

GEOFYSISKE OG GEOARKEOLOGISKE ANALYSER AV SKIPSHAUGEN PÅ GJELLESTAD

Gjellestad/Jellestad 2 vestre eller nordre (G.nr/b.nr. 28/1)





Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)
 Storgata 2, Postboks 736 Sentrum, 0105 Oslo
 Telefon: 23 35 50 00
www.niku.no

Tittel Geofysiske og geoarkeologiske analyser av skipshaugen på Gjellestad Gjellestad/Jellestad 2 vestre eller nordre (G.nr/b.nr. 28/1)	Rapporttype/nummer NIKU Oppdragsrapport 61/2020	Publiseringsdato 30.06.2020
	Prosjektnummer 1021303, 1021499 og 1020820-38	Oppdragstidspunkt April 2018 – September 2019
	Forsidebilde Georadarsystem foran Jellhaugen. Foto: Erich Nau, NIKU	
Forfatter(e) Lars Gustavsen, Rebecca J. S. Cannell og Erich Nau	Sider 53	Tilgjengelighet Åpen
	Avdeling Digital dokumentasjon, kulturminner og landskap	

Prosjektleder Lars Gustavsen
Prosjektmedarbeider(e) Rebecca J. S. Cannell, Erich Nau
Kvalitetssikrer Knut Paasche

Oppdragsgiver(e) Viken fylkeskommune (tidl. Østfold fylkeskommune) Avdeling for kulturarv, NIKU

Sammendrag I oktober 2018 kunne Norsk institutt for kulturminneforskning, i samarbeid med Østfold fylkeskommune, kunngjøre nyheten om at det var funnet spor etter en stor skipsgrav ved hjelp av georadar på gården Gjellestad på Viksletta utenfor Halden. Året etter ble det åpnet en sjakt inn i haugen for å vurdere gravens bevaringsgrad og de generelle bevaringsforholdene, samt å ta ut dateringsprøver. I forbindelse med denne utgravningen ble det også tatt ut fire jordprøver, både i selve skipsgraven og i noen av haugens konstruksjonselementer. Hensikten med dette var å analysere lagenes sammensetning, slik at disse kunne sammenlignes med resultatene fra de geofysiske undersøkelsene. På denne måten har vi blitt i stand til å danne oss et bedre bilde av hva som er bevart av gravhaugen, og hvordan den en gang var konstruert. I denne rapporten fokuserer vi på tolkningene av resultatene fra de geofysiske undersøkelsene og analysene av jordprøvene. Vi beskriver de ulike georadarundersøkelsene som har vært tatt i bruk på Gjellestad, og de samlede tolkningene av skipsgraven på grunnlag av disse. I tillegg beskriver vi analysene av de fire jordprøvene, og vi diskuterer hvordan disse samsvarer med georadarresultatene. Samlet sett gir kombinasjonen av de to undersøkelsesmetodene et foreløpig bilde av hvordan gravhaugen en gang var bygd opp, samtidig som den avstedkommer problemstillinger som vi mener bør tas stilling til ved en eventuell senere utgravning av haugen.

Emneord georadar, jordprøver, skipsgrav

Avdelingsleder

Knut Paasche

Takk til

Forfatterne av denne rapporten ønsker å takke arkeologene Sigrid Mannsåker Gundersen og Per Erik Gjesvold fra Viken fylkeskommune, samt grunneier Olav Jellestad for et spennende og særdeles vellykket samarbeid om Gjellestad. Videre vil vi takke Christian Løchsen Rødsrud ved Kulturhistorisk museum, UiO, for å ha gitt oss innblikk i noen av de foreløpige resultatene fra utgravningene i 2019. Vi ønsker også å takke våre samarbeidspartnere i Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI ArchPro) i Wien, for gode og interessante diskusjoner rundt de geofysiske resultatene. En spesiell takk går til Alois Hinterleitner fra LBI ArchPro, som på magisk vis tryller fram optimaliserte datasett, og som tilpasser algoritmer og programvareløsninger nærmest på bestilling. Prosjektet ble delfinansiert av Østfold fylkeskommune, som bekostet georadarundersøkelsene, mens prosessering, visualisering, tolkning og rapportering ble utført med interne midler fra NIKU. Likeledes ble jordprøvene analysert med interne forskningsmidler fra NIKU.

Innholdsfortegnelse

1	Introduksjon	6
2	Gjellestad.....	6
2.1	Lokalitetsbeskrivelse og jordsmonn.....	6
2.2	Geologi og jordsmonn.....	6
2.3	Arkeologisk bakgrunn	8
3	Datainnsamling og analyse.....	9
3.1	Geofysiske undersøkelser.....	9
3.1.1	Feltarbeid.....	9
3.1.2	Utstyr og programvare.....	10
3.1.3	Prosessering og visualisering	10
3.2	Jordprøver.....	12
3.2.1	LOI (Loss-On-Ignition, glødetap)	12
3.2.2	Partikkelanalyse.....	12
4	Resultater	14
4.1	Haugbunn.....	16
4.2	Grøft for skipet.....	16
4.3	Kjøll.....	16
4.4	Haugbrott	17
4.5	Fotgrøft(er)	17
4.6	Haugmasser	17
4.7	Steinfylte groper	18
4.8	Stolpehull	18
4.9	Analyser av jordprøver.....	19
5	Diskusjon	20
6	Konklusjon	24
7	Referanser	25
	VEDLEGG A.....	27
	VEDLEGG B.....	48

1 Introduksjon

I oktober 2018 kunne Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU), i samarbeid med Østfold fylkeskommune (Øfk – nå Viken fylkeskommune) kunngjøre nyheten om at en skipsgrav hadde blitt oppdaget ved hjelp av georadar på gården Gjellestad utenfor Halden. Skipsgraven ble først oppdaget i april samme år under et rutinemessig oppdrag gjennomført av NIKU på bestilling fra Øfk, men på grunn av åkerens tilstand på den tiden av året lot det seg ikke gjøre å undersøke hele anlegget. Dette ble først mulig i august, etter den særdeles tørre og varme sommeren i 2018. I datasettene fra denne undersøkelsen kunne vi for første gang se skipsgraven i sin helhet, og datasettene viste samtidig at graven utgjør en del av en større kulturminnelokalitet, bestående av flere gravhauger og stolpebygde hus.

Senere er det gjennomført flere geofysiske undersøkelser av åkeren, og i 2019 åpnet Kulturhistorisk museum, UiO (KHM) en sjakt gjennom den sentrale delen av skipsgraven for å undersøke dens datering, bevaringsforhold og bevaringstilstand. I forbindelse med denne utgravningen ble det hentet ut fem jordprøver fra haugmaterialet. Hensikten med dette prøveuttaket var å undersøke hvorvidt det lot seg gjøre å beskrive større deler av gravanlegget og dets konstruksjon utfra georadarundersøkelser kombinert med jordsmonnsanalyser.

I denne rapporten beskriver vi de ulike georadarundersøkelsene som har vært tatt i bruk på Gjellestad, og de samlede tolkningene av skipsgraven på grunnlag av disse. I tillegg beskriver vi analysene av de fire jordprøvene, og vi diskuterer hvordan disse samsvarer med georadarresultatene. Samlet sett gir kombinasjonen av de to undersøkelsesmetodene et foreløpig bilde av hvordan gravhaugen en gang var bygd opp, samtidig som den avstedkommer problemstillinger som vi mener bør tas stilling til ved en eventuell senere utgravning av haugen.

