga*

 Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Granite, granodiorite, syenitoid, quartz monzodiorite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*


 Gabbro, dioritoid, dolerit, ultrabasisk bergart, anortosit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Gabbro, diorite, dolerite, ultrabasic rock, anorthosite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*

 Granit, pegmatit (1,85–1,75 miljarder år)  
*Granite, pegmatite (1.85–1.75 Ga)*


 Granitoid (ca 1,87–1,84 miljarder år), metamorf  
*Granitoid (c. 1.87–1.84 Ga), metamorphic*

 Kvartsarenit, lerskiffer, konglomerat (ca 1,87–1,84 miljarder år), metamorfa  
*Quartz arenite, shale, conglomerate (c. 1.87–1.84 Ga), metamorphic*


 Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (ca 1,88–1,87 miljarder år)  
*Granite, syenitoid and metamorphic equivalents (c. 1.88–1.87 Ga)*


 Basalt, trachyandesit, andesit, komatiit och metamorfa ekvivalenter (ca 1,88–1,86 miljarder år)  
*Basalt, trachyandesite, andesite, komatiite and metamorphic equivalents (c. 1.88–1.86 Ga)*


 Ryolit, dacit och metamorfa ekvivalenter (ca 1,88–1,86 miljarder år)  
*Rhyolite, dacite and metamorphic equivalents (c. 1.88–1.86 Ga)*


 Granitoid och underordnad syenitoid (ca 1,91–1,87 miljarder år), metamorfa  
*Granitoid and subordinate syenitoid (c. 1.91–1.87 Ga), metamorphic*


 Gabbro, dioritoid, dolerit, ultrabasisk bergart och metamorfa ekvivalenter (ca 1,91–1,87 miljarder år)  
*Gabbro, diorite, dolerite, ultrabasic rock and metamorphic equivalents (c. 1.91–1.87 Ga)*

 Sandsten, slamsten, konglomerat, vulkanisk bergart (ca 1,91–1,87 miljarder år och möjligen yngre), metamorfa  
*Sandstone, mudstone, conglomerate, volcanic rock (c. 1.91–1.87 Ga and possibly younger), metamorphic*

 Kalksten, dolomit (ca 1,91–1,88 miljarder år), metamorfa  
*Limestone, dolomite (c. 1.91–1.88 Ga), metamorphic*


 Basalt, andesit och underordnad dacit, t.v., ryolit, dacit, t.h., (ca 1,91–1,88 miljarder år), metamorfa  
*Basalt, andesite and subordinate dacite, left, rhyolite, dacite, right, (c. 1.91–1.88 Ga), metamorphic*


 Metagråvacka, glimmerskiffer, grafit- eller sulfidförande skiffer, paragnejs, migmatit, kvartsit, amfibolit (ca 1,96–1,87 miljarder år)  
*Metagreywacke, mica schist, graphite- or sulphide-bearing schist, paragneiss, migmatite, quartzite, amphibolite (c. 1.96–1.87 Ga)*


 Granitoid och underordnad gabbro (ca 1,96–1,92 miljarder år), metamorfa  
*Granitoid and subordinate gabbro (c. 1.96–1.92 Ga), metamorphic*


#### Paleoproterozoiska bergarter 2,44–1,96 miljarder år *Palaeoproterozoic rocks 2.44–1.96 Ga*

 Gråvacka, slamsten, kvartsarenit, konglomerat, basalt (ca 2,05–1,96 miljarder år), metamorfa  
*Greywacke, mudstone, quartz arenite, conglomerate, basalt (c. 2.05–1.96 Ga), metamorphic*

 Lerskiffer, dolomit, basalt, sandsten (ca 2,05–1,96 miljarder år), metamorfa  
*Shale, dolomite, basalt, sandstone (c. 2.05–1.96 Ga), metamorphic*

 Basalt, andesit (ca 2,05–1,96 miljarder år), metamorfa  
*Basalt, andesite (c. 2.05–1.96 Ga), metamorphic*