2 Gjellestad

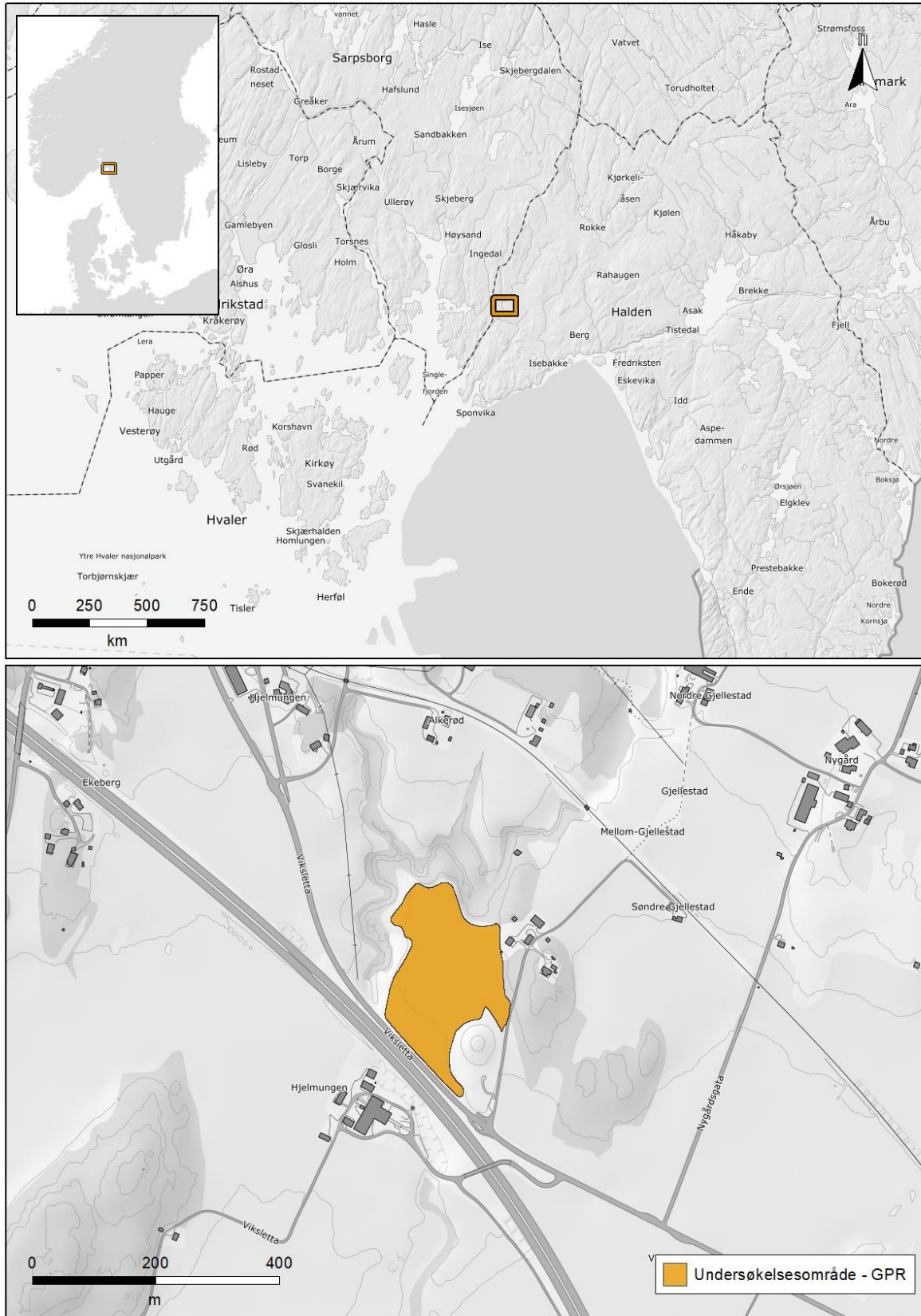
2.1 Lokalitetsbeskrivelse og jordsmonn

Gården Gjellestad ligger ca. 8 km nordvest for Halden, på den lavtliggende og fruktbare Viksletta (Figur 1). Denne ca. 7 km² store sletten ligger på sjøsiden av Ra-morenen og heller lett mot sørvest. Bortsett fra en åpning ned mot Røsnes-kilen er sletten innrammet av lave, skogkledde åsrygger, og den karakteriseres av store områder dyrket mark med spredte, bevekste bergknauser. Undersøkellesområdet består av en åker som omslutter den store Jellhaugens vestre og nordvestre flanker. Åkeren er ca. 4,5 hektar stor og avgrenses av et flere meter dypt, nærmest uttørket, elveløp mot nord, vest og sørvest, gårdsbebyggelse mot nordøst, samt dagens E6 mot sør. I dag ligger åkeren mellom 9 – 13 m over havnivå, og ca. 1,7 km fra dagens kystlinje. I den delen av jernalderen da lokaliteten var i bruk ville imidlertid havet ha stått ca. 4 – 5 m høyere, og dermed ha dannet en skjermet bukt noen få hundre meter sør for Gjellestad (Gustavsen et al., in press).

2.2 Geologi og jordsmonn

Geologisk sett ligger Gjellestad innenfor Østfoldkomplekset hvor berggrunnen består av gneiser av sedimentær opprinnelse, muskovitt, biotittgneis, amfibolitt og granittisk øyegneis. En detaljert kartlegging av berggrunnen i området finnes ikke, og det er derfor vanskelig å si noe eksakt om berggrunnstypen rundt Gjellestad. De kvartærgeologiske forholdene preges av marine avsetninger som er gjennomskåret av dype elveløp (NGU, 2020).

Over disse finner vi strandavsetninger i form av laminert siltholdig sand, og innenfor undersøkelsesområdet består disse, ifølge foreliggende jordsmonnskartering, i all hovedsak av **Cambisol** og **Umbrisol** med enkelte felter av **Stagnosol** (NIBIO, 2020). Jordsmonnet er klassifisert etter lagskillet mellom overflaten og ned til en meter, da dette har den største betydningen for næringsinnhold, kjemiske og fysiske egenskaper, dreneringsforhold, og dyrkbarhet. I følge WRB (World



Figur 1: Gården Gjellestad ligger ca. 8 km nordvest for Halden. Det ca. 4 hektar store undersøkelsesområdet ligger i dyrka mark, hovedsakelig nord og vest for den store Jellhaugen.

Reference Base)-systemet som brukes i Norge (F.A.O, 2015), er Cambisol et ungt jordsmonn med en svakt utviklet struktur. Dette vil si at det ikke er utviklet karakteristiske lag i jordsmonnet, foruten et forvitret mineralsjikt (cambic) rett under pløyelaget. Dette sjiktet er som oftest rød-oransje i farge, og indikerer en tidlig fase i den kjemiske og fysiske utviklingen av jordsmonnshorisonten. Ettersom Cambisol er begrenset til jordsmonn som hovedsakelig består av silt eller loam, finnes de typisk på eldre fluviale avsetninger. Cambisol-gruppen på Gjellestad har underkategoriene Endostagnic Cambisol (Dystric). *Dystric* betyr at jordsmonnet er, fra et moderne jordbruksperspektiv, næringsfattig, mens *Endostagnic* indikerer at det, mellom 50 og 100 cm dybde, finnes en jordsmonnshorisont som hindrer drenering. I områder som Gjellestad, der jordsmonnet har et marint opphav, består denne horisonten som regel av marin silt eller siltholdig leire.

Når det ikke finnes fluviale eller strandavsetninger over disse, klassifiseres de ofte som Stagnosol, og det er også denne jordsmonnstypen som dominerer i området. Stagnosol er en jordsmonnstype som ofte mettes av overflatevann på grunn av dårlige dreneringsegenskaper, og denne finnes ofte i områder med marin silt/siltholdig leire. I området undersøkt med georadar er det to områder med Stagnosol; ett mot nordvest og ett mot nordøst, like nord for Jellhaugen. Området mot nordvest er en Mollic Stagnosol (Siltic), altså en Stagnosol med mørk matjord med lavt organisk innhold, som er dannet over et næringsrikt opphavsmateriale, mens *Siltic* betegner i dette tilfellet tilstedeværelsen av en tykk (over 30 cm) siltholdig horisont like under matjorda. Stagnosol-gruppen mot nordøst er en Haplic Stagnosol (Ruptic). *Haplic* betyr at jordsmonnet er typisk for sin gruppe. Betegnelsen *Ruptic* (som ikke lenger benyttes i WRB-klassifiseringen), indikerer en brå forandring i tekstur innen 100 cm fra overflaten. I dette tilfellet betyr det mest sannsynlig et sandlag eller et begravd organisk sjikt dannet idet sjøen har trukket seg tilbake i et uregelmessig tempo (NIBIO, 2020).

Umbrisol-gruppen i den søndre delen av området er kompleks. Den er klassifisert som Endostagnic Umbrisol (Ruptic, Endoeutric), noe som indikerer en leirholdig horisont mellom 50 og 100 cm. Som et resultat av denne endringen betegnes jordsmonngruppen som *Ruptic*. Endringen gir også betegnelsen *Endo-* (endring mellom 50 og 100 cm), og *Eutric*, som betyr «næringsrik». I dette tilfellet antas det at det viser til en leirholdig horisont – eksempelvis siltholdig leire. Umbrisols klassifiseres etter matjorda, som er mørk og humusrik, men næringsfattig på grunn av opphavsmaterialet. Umbrisols finnes fortrinnsvis i våte og kalde klimasoner, men kan også være et resultat av dyrkning over lang tid. De finnes gjerne der matjorda ikke er tykt nok til å kunne klassifiseres som Anthrosol.

Denne gjennomgangen viser at jordsmonnet på Gjellestad er svært variert, med mange strukturelle klasser og egenskaper representert over et nokså begrenset område. Dette er et resultat av ulike kvartærgeologiske komponenter og prosesser i landskapet, slik som fluviale og marine avsetninger, men også menneskeskapte endringer. Variasjonene har påvirket resultatene fra våre målinger ettersom det vanskeliggjør komparative analyser, noe som må tas i betraktning ved bruk av datasettene.

2.3 Arkeologisk bakgrunn

Området er generelt rikt på kulturminner fra alle tidsperioder. Imidlertid er nok området utvilsomt best kjent for den kolossale Jellhaugen ved Gjellestad. Denne haugen, med sin diameter på rundt 80 m og høyde på minst 10 m, dominerer den omkringliggende kystsletten og er regnet som den nest største gravhaugen i Skandinavia – etter Raknehaugen på Romerike. Første gang haugen opptrer i historiske kilder er på et kart fra 1760 over landområdene rundt Fredriksten festning. Videre opptrer den i en topografisk beskrivelse fra midten av 1790-tallet, der forfatteren skriver at det er lett å se at «...denne store Høj ved Menneskearbejde maae være opført...», og at «...en af Alderdommens store Söehelte er her maaskee begravet...». Samtidig noteres det at det er tydelige spor etter haugbrott i haugen (Hoff, 1794). Imidlertid ble Jellhaugen avskrevet noen tiår senere da antikvar Nicolai Nicolaisen samlet inn informasjon til sitt verk *Norske Fornlevninger*. Basert på informasjon fra en «hr. student A. Lorange», ble det antatt at haugen nok heller utgjorde en geologisk formasjon, selv om Nicolaisen medgår at «nogle af de mange forhøjninger, som findes derpaa, ere gravhauger.» (Nicolaysen, 1868). Det er, ut fra dette, uklart om Nicolaisen mener gravhauger plassert oppå selve Jellhaugen, eller om han sikter til

hauger annensteds på gården. Uansett uteblir Jellhaugen fra videre oversikter over oldtidsminner i Norge, og den lider etter hvert en ublid skjebne. Den blir jevnet noe ut, og flaten på toppen blir omgjort til potetåker.

Det er ikke før på midten av 1940-tallet at interessen for den store haugen på Viksletta igjen tennes, da arkeolog Erling Johansen «gjenoppdager» haugen fra et togvindu på vei mellom Moss og Halden. Noen år senere, under et annet ærende på gården, blir han fortalt historien om «Kong Jell» som skal ha vært begravd i haugen sammen med sitt skip (Johansen, 1953: 456). Videre kan grunneieren fortelle at det, noe før 1880, ble funnet rester etter «...en liten båt...», «...mindre enn et vikingskip...» ved fjerning av noen hauger mellom Jellhaugen og elva (Johansen, 1953: 461-462). Dette siste punktet ble ikke fulgt opp av Johansen, selv om han nevner at vekstspor etter to til tre store hauger kunne sees i åkeren. Johansen var imidlertid mer interessert i å få undersøkt Jellhaugen, og en rekke undersøkelser, blant annet ved hjelp av prøveboring og seismikk, ble gjennomført mellom 1953 og 1968. Undersøkelsene kulminerte i en smal grøft som ble gravet over haugens midte (Liestøl & Johansen, 1970). Det ble gjort svært få gjenstandsfunn i forbindelse med utgravningene, men til gjengjeld ble det bevist en gang for alle at haugen var menneskeskapt og at den besto av flere titalls torvlag som var lagt over en stor steinrøys. Denne er tolket som en røys over en kremasjonsgrav (Stylegar & Norseng, 2003), selv om beina som ble funnet nok stammer fra dyr. Det ble tatt dateringsprøver fra ulike steder i haugen, men på grunn av datidens metodiske og teknologiske begrensninger er resultatene fra disse pent sagt tvetydige. De indikerer at haugen ble reist en gang mellom Romertid og Merovingertid, og at en eller annen aktivitet fant sted i haugen i sen merovingertid eller vikingtid.¹

Etter disse undersøkelsene, ble haugen rekonstruert til sin nåværende form i 1989, og siden den gang må vel haugen sies å ha havnet litt i skyggen av de mer kjente storhaugene på østlandsområdet. Imidlertid, og kanskje ikke overraskende, har man ved hjelp av metallsøker i områdene rundt haugen gjort flere interessante funn, deriblant et hengesmykke i gull som ble funnet i 2015 (C60403 og C60713). Videre har arkeologer fra fylkeskommunen påvist spor etter flere fotgrøfter ved sjakting i 2016 (Berge, 2017). Fotgrøftene ble imidlertid ikke avdekket i sin helhet, og ettersom de var utvilsomt automatisk fredete kulturminner, ble det heller ikke tatt ut prøver til datering.

3 Datainnsamling og analyse

3.1 Geofysiske undersøkelser

3.1.1 Feltarbeid

Det er gjennomført georadarundersøkelser i tre omganger på Gjellestad (Tabell 1). Den første undersøkelsen kom i stand i forbindelse med en plansak, der grunneier på gården ønsket å bytte ut dreneringsrørene på åkeren. På bakgrunn av den informasjonen fylkeskommunen allerede hadde om området, ble georadar vurdert testet som metode for å kunne avgrense den tidligere påviste lokaliteten uten å måtte gå til videre fysiske inngrep.

Den første undersøkelsen ble gjennomført i april 2018, etter en våt og kald vår. Dette førte til at jordsmonnet på Gjellestad var mettet med vann, og det motoriserte georadarsystemet ble sittende fast ved flere tilfeller. Undersøkelsen ble avblåst etter at omtrent ¼ av åkeren hadde blitt undersøkt, i påvente av bedre kjøreforhold. Den påfølgende sommeren var som kjent en av tidenes tørreste, med høye gjennomsnittstemperaturer og lite nedbør. Forholdene var derfor, rent kjøremessig, gunstige ved undersøkelsene som ble gjennomført i slutten av august samme år. Ved disse undersøkelsene kunne nesten hele åkeren undersøkes i løpet av én dag. Det var kun de bratteste delene av åkeren, mot elveløpet i nordvest som ikke ble undersøkt. I tillegg til de motoriserte undersøkelsene ble det også kjørt

¹ Ifølge kalibreringskurven IntCal13, kan den eldste prøven dateres til 330 – 660 AD, mens den yngste til 670 – 983 AD.

enkeltkanals georadar over skipsgraven, med ulike antenner, for å fremskaffe bedre bilder av denne i profil. I et forsøk på å fremskaffe utfyllende informasjon om lokaliteten ble det også gjennomført en undersøkelse i januar 2019, på et tynt lag snø over telen. Dette lot seg fint gjøre rent praktisk, men førte ikke til at mer informasjon framkom, da de aller fleste anomalier fremsto som de gjorde i datasettet fra august 2018. Enkelte nye anomalier ble oppdaget, mens noen av anomalierne sett i de andre datasettene var ikke synlige i det hele tatt.

Dato	System	Frekvens	Oppløsning	Størrelse	Kommentar
18.04.2018	MALÅ MIRA	400 MHz	10 x 5 cm (5 x 5 cm)	1.1 ha	¼ av åkeren.
21.08.2018	MALÅ MIRA	400 MHz	10 x 5 cm (5 x 5 cm)	3.9 ha	Hele åkeren. Ekstremt tørt.
	Sensor & Software Noggin	500 MHz 250 MHz	2.5 cm inline	600 m	Totalt 24 GPR-profiler over skipsgraven.
15.01.2019	MALÅ MIRA	400 MHz	10 x 5 cm (5 x 5 cm)	3.9 ha	Hele åkeren. Snø og tele.
				0.1 ha	GPR-profiler over skipsgraven.

Tabell 1: Oversikt over georadarundersøkelsene som er gjennomført på Gjellestad i 2018 og 2019.

I tillegg til disse undersøkelsene er det gjennomført magnetometerundersøkelser vinteren 2019, samt en test av en ny radarantenne i mai 2020. Disse undersøkelsene inngår ikke i denne rapporten, da datasettene ennå ikke er fullstendig gjennomarbeidet.

3.1.2 Utstyr og programvare

De motoriserte georadarundersøkelsene ble gjennomført med et georadarsystem av typen MALÅ MIRA (**Malå Imaging Radar Array**), frontmontert på et terrengkjøretøy av typen Kubota RTX-900. Denne systemkonfigurasjonen er utviklet av det internasjonale forskningsinstituttet Ludwig Boltzmann Institute for Archaeological Prospection and Virtual Archaeology (LBI ArchPro). Selve radarsystemet består av 17 radarantenner (8 sender- og 9 mottakerantenner, til sammen 16 kanaler) med en nominell senterfrekvens på 400 MHz (Figur 2). Disse er plassert ved siden av hverandre med 10,5 cm mellomrom. Posisjonering av systemet utføres ved hjelp av en RTK GPS av typen JAVAD Sigma, som også utløser målinger av radarsignalet 5 ganger i sekundet. Dette gjør at en oppnår en oppløsning i datasettene på 5 cm i kjøreretningen. Under datainnsamlingen mates informasjon fra antenner og GPS-system inn i en prosesseringsenhet, der posisjoneringsinformasjon og radardata kobles sammen. Hele systemet kontrolleres ved hjelp av en visningsenhet i førerhuset, der informasjon om kjøretøyets posisjon og de innhentede dataene også vises i sanntid. Datainnhenting og systemstyring skjer her via programvaren *MALÅ MiraSoft*, mens navigasjonsinformasjonen styres og visualiseres via programvaren *LoggerVIS* (LBI ArchPro). I tillegg til de motoriserte undersøkelsene ble det kjørt enkeltprofiler over skipsgraven. Dette ble gjort med Sensors and Software Noggin-antenner med senterfrekvens på 250 og 500 MHz (Figur 3). Antennene var montert på en *SmartCart*-vogn, som ble ført over undersøkelsesområdet i henhold til utplasserte linjer. Disse linjene ble i ettertid målt inn ved hjelp av en RTK GPS for nøyaktig posisjonering av de innsamlede dataene.

3.1.3 Prosessering og visualisering

Datasettene fra de motoriserte undersøkelsene ble prosessert i programvaren ApRadar (LBI ArchPro). Her bearbeides den innsamlede informasjonen med hensikt å optimalisere den digitale gjengivelsen av landskapet under bakken. Georadardataene kobles sammen med posisjoneringsdataene, slik at de geofysiske refleksjonene kan koordinatfestes. Ved å sette sammen denne informasjonen skapes det et tredimensjonalt datavolum som viser de geofysiske forholdene både horisontalt og vertikalt, og disse dataene kan videreprosesserer, filtreres, manipuleres og presenteres på ulike måter for å frembringe en best mulig gjengivelse av de elementene man ønsker å undersøke. Parameterne som er brukt i denne prosessen varierer nødvendigvis ettersom det er produsert et utall sett med dybdeskiver. Alle parametere er lagret i metadata for hvert datasett, og prosesseringsstegene er utførlig beskrevet i (Trinks et al., 2018). Fra de prosesserte, tredimensjonale datasettene utarbeides det horisontale fremstillinger, *dybdeskiver*, av jordsmonnet. Dybdeskivene kan noe enkelt beskrives som digitale framstillinger eller gjengivelser av de geofysiske forholdene under bakken. Disse importeres inn i en ArcGIS geodatabase og analyseres videre ved hjelp av programvareutvidelsen *ArchaeoAnalyst Toolbox*

(LBI ArchPro), som gjør det mulig å fremstille georadardataene i ønsket dybde og -volum, visualisere dataene ved bruk av ulike innstillinger og filtre, samt produsere interaktive animasjoner.