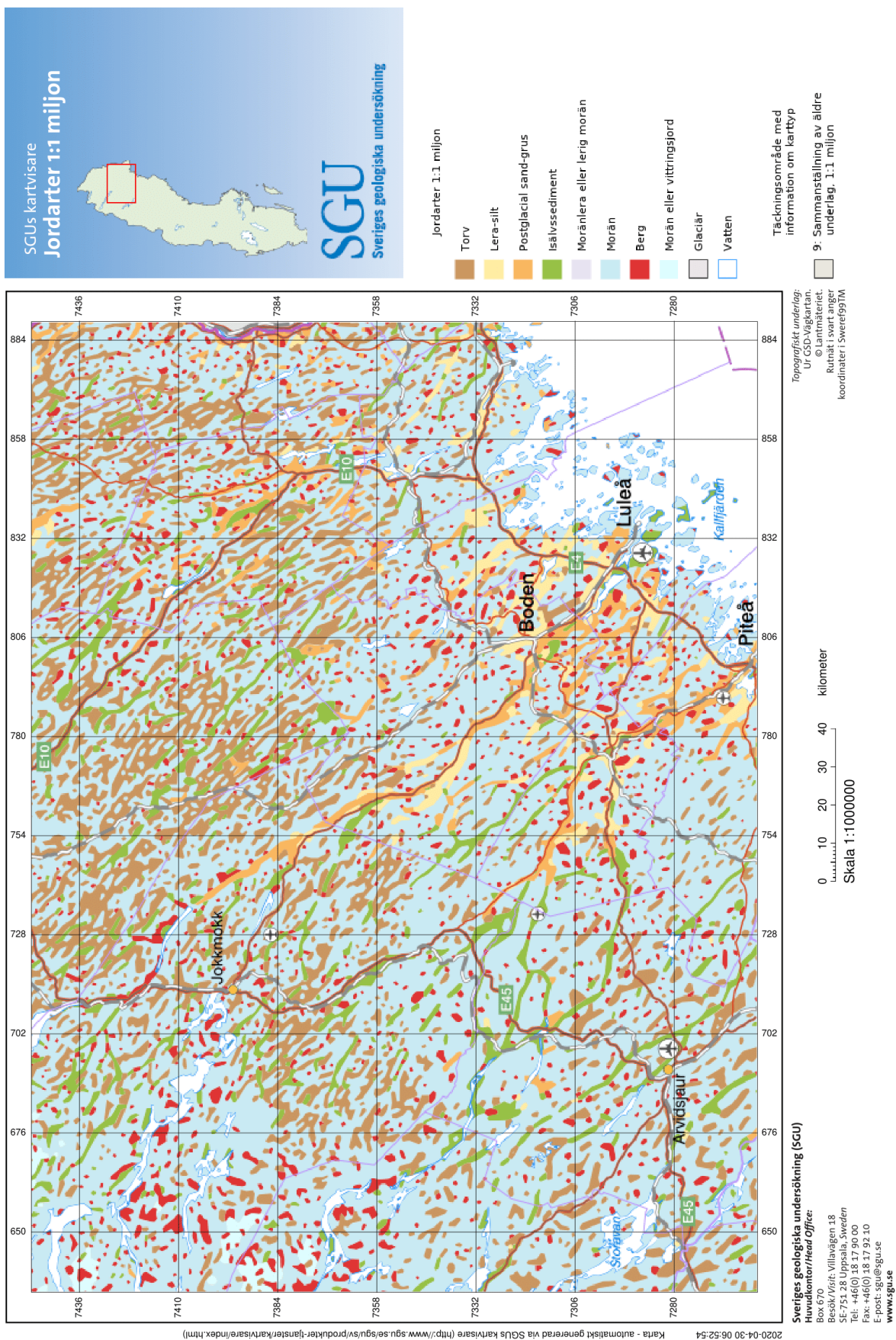
 Kvartsit, glimmerskiffer, glimmergnejs, metakonglomerat, metabasalt (ca 2,4–2,05 miljarder år)  
*Quartzite, mica schist, mica gneiss, metaconglomerate, metabasalt (c. 2.4–2.05 Ga)*