Figur 2: Motoriserte georadarundersøkelser med et radarsystem av typen MALÅ MIRA IV vinteren 2019. Foto: Lars Gustavsen, NIKU.



Figur 3: Bruk av Sensors and Software Noggin 500 enkeltkanals georadar i august 2018. Foto: Erich Nau, NIKU.

Dybdeskivene er tolket arkeologisk og sammenstilt med andre datakilder i GIS. Tolkningen av de geofysiske anomaliene baseres i hovedsak på å gjenkjenne strukturenes form, og å relatere disse til eventuelle arkeologiske, moderne eller geologiske/naturlige fenomener. Dette betyr at strukturer som ikke har en unik geometrisk form og størrelse kan være vanskelig å tolke med sikkerhet. Strukturenes beliggenhet og øvrige kontekst spiller derfor en sentral rolle i tolkningen av funksjon og alder.

Datasettene fra de enkelte profilene over haugen ble prosessert og visualisert i programvaren Sandmeier ReflexW 6.0, og tolkningene ble uttegnet i Adobe Illustrator.

3.2 Jordprøver

I forbindelse med Øfk og KHMs verifiseringsprosjekt ble det i 2019 anlagt en sjakt over skipsgraven for å undersøke bevaringsforholdene i haugen, samt hvorvidt organisk materiale var bevart. Utgravningen fulgte en dreneringsgrøft som er lagt rett over skipsgraven og som kunne følges tydelig i georadardataene. Sjakten fanget derfor opp både den sentrale skipsgraven og enkelte av haugens konstruksjonselementer. Prøvene ble tatt fra fem ulike steder i gravhaugen (Prøve 28 – 32). Fire av prøvene (29 – 32) ble tatt i selve haugkonstruksjonen, mens en (28) ble tatt i massene inne i skipet. Prøvene gjenspeiler de sterke kontrastene som var synlige i disse strukturene, og ble analysert med tanke på å forstå de lokale jordsmonnsegenskapene i området, og hvordan jordsmonnet er påvirket av menneskelig aktivitet. Videre skulle den fysiske variasjonen i jordsmonnsegenskapene analyseres for å evaluere hvordan disse hadde påvirket de geofysiske resultatene.

Prøve	Kort beskrivelse	Tolkning
28	Humusholdig, fin siltig sand.	Innsiltet fyll i skipsgrøfta.
29	Blandet jord, stedvis spettet mønster (stagnic). Humusholdig, svært fin sandholdig silt. Stedvis oksidert jern. Fin avrundet grus enkelte steder.	Mulig tildekket matjordsjikt, ytre haugmasser.
30	Svært humusholdig, svært fin sandholdig silt.	Indre haugmasser, torv.
31	Moderat humusholdig, svært fin sandholdig silt, med inklusjoner av ikke-humøs silt.	Midtre haugmasser, torv.
32	Noe spettet mønster (stagnic), hovedsakelig silt med noe svært fin sand.	Undergrunnsmasser.

Tabell 2: Oversikt over jordprøvene fra skipsgraven, med kort beskrivelse og foreløpig tolkning.

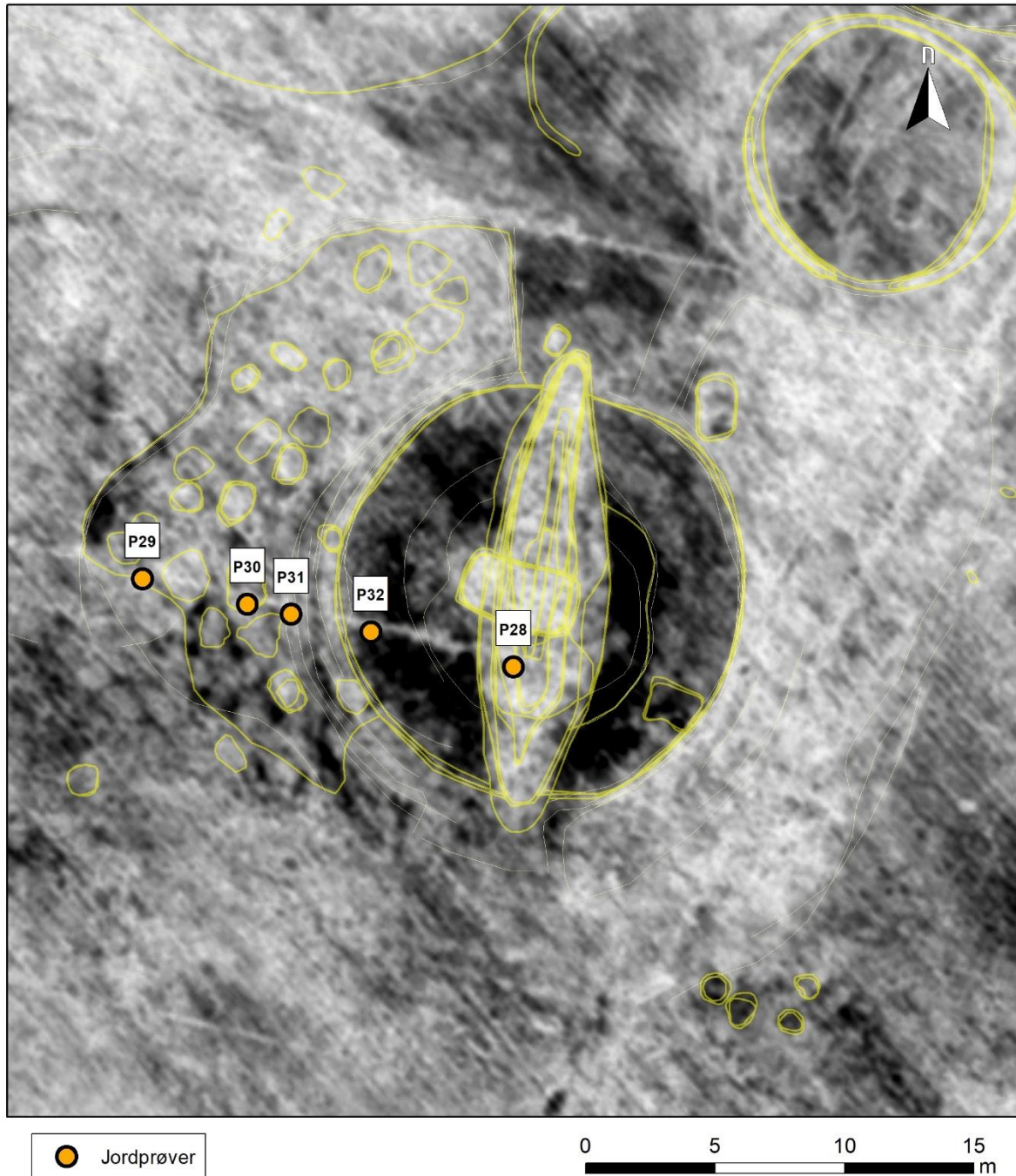
To analyser ble gjennomført; en måling av det organiske innholdet i hver prøve ved hjelp av glødetap (Loss-On-Ignition, LOI), samt måling av partikkelstørrelse. Analysene ble, sammen med de visuelle observasjonene og beskrivelsene som var gjort i felt, gjennomført for å bestemme parameterne for videre undersøkelser.

3.2.1 LOI (Loss-On-Ignition, glødetap)

Mengden organisk karbon i jord kan måles på ulike måter, men det er kanskje LOI som er den mest kjente. Dette er en forholdsvis rask og grundig utprøvd metode (Ball, 1964). Prøvene fra Gjellestad ble tørket ved 40° i 24 timer, før de ble såddet gjennom et 1 mm stålsåld. Teksturen i alle prøvene varierte fra fin sand til silt, og en veldig lav andel av prøvene var over 1 mm (Tabell 3). Fraksjonen under 1 mm ble så plassert i beholdere med en kjent vekt, og deretter plassert i en reduserende atmosfære (450°) i fire timer. Etter avkjøling ble beholderne veid på nytt. Mengden karbon i prøven ble så estimert ut fra formelen %vekttap x 1,724. Denne utregningen har nylig blitt kritisert (Jensen et al., 2018), og Tabell 4 inneholder derfor den alternative utregningen av %vekttap/0,513. Resultatene er ikke justert for leire, på grunn av fraværet av leire i prøvene. Selv om LOI er best egnet for kalkfattig jord uten et høyt leirinnhold, slik som jordsmonnstypene på Gjellestad, er det variasjoner i resultatene som avhenger av temperaturen og varigheten av analysene. Dette betyr at resultatene må anses som omtrentlige (Hoogsteen et al., 2015).