 Metasandsten, psammitisk gnejs, glimmergnejs, metakonglomerat (ca 2,4–2,3 miljarder år)  
*Metasandstone, psammitic gneiss, mica gneiss, metaconglomerate (c. 2.4–2.3 Ga)*

#### Arkeiska bergarter 3,20–2,65 miljarder år *Archaean rocks 3.20–2.65 Ga*

 Granitoid, diorit, kvartsdiorit (ca 2,80–2,65 miljarder år), metamorfa  
*Granitoid, diorite, quartz diorite (c. 2.80–2.65 Ga), metamorphic*

## 11.2 Bilaga 2 — Jordartskarta över Harads 1:1 000 000





### 11.3 Bilaga 3 — Borrkärnor vid Harads



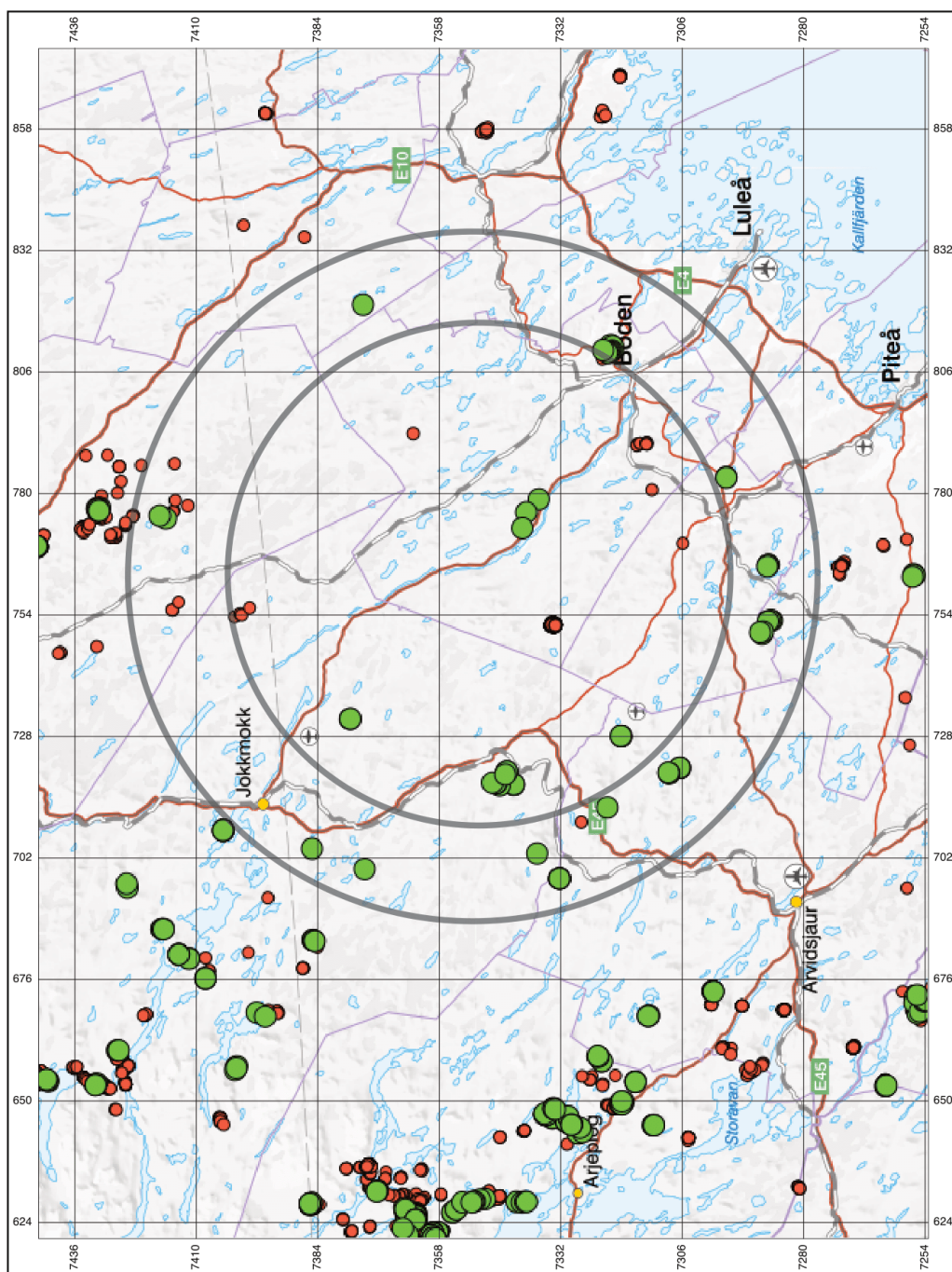
#### Om kartan

Detta är en utskrift från kartvisaren "Borrkärnor". Kartvisaren visar var borrkärnorna är tagna samt om de förvaras i samlingarna på huvudkontoret i Uppsala eller i borrkärnearkivet i Malå.

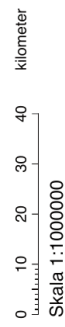
För de databaspunkter som hör till samlingarna på huvudkontoret i Uppsala finns inte alltid en borrkärna bevarad. Om BORRID saknar SCUB-nummer finns ingen kärna.

Läs mer om i kartvisaren på [www.sgu.se](http://www.sgu.se).

- Skannade borrkärnor
- Drill cores, Drill Core Archive
- Drill cores, collections



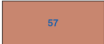
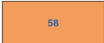

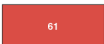

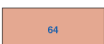
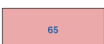
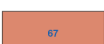

Topografiskt underlag:  
Ur GSD-Vägkartan.  
© Lantmäteriet.  
Rutnät i svart anger  
koordinater i Sweref99TM





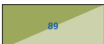
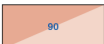

Sveriges geologiska undersökning (SGU)  
Huvudkontor/Head Office:  
Box 670  
Besök / Visit: Villavägen 18  