3.2.2 Partikkelanalyse

Partikkelanalysen av fraksjonen under 1 mm ble utført av Mufak Naroz ved Universitetet i Oslo sedimentlab, ved hjelp av en Beckman Coulter LS13 320. Metoden er basert på laserdiffraksjon. Instrumentet kan måle partikkelstørrelser inntil 2 mm, men optimale resultater oppnås ved å fokusere



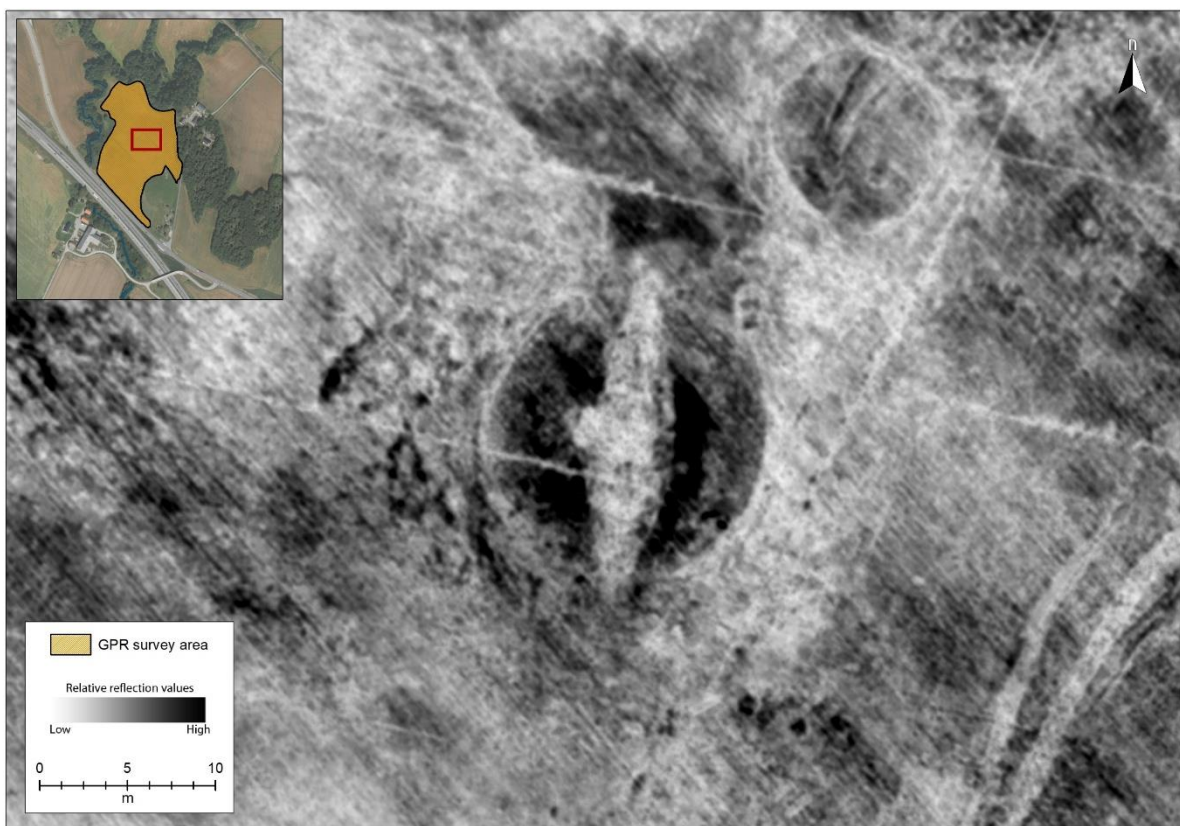
Figur 4: De fem jordprøvene ble tatt i haugkonstruksjonen, i antatt undergrunn og i den innsiltede skipsgrøfta.

på fraksjonen under 1 mm. Her er det viktig å påpeke at instrumentet ikke måler partikler under $0,4 \mu\text{m}$, og denne størrelsesordenen er derfor automatisk satt til 0 i resultatene. Da disse partiklene bare omfatter svært fin leire (leire er under $2 \mu\text{m}$), vil denne feilmarginen ikke ha påvirkning på resultatene fra Gjellestad. Instrumentet antar at partiklene har en sfærisk form, noe som vil si at det ikke er egnet til å måle organisk materiale, som gjerne har en utflytende form og som har en tendens til å flokkulere (klumpe seg). Det organiske materialet ble derfor fjernet fra jordprøvene ved glødetapsanalysen før partikkelanalysen gjennomføres. Feil i analysene kan oppstå som et resultat av variasjoner i partikkelform, partikkelflokkulering, og transparens. Analysene ble gjennomført i henhold til retningslinjene gitt i ISO 13320:2009 (International Organisation for Standardization, 2009).

4 Resultater

Undergrunnen på Gjellestad er svært heterogen. Den består av lagdelt, siltholdig sand, der de ulike lagenes sammensetning endres raskt over en forholdsvis kort avstand. Dette har virket forstyrrende på radardatasettene, da de kraftige og relativt hyppige variasjonene i jordsmonnets sammensetning har ført til ulik refleksjonsrespons over åkeren. Til tross for dette har vi kunnet avdekke en rekke arkeologiske strukturer, anlegg og aktivitetssoner i datasettene. Disse viser at skipshaugen inngår i et ekstensivt funnkompleks, muligens med et forholdsvis langt livsløp.

Skipshaugen har blitt observert i plan som flere klart avgrensede anomalier (Figur 5). I tillegg har den blitt undersøkt gjennom enkeltstående radarprofiler (Figur 6 og Figur 7), og til slutt gjennom en smal sjakt der foreløpige stratigrafiske forhold er dokumentert og jordprøver har blitt hentet ut. Det er derfor ikke per i dag mulig å si noe helt konkret om hvordan gravhaugen har blitt konstruert. Dette vil bare kunne gjøres på grunnlag av informasjon fra en nøye planlagt og gjennomført utgraving, der stratigrafiske forhold dokumenteres i detalj og en god strategi for uttak av jordprøver er på plass.



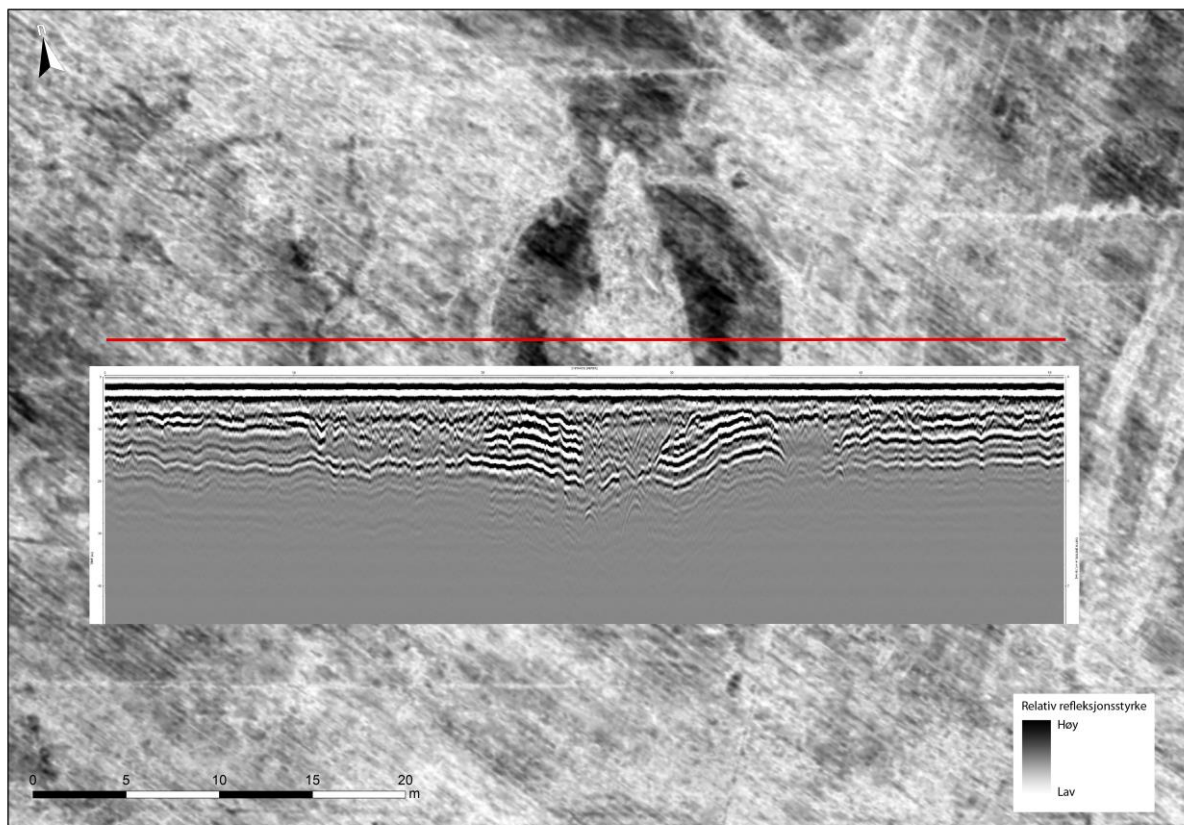
Figur 5: Dybdeskive fra sjiktet 50 – 80 cm. Lyse felt representerer relativt lave refleksjonsverdier, mens mørke felt representerer relativt høye refleksjonsverdier.

I det følgende vil vi redegjøre for de geofysiske og jordanalyse resultatene fra skipshaugen på Gjellestad, og beskrive hovedkomponentene i denne slik de framstår i datasettene. Resultatene vil deretter sees i lys av samtidige sammenlignbare funn. Ut fra disse mener vi det vil være mulig å, i alle fall tentativt, kunne si noe om Gjellestadhaugens oppbygning. Samtidig kan informasjonen bidra til å forklare tilsvarende fenomener som er observert i tidligere utgravde gravhauger.

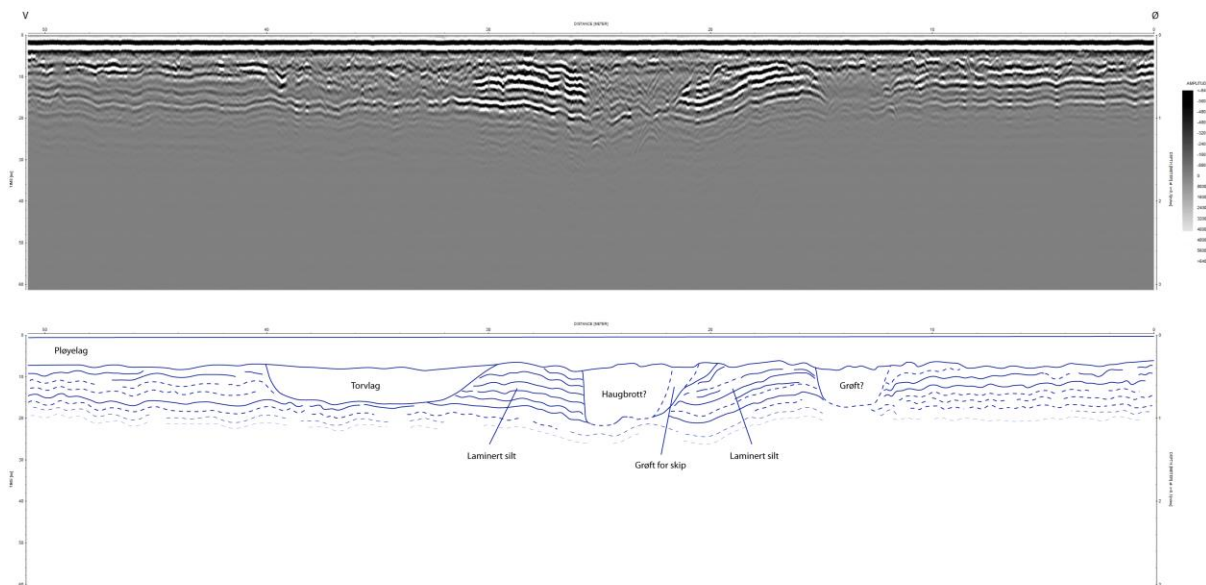
I radardataene mener vi å kunne identifisere minst sju hovedelementer som inngår i haugens konstruksjon og livsløp. Disse er:

- Haugbunn
- Grøft for skipet
- Kjøl
- Haugbrott
- Fotgrøft(er)
- Haugmasser
- Steinfylte groper
- Stolpehull

Anomaliene som utgjør disse elementene kan observeres i datasettene i dybdesjiktet 30 – 120 cm under overflaten, noe som tilsier at arkeologisk materiale kan være bevart i en tykkelse på ca. 90 cm under bakken. I datasettene vil disse framstå som mørkere og/eller lysere felter, noe som i dette tilfellet representerer områder med henholdsvis høyere og/eller lavere refleksjonsverdier. Det er alltid en utfordring å bestemme dybdegjengivelsen i radardata. Dette kommer av at det ikke er praktisk mulig å bestemme radarsignalet hastighet gjennom jordsmonnet. Hastigheten må derfor estimeres ut fra jordsmonnets generelle karakter, og settes som en konstant som gjelder for hele den aktuelle lokaliteten. I dette tilfellet 0,1 m/ns. Det må derfor regnes med et avvik på ± 20 cm i dybdegjengivelsene, mens de relative dybdegjengivelsene er korrekte.



Figur 6: Enkeltkanals radarprofil gjennom den sentrale delen av skipsgraven. Se også figur 6 for tolkning av profilen.



Figur 7: En foreløpig tolkning av georadarprofilen som ble anlagt over skipsgravens sentrale del. Legg merke til at profilens dybdegjengivelse er en del overdrevet (ca. x 3) for å fremheve ulike lagskiller og strukturer. Radarprofilen er migrert (0,1 m/ns).

4.1 Haugbunn

Dybdeskivene viser den sentrale delen av gravhaugen som et sirkulært, homogent område med høye refleksjonsverdier. Området måler ca. 15,8 m i diameter og er klart avgrenset mot de omkringliggende jordmassene. Analyser av enkeltkanals-profilene viser at området er lagdelt, og at det heller nokså markant inn mot haugens sentrale deler. Videre kan det se ut til at laget er skåret av flere negative strukturer. Tilsvarende refleksjonsverdier kan observeres i de andre gravhaugene som er identifisert i datasettene.

Prøve 32 ble tatt fra den indre haugkonstruksjonen, fra B-horisonten som består av laminert, fluvial silt og fin, siltig sand. Lagets tekstur og struktur indikerer at det representerer en Cambisol som er naturlig utviklet *in situ*. Denne har på ett eller annet tidspunkt blitt trunkert, men det er ikke mulig å fastslå hvorvidt dette har skjedd i moderne tid eller i forbindelse med byggingen av haugen.

4.2 Grøft for skipet

I de sentrale delene av gravhaugen, og skåret ned i den antatte haugbunnen, kan vi observere en båtformet anomali. Anomalien er orientert omtrentlig N-S, måler inntil 19 m i lengde og inntil 5 m i bredde, og minsker i størrelse med dybden. Her kan den spores ned til ca. 1 m dybde under overflaten i profiler og dybdeskiver. Gitt at pløyelaget er ca. 30 cm tykt, antas altså omtrent 70 cm av strukturen å være bevart. Anomalien er tolket som en grøft anlagt i forbindelse med nedsettingen av et fartøy i graven, og den vil i det følgende omtales som «skip McGrøfta».

Fyllet i skipsgrøfta har svakt reflekterende eller absorberende egenskaper, og under utgravningene ble dette laget identifisert som et innvasket/innsiltet lag inne i skipet. Laget besto av tydelig laminert, fin sandholdig silt, med linser av mer eller mindre humusholdig materiale. Det er tolket som nedbrutte organisk materiale fra gravgodset og haugmasser som er gradvis vasket inn i hulrom inne i skipet. **Prøve 28** ble tatt fra dette laget.

4.3 Kjøll

Helt i bunnen av skipsgrøfta, og sentralt plassert i denne, kan vi observere en lineær og kraftig reflekterende anomali. Den er inntil 9 m lang, og kan følges fra ca. 80 cm til ca. 120 cm dybde. I de øvre

dybdeskivene er dens bredde oppimot 1,3 m, men minker raskt til ca. 0,5 m lenger ned i datasettet. På grunn av anomaliens plassering, form og utstrekning tolker vi den som levningene etter en kjøll, eventuelt med levninger av treverk etter et fartøy.

4.4 Haugbrott

Omtrent midt på skipsgrøfta kan det observeres en tilnærmet rektangulær anomali med svakt reflekterende egenskaper. Den måler ca. 4,7 x 2,8 m, er orientert omtrentlig Ø-V, og strekker seg noe utover den vestre delen av skipsgropa. I profilen kan anomalien spores ned til ca. 1 m dybde. Anomalien er tolket som en grop, og antas å representere et senere innbrudd eller haugbrott i haugen. I dens vestre del kan det, i dybdeskivene, observeres en kraftig reflekterende, N-S orientert anomali på ca. 80 cm dybde. Denne anomalien er tolket som en stein. Den måler omtrent 90 cm i lengde og 50 cm i bredde i datasettene, men på grunn av avstanden fra overflaten må dette ansees som et estimat.

4.5 Fotgrøft(er)

Haugbunnen omslutes av en smal, svakt reflekterende anomali. Den er inntil 1 m bred og følger nærmest hele haugbunnens omkrets bortsett fra mot sør hvor den synes å være brutt, og mot nord hvor den ser ut til å være skåret av skipsgrøfta. Dette stratigrafiske forholdet kan imidlertid ikke bestemmes ut fra georadardataene alene. Anomalien er tolket som en mulig fotgrøft. Den kan ikke observeres i radarprofilene, og kunne heller ikke sees i feltprofilene. Imidlertid kan vi, i radarprofilene, se en nokså klart avgrenset nedgravning øst for skipsgrøfta og den mulige haugbunnen. Denne måler inntil 3,6 m i bredde og er inntil 80 cm dyp. Den er ikke synlig i plan, men profilen viser at den har svakt reflekterende egenskaper. Det kan derfor være at den skal sees i sammenheng med det svakt reflekterende og utflytende laget som kan sees øst for skipsgropa i dybdeskivene.

4.6 Haugmasser

I områdene øst og vest for haugbunnen kan det i dybdeskivene observeres to omfattende anomalier med nokså ulik geofysisk respons. Begge elementer er klart avgrenset mot haugbunnen, mens deres avgrensning mot undergrunnen er noe variabel. Den østre anomalien består av et amorft lag med homogent, svakt reflekterende egenskaper. Det omslutter haugbunnen fra nordøst til sørøst, og har en nokså utflytende avgrensning mot undergrunnen i øst. Bredden på laget er inntil 7 m fra grøfta rundt haugbunnen. Tykkelsen lar seg ikke bestemme med sikkerhet, men laget observeres i dybdesjiktet 30 – 60 cm, og antas derfor å være ca. 30 cm tykt.