SE-751 28 Uppsala, Sweden  
Tel: +46(0) 18 17 90 00  
Fax: +46(0) 18 17 92 10  
E-post: [sgu@sgu.se](mailto:sgu@sgu.se)  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

## 11.4 Bilaga 4 — Legend till Möcklehult

### Östra segmentet, mellersta och övre enheterna *Eastern Segment, middle and upper units*

-  57 Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (1,2 miljarder år)  
*Granite, syenitoid and metamorphic equivalents (1.2 Ga)*
-  58 Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (ca 1,47–1,44 miljarder år)  
*Granite, syenitoid and metamorphic equivalents (c. 1.47–1.44 Ga)*
-  59 Diabas och metamorf ekvivalent (1,6–0,9 miljarder år)  
*Dolerite and metamorphic equivalent (1.6–0.9 Ga)*
-  61 Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (1,7 miljarder år)  
*Granite, granodiorite, syenitoid, quartz monzodiorite and metamorphic equivalents (1.7 Ga)*
-  62 Gabbro, dioritoid, diabas, ultrabasisk bergart och metamorfa ekvivalenter (1,7 miljarder år)  
*Gabbro, dioritoid, dolerite, ultrabasic rock and metamorphic equivalents (1.7 Ga)*
-  64 Granitoid, syenitoid, kvartsmonzodiorit (ca 1,8–1,7 miljarder år), metamorfa  
*Granitoid, syenitoid, quartz monzodiorite (c. 1.8–1.7 Ga), metamorphic*
-  65 Granitisk ortognejs (ca 1,8–1,7 miljarder år)  
*Granitic orthogneiss (c. 1.8–1.7 Ga)*
-  67 Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Granite, granodiorite, syenitoid, quartz monzodiorite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*
-  70 Ryolit, dacit, kvartslatit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Rhyolite, dacite, quartz latite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*