Den vestre anomalien, som omslutter haugbunnens nordvestre til sørvestre del, karakteriseres av generelt høyere refleksjonsstyrke. Imidlertid er denne anomalien nokså heterogen og omfatter en rekke runde, store flater med lavere refleksjonsstyrke. Disse egenskapene gjør at anomalien har en skarp avgrensning mot undergrunnen. Dens bredde er ca. 10 m fra grøfta rundt haugbunnen og radarprofilen antyder at det utgjør en nedgravning som skjærer ca. 50 cm ned i undergrunnen. Anomaliene er vanskelige å tolke med sikkerhet. Ved utgravningene ble det klart at den vestre anomalien har et fyll bestående av forskjellige torvlag. Prøve 29, 30 og 31 ble tatt fra disse lagene.

Prøve 29 ble tatt fra ytterkanten av gravhaugen. Denne delen av haugen består av et gammelt matjordlignende lag rett under dagens matjord. Overgangen mellom de to lagene er skarp, noe som tyder på at det moderne laget har trunkert det eldre laget. Det gamle matjordslaget har en gradvis overgang til den siltholdige sanden som utgjør B-horisonten. Spettet jernoksidering kunne sees i en konsentrert horisont rett under matjorda (Ap). Det oksiderte jernet fantes hovedsakelig i røtter, porer og kanaler, men graden av jernkonkresjon tyder mer på at periodisk vannmettede røtter har råtnet *in situ*, enn at det er et resultat av prosesser i en stagnic jord alene. Horisonten var nokså grunn (ca. 10 – 20 cm). Videre er ble det, over det eldre matjorden, observert et innvasket lag, karakterisert ved enkelte siltige linser med varierende innhold av humus. Dette antyder at det eldre matjordslaget ble tildekket før dannelsen av den moderne matjorda, og at det ble tildekket med våte men fluktuerende lag, slik som de en finner i en nedsenkning. På grunn av det relativt flate terrenget på Gjellestad, er dette laget høyst

sannsynlig haugmasse. Gitt dets plassering i ytterkant av haugen, er dette den mest nærliggende tolkningen, selv om det bare kan bekreftes ved hjelp av mikromorfologi eller lignende analyser.

Prøve 30 ble tatt fra torvlagene i den indre haugkonstruksjonen. Disse humusholdige, begravde torvene er lagdelte og oppblandet, og ligger over et trunkert jordsmonn. Overgangen til den siltholdige B-horisonten som ligger under er brå og mangler den gradvise reduksjonen i humusholdig materiale som forbindes med bunnen av matjord. Videre vil ikke lag med høyt humusinnhold slik som disse torvlagene dannes over veldrenerte og siltige Cambisols. Laget antas derfor å være en del av haugkonstruksjonen, der de representerer torv som er bragt inn utenfra.

Prøve 31 ble likeledes tatt fra et torvlag sentralt i haugkonstruksjonen. Disse torvene hadde et lavere innhold av humus enn torvene i prøve 30, men de var synlig humusholdige, med en mellombrun til mørkebrun farge. Her var det ikke like tydelig om laget hadde blitt trunkert og torvene plassert oppå under byggingen av haugen, men det er veldig sannsynlig. Under laget ble det imidlertid observert en svak, gradvis reduksjon av det humøse innholdet, og mot en konsistens som B-horisonten under. Mikromorfologianalyser vil kunne bestemme om dette også er et område som har blitt trunkert ved haugbyggingen eller ikke.

4.7 Steinfylte groper

I den nordøstre og sørøstre delen av gravhaugen er det observert anomalier som er tolket som groper. Disse synes å være anlagt på samme tid som skipsgrøfta, da de som denne skjærer haugbunnen og den mulige fotgrøfta. Anomaliene er nærmest rektangulære i form og har kraftig reflekterende egenskaper. Den nordøstre anomalien måler ca. 2,8 x 1,8 m, og er orientert N-S. Den sørøstre anomalien er orientert omtrentlig Ø-V og måler ca. 2 x 1,5 m. I den nordøstre anomalien kan det observeres et antall mindre, enkeltliggende og kraftig reflekterende anomalier, noe som indikerer at denne gropa er fylt med stein. Dette understøttes av at strukturen kan sees i datasettene fra alle undersøkelsene. Den påvirkes derfor ikke særlig av de vekslende klimatiske forholdene ved lokaliteten. Den sørøstre anomalien virker noe mer homogen, og kan kun observeres klart i datasettene fra april og januar. Dette kan tyde på at den inneholder organisk materiale, slik som eksempelvis trekull. Tolkningen av gropene er noe usikker, men basert på deres form og geofysiske egenskaper, er de tentativt tolket som kokegroper. Deres stratigrafiske relasjon til resten av gravanlegget er noe uklar. Det kan synes som de kutter deler av gravanlegget, og de kan i så fall være anlagt i sammenheng med haugbyggingen. Dette understøttes også av at det ikke er observert tilsvarende strukturer utenfor gravhaugen, men relasjonene kan bare bestemmes med sikkerhet ved en eventuell utgravning.

4.8 Stolpehull

Det er påvist to anomalier innenfor skipsgraven som er tolket som stolpehull, eventuelt små groper. Den nordre av anomaliene ligger like nordvest om skipsgrøftas nordende. Denne er rektangulær i form med avrundede hjørner, måler 0,9 x 0,7 m og er orientert omtrentlig NØ-SV. Den kan observeres i dybdesjiktet 30 – 100 cm, der den i overflaten har relativt svake refleksjonsverdier. I det nederste dybdesjiktet endres imidlertid disse noe, og blir kraftigere. Den vestre av anomaliene ligger i den vestre delen av den mulige fotgrøften. Den er rund måler ca. 0,6 m i diameter, og har svakt reflekterende egenskaper. Den kan observeres i dybdesjiktet 60 – 70 cm, og siden den ikke kan skilles ut høyere opp er det ikke mulig å bestemme dens stratigrafiske forhold til fotgrøfta.

4.9 Analyser av jordprøver

Prøve	Kort beskrivelse	Over 1 mm i gram (%)	Under 1 mm i gram (%)
28	Humusholdig, fin siltig sand	3,38 (7,65 %)	40,83 (92,35 %)
29	Blandet jord, spettet mønster (stagnic) i enkelte deler. Humusholdig, svært fin sandholdig silt. Oksidert jern i andre deler. Fin avrundet grus enkelte steder.	1,74 (3,22 %)	52,26 (96,78 %)
30	Svært humusholdig, svært fin sandholdig silt.	1,64 (4,75 %)	32,91 (95,25 %)
31	Moderat humusholdig, svært fin sandholdig silt, med inklusjoner av ikke-humøs silt.	0,96 (2,08 %)	45,15 (97,92 %)
32	Noe spettet mønster (stagnic), hovedsakelig silt med noe svært fin sand.	0,14 (0,27 %)	51,21 (99,73 %)

Tabell 3: Beskrivelser av prøvene og proporsjoner over og under 1 mm.

Prøve	Tap i gram fra 15 g (LOI) (*fra 12 g)	OM-LOI (% vekttap) Tap %	Estimert organisk karbon (%vekttap x 1,724)	Estimert organisk karbon (%vekttap /0,513)
28	-0,38	2,53	4,37	4,94
29	-0,5	3,33	5,75	6,50
30*	-1,45	12,08	20,83	23,55
31	-0,55	3,67	6,32	7,15
32	-0,18	1,20	2,07	2,34

Tabell 4: Resultater fra glødetapsanalysene, sammen med estimater for det mengden organisk karbon i hver prøve.

Prøvene 30 og 31 ble tatt i mørke, humusholdige torver i haugmassen, og det var på forhånd antatt at disse ville ha de høyeste verdiene for glødetap. Ikke overraskende inneholdt prøve 30, som besto av de mørkeste og visuelt tydeligste organiske torvene, det høyeste organiske innholdet. Et glødetap på 12,08% er forholdsvis høyt, og prøven representerer derfor en torv med et svært høyt organisk innhold (Tabell 4). Til sammenligning har en pløyd matjord vanligvis et organisk innhold på mellom 3 - 6%, mens engmark har et noe høyere innhold. Videre kan det antas at torvene i prøve 30 opprinnelig har hatt et enda høyere organisk innhold, ettersom de har vært tildekket over lengre tid. Dette betyr at disse torvene har blitt dannet under forhold der organisk materiale akkumuleres, slik som i dårlig drenert jordsmonn. Prøve 31 hadde et mer moderat innhold av organisk karbon, noe som passer godt med prøvematerialets lysere fargetone. Prøve 29 hadde også et mer moderat innhold av organisk materiale – bare litt mindre enn i prøve 31. Verdiene i disse prøvene samsvarer mer med de en typisk ser i typiske matjordslag, selv om det er sannsynlig at prøvematerialet har vært dekket av haugmasser.

Prøve 28 ble tatt i lag tolket som innsilting i skipsgraven, og de representerer sannsynligvis en kombinasjon av innvasket jord og nedbrutt organisk materiale fra gravgodset. Prøven inneholder en moderat mengde organisk karbon, og resultatene er i så måte like de som er observert i prøve 32 fra undergrunnsmassene i haugens sentrale del. Matjord inneholder alltid størsteparten av jordsmonnets organiske materiale, men denne andelen synker med lagets dybde, og videre ned i B-horisonten. Innholdet av organisk materiale i dette laget (2,2% LOI, 2,08-2,34 organisk materiale) indikerer derfor at dette laget er en øvre B-horisont.