### BLEKINGE–BORNHOLMSOROGENEN *BLEKINGE–BORNHOLM OROGEN*

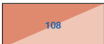
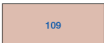
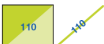
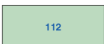

-  87 Granit, syenitoid och metamorfa ekvivalenter (ca 1,47–1,44 miljarder år)  
*Granite, syenitoid and metamorphic equivalents (c. 1.47–1.44 Ga)*
-  88 Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (1,7 miljarder år)  
*Granite, granodiorite, syenitoid, quartz monzodiorite and metamorphic equivalents (1.7 Ga)*
-  89 Gabbro, dioritoid, diabas, ultrabasisk bergart och metamorfa ekvivalenter (1,7 miljarder år)  
*Gabbro, dioritoid, dolerite, ultrabasic rock and metamorphic equivalents (1.7 Ga)*
-  90 Granitoid, syenitoid, kvartsmonzodiorit (ca 1,8–1,7 miljarder år), metamorfa  
*Granitoid, syenitoid, quartz monzodiorite (c. 1.8–1.7 Ga), metamorphic*
-  93 Sura och basiska metavulkaniska bergarter, paragnejs, kvartsit (ca 1,77–1,75 miljarder år)  
*Acid and basic metavolcanic rocks, paragneiss, quartzite (c. 1.77–1.75 Ga)*

### POSTSVEKOKARELSKA, PROTEROZOISKA BERGARTER *POST-SVEKOKARELIAN, PROTEROZOIC ROCKS*

-  94 Diabas (1,0–0,9 miljarder år)  
*Dolerite (1.0–0.9 Ga)*

### SVEKOKARELSKA OROGENEN *SVEKOKARELIAN OROGEN*

#### Paleoproterozoiska bergarter 1,96–1,75 miljarder år *Palaeoproterozoic rocks 1.96–1.75 Ga*

-  108 Granit, granodiorit, syenitoid, kvartsmonzodiorit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Granite, granodiorite, syenitoid, quartz monzodiorite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*
-  109 Granitoid och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Granitoid and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*
-  110 Gabbro, dioritoid, diabas, ultrabasisk bergart, anortosit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Gabbro, dioritoid, dolerite, ultrabasic rock, anorthosite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*
-  112 Basalt, trakyandesit, andesit, trakydacit, dacit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Basalt, trachyandesite, andesite, trachydacite, dacite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*
-  113 Ryolit, dacit, kvartslatit och metamorfa ekvivalenter (1,8 miljarder år)  
*Rhyolite, dacite, quartz latite and metamorphic equivalents (1.8 Ga)*

**Tidigare skrifter i serien  
”Examensarbeten i Geologi vid Lunds  
universitet”:**

540. Christiansen, Emma, 2018: Mikroplast på och i havsbotten - Utbredningen av mikroplaster i marina bottensediment och dess påverkan på marina miljöer. (15 hp)
541. Staahlnacke, Simon, 2018: En sammanställning av norra Skånes prekambriiska berggrund. (15 hp)
542. Martell, Josefin, 2018: Shock metamorphic features in zircon grains from the Mien impact structure - clues to conditions during impact. (45 hp)
543. Chitindingu, Tawonga, 2018: Petrological characterization of the Cambrian sandstone reservoirs in the Baltic Basin, Sweden. (45 hp)
544. Chonewicz, Julia, 2018: Dimensionerande vattenförbrukning och alternativa vattenkvaliteter. (15 hp)
545. Adeen, Lina, 2018: Hur lämpliga är de geofysiska metoderna resistivitet och IP för kartläggning av PFOS? (15 hp)
546. Nilsson Brunlid, Anette, 2018: Impact of southern Baltic sea-level changes on landscape development in the Verkeån River valley at Haväng, southern Sweden, during the early and mid Holocene. (45 hp)
547. Perälä, Jesper, 2018: Dynamic Recrystallization in the Sveconorwegian Frontal Wedge, Småland, southern Sweden. (45 hp)
548. Artursson, Christopher, 2018: Stratigraphy, sedimentology and geophysical assessment of the early Silurian Halla and Klinteberg formations, Altajme core, Gotland, Sweden. (45 hp)
549. Kempengren, Henrik, 2018: Att välja den mest hållbara efterbehandlingsmetoden vid sanering: Applicering av beslutsstödsverktyget SAMLA. (45 hp)
550. Andreasson, Dagnija, 2018: Assessment of using liquidity index for the approximation of undrained shear strength of clay tills in Scania. (45 hp)
551. Ahrenstedt, Viktor, 2018: The Neoproterozoic Visingsö Group of southern Sweden: Lithology, sequence stratigraphy and provenance of the Middle Formation. (45 hp)
552. Berglund, Marie, 2018: Basaltkuppen - ett spel om mineralogi och petrologi. (15 hp)
553. Hernäs, Tove, 2018: Garnet amphibolite in the internal Eastern Segment, Sveconorwegian Province: monitors of metamorphic recrystallization at high temperature and pressure during Sveconorwegian orogeny. (45 hp)
554. Halling, Jenny, 2019: Characterization of black rust in reinforced concrete structures: analyses of field samples from southern Sweden. (45 hp)
555. Stevic, Marijana, 2019: Stratigraphy and dating of a lake sediment record from Lyngsjön, eastern Scania - human impact and aeolian sand deposition during the last millennium. (45 hp)
556. Rabanser, Monika, 2019: Processes of Lateral Moraine Formation at a Debris-covered Glacier, Suldenferner (Vedretta di Solda), Italy. (45 hp)
557. Nilsson, Hanna, 2019: Records of environmental change and sedimentation processes over the last century in a Baltic coastal inlet. (45 hp)
558. Ingered, Mimmi, 2019: Zircon U-Pb constraints on the timing of Sveconorwegian migmatite formation in the Western and Median Segments of the Idefjorden terrane, SW Sweden. (45 hp)
559. Hjorth, Ingeborg, 2019: Paleomagnetisk undersökning av vulkanen Rangitoto, Nya Zeeland, för att bestämma dess utbrotts historia. (15 hp)
560. Westberg, Märta, 2019: Enigmatic worm-like fossils from the Silurian Waukesha Lagerstätte, Wisconsin, USA. (15 hp)
561. Björn, Julia, 2019: Undersökning av påverkan på hydraulisk konduktivitet i förorenat område efter in situ-saneringsförsök. (15 hp)
562. Faraj, Haider, 2019: Tolkning av georadarprofiler över grundvattenmagasinet Verveln - Gullringen i Kalmar län. (15 hp)
563. Bjeremo, Tim, 2019: Eoliska avlagringar och vindriktningar under holocen i och kring Store Mosse, södra Sverige. (15 hp)
564. Langkjaer, Henrik, 2019: Analys av Östergötlands kommande grundvattenresurser ur ett klimtperspektiv - med fokus på förstärkt grundvattenbildning. (15 hp)
565. Johansson, Marcus, 2019: Hur öppet var landskapet i södra Sverige under Atlantisk tid? (15 hp)
566. Molin, Emmy, 2019: Litologi, sedimentologi och kolisotopstratigrafi över krita-paleogen-gränsintervallet i bormningen Limhamn-2018. (15 hp)
567. Schroeder, Mimmi, 2019: The history of European hemp cultivation. (15 hp)
568. Damber, Maja, 2019: Granens invandring i sydvästa Sverige, belyst genom pollenanalys från Skottenesjön. (15 hp)
569. Lundgren Sassner, Lykke, 2019: Strandmorfologi, stranderosion och stranddeposition, med en fallstudie på Tylösand sandstrand, Halland. (15 hp)
570. Greiff, Johannes, 2019: Mesozoiska konglomerat och Skånes tektoniska utveckling. (15 hp)

571. Persson, Eric, 2019: An Enigmatic Cerapodian Dentary from the Cretaceous of southern Sweden. (15 hp)
572. Aldenius, Erik, 2019: Subsurface characterization of the Lund Sandstone – 3D model of the sandstone reservoir and evaluation of the geoenery storage potential, SW Skåne, South Sweden. (45 hp)
573. Juliusson, Oscar, 2019: Impacts of subglacial processes on underlying bedrock. (15 hp)
574. Sartell, Anna, 2019: Metamorphic paragenesis and P-T conditions in garnet amphibolite from the Median Segment of the Idefjorden Terrane, Lilla Edet. (15 hp)
575. Végvári, Fanni, 2019: Vulkanisk inverkan på klimatet och atmorsfärcirkulationen: En litteraturstudie som jämför vulkanism på låg respektive hög latitud. (15 hp)
576. Gustafsson, Jon, 2019: Petrology of platinum-group element mineralization in the Koillismaa intrusion, Finland. (45 hp)
577. Wahlquist, Per, 2019: Undersökning av mindre förkastningar för vattenuttag i sedimentärt berg kring Kingelstad och Tjutebro. (15 hp)
578. Gaitan Valencia, Camilo Esteban, 2019: Unravelling the timing and distribution of Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern Kaapvaal Craton, South Africa. (45 hp)
579. Eggert, David, 2019: Using Very-Low-Frequency Electromagnetics (VLF-EM) for geophysical exploration at the Albertine Graben, Uganda - A new CAD approach for 3D data blending. (45 hp)
580. Plan, Anders, 2020: Resolving temporal links between the Högberget granite and the Wigström tungsten skarn deposit in Bergslagen (Sweden) using trace elements and U-Pb LA-ICPMS on complex zircons. (45 hp)
581. Pilser, Hannes, 2020: A geophysical survey in the Chocaya Basin in the central Valley of Cochabamba, Bolivia, using ERT and TEM. (45 hp)
582. Leopardi, Dino, 2020: Temporal and genetic constraints of the Cu-Co Vena-Dampetorp deposit, Bergslagen, Sweden. (45 hp)
583. Lagerstam Lorien, Clarence, 2020: Neck mobility versus mode of locomotion – in what way did neck length affect swimming performance among Mesozoic plesiosaurs (Reptilia, Sauropterygia)? (45 hp)
584. Davies, James, 2020: Geochronology of gneisses adjacent to the Mylonite Zone in southwestern Sweden: evidence of a tectonic window? (45 hp)
585. Foyn, Alex, 2020: Foreland evolution of Blåisen, Norway, over the course of an ablation season. (45 hp)
586. van Wees, Roos, 2020: Combining luminescence dating and sedimentary analysis to derive the landscape dynamics of the Velická Valley in the High Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
587. Rettig, Lukas, 2020: Implications of a rapidly thinning ice-margin for annual moraine formation at Gornergletscher, Switzerland. (45 hp)
588. Bejarano Arias, Ingrid, 2020: Determination of depositional environment and luminescence dating of Pleistocene deposits in the Biely Váh valley, southern foothills of the Tatra Mountains, Slovakia. (45 hp)
589. Olla, Daniel, 2020: Petrografisk beskrivning av Prekambriska ortognejser i den undre delen av Särsvskollan, mellersta delen av Skollenheten, Kaledonska orogener. (15 hp)
590. Friberg, Nils, 2020: Är den sydatlantiska magnetiska anomalin ett återkommande fenomen? (15 hp)
591. Brakebusch, Linus, 2020: Klimat och väder i Nordatlanten-regionen under det senaste årtusendet. (15 hp)
592. Boestam, Max, 2020: Stränder med erosion och ackumulation längs kuststräckan Trelleborg - Abbekås under perioden 2007-2018. (15 hp)
593. Agudelo Motta, Catalina, 2020: Methods for rockfall risk assessment and estimation of runout zones: A case study in Gothenburg, SW Sweden. (45 hp)
594. Johansson, Jonna, 2020: Potentiella nedslagskratrar i Sverige med fokus på Östersjön och östkusten. (15 hp)



# LUNDS UNIVERSITET

Geologiska institutionen  
Lunds universitet  
Sölvegatan 12, 223 62 Lund