Et interessant spørsmål er om det er store variasjoner i jordsmonnets mineralinnhold. Dette styres i all hovedsak av hvilken type undergrunn jordsmonnet stammer fra, og variasjonene vil derfor kunne si noe

om de ulike undergrunnsforholdene. Tabell 3 viser at alle prøvene domineres av materiale under 1 mm, noe som vil si at de er relativt fri for grus og stein. Kornstørrelsen for alle prøvene viser at de er hovedsakelig av fin sand og silt, og denne homogeniteten indikerer at massene er godt sortert. Dette, sammen med de synlige lamineringene og mangel på strukturutvikling antyder at massene er fluviale. En mer detaljert analyse av profilen, med prøver tatt ved flere dybder vil kunne gi bedre svar på lagenes avsetningshistorikk.

Partikkelanalysene viser at det er variasjoner, om enn små, i prøvene. For eksempel har prøvene 29 og 32 noe høyere andel leire og svært fin sand (partikkelstørrelse 90µm), og en lavere andel mellom- og grov sand, sammenlignet med prøvene 30 og 31. Disse variasjonene er imidlertid små, og ettersom det er tatt få prøver er det vanskelig å bedømme betydningen av disse, spesielt ettersom enkelte naturlige variasjoner må påregnes. Selv om det derfor er likheter mellom prøveparene 29 og 32, og 30 og 31, er variasjonene innenfor de en bør forvente for fluviale avsetninger.

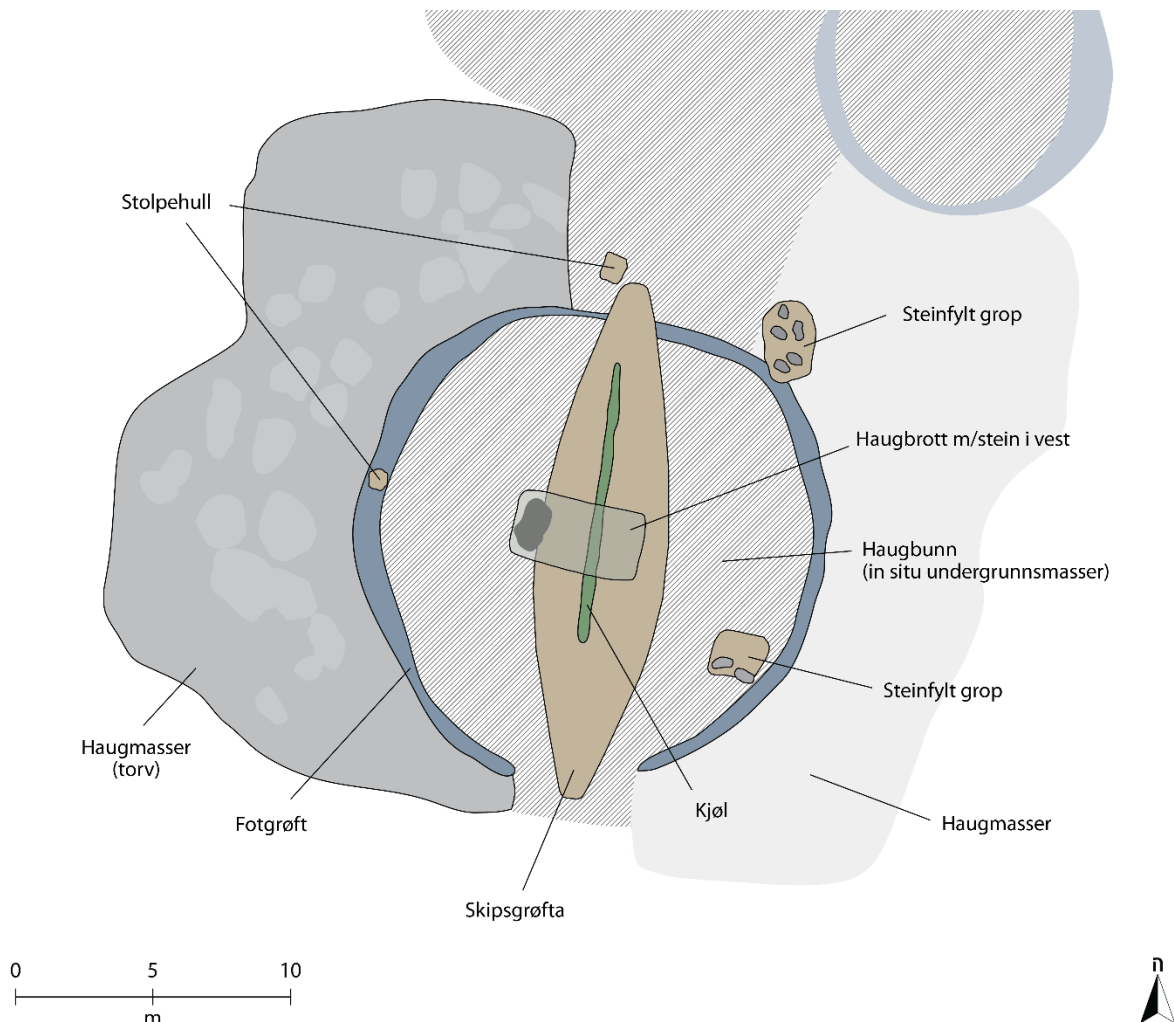
5 Diskusjon

Ut fra de geofysiske resultatene kan vi forsøke å danne oss et bilde av hvordan skipshaugen på Gjellestad ble konstruert (Figur 8). Tolkningene er basert på et begrenset datagrunnlag og må derfor anses som foreløpige. Allikevel mener vi det er mulig å se paralleller i andre gravhauger, og vi mener at disse kan brukes til å tolke våre resultater.

Plasseringen av gravhauger i landskapet var utvilsomt nøye planlagt i forkant av begravelseritualer, og før haugene ble anlagt måtte grunnen klargjøres. Dette finnes det spor etter ved Borre, Oseberg, Gokstad og Tune, hvor den opprinnelige markoverflaten ble fjernet slik at undergrunnen ble eksponert (Nicolaysen, 1854: 30, 1882: 68-69, Schetelig, 1917a: 210, 1917b: 5-6). Tankene bak denne handlingen kan vi i dag bare spekulere i. Kanskje har det hatt en praktisk funksjon i å markere området der haugen skulle bygges, mens det samtidig ville ha gitt haugbyggerne lett tilgjengelig konstruksjonsmateriale. Eventuelt kan handlingen sees som en rituell renselsesprosess som måtte gjennomføres før haugen kunne bygges. Ut fra våre analyser, mener vi at den indre, kraftig reflekterende flaten i sentrum av gravanlegget på Gjellestad representerer nettopp en slik handling, der den opprinnelige torva har blitt fjernet før haugen ble reist. Om dette ble gjort i forbindelse med gravleggingen av skipet, eller om haugbunnen tilhører en eldre gravhaug som er gjenbrukt, er ikke kjent.

Både i de horisontale dybdeskivene og i profilene er haugbunnen svært markant og klart avgrenset mot områdene rundt, noe som tyder på at jordsmonnet er påvirket av menneskelig aktivitet. Analysene av jordprøven (prøve 32) som er tatt i dette laget indikerer imidlertid at laget er formet *in situ*, og at det ikke er redeponert, rein siltholdig sand, slik som ble påvist i Gokstadhaugen i 2011. Her ble det påtruffet lag som var til forveksling like den naturlige, lokale undergrunnen, uten klare antropogene inklusjoner. Ved nærmere undersøkelser ble det imidlertid klart at disse lagene var redeponerte, og at dette hadde blitt gjort med en viss grad av omhu (Cannell et al., In press). Spørsmålet er derfor om dette laget utgjør uforstyrret undergrunn, eller om det er *aktivt* påvirket av mennesker. Dette kan kun fastslås ved hjelp av ytterligere undersøkelser, eksempelvis ved hjelp av mikromorfologi, men basert på våre foreløpige analyser velger vi å tolke at de sentrale delene av skipshaugen på Gjellestad som naturlig undergrunn. De kraftige refleksjonene må derfor forklares på annet vis. Det er da naturlig å anta at den tidligere haugkappens masse har påvirket dette laget, muligens over hundrevis av år. Tykkelsen på en avsetning over et jordlag begrenser kraftig prosesser som påvirker jordsmonnsdannelsen. Dette kan eksempelvis være variasjoner i vanninnhold, drenering, nedvasking og biologiske prosesser. Selv om det ikke finnes noen faste regler for hvor tykke avsetningene må være før disse prosessene stagnerer – dette er avhengig av klima og jordsmonnstype – kan en anta at prosessene reduseres med økt tykkelse (Birkeland, 1999: 24-28). Et lag som er tildekket, vil komprimeres og de hydrologiske forholdene vil endres. Dette vil igjen føre til at lagets fysiske egenskaper endres. Et annet aspekt er at jordsmonnsanalysene viser et skarpt skille mellom matjorda og undergrunnen, noe som tyder på at laget er trunkert. Om dette er et resultat av at området har blitt pløyd i moderne tid, eller at matjorda har blitt

fjernet i forbindelse med haugbyggingen er uklart, men det skal nevnes at det ble observert spor etter fjerning av matjord andre steder i samme profil gjennom gravhaugen. Hvis vi holder på antakelsen at prøve 32 representerer en *in situ* undergrunn kan denne, med sine fysiske egenskaper, danne grunnlaget for analyser av de andre prøvene. Ettersom laget som prøve 32 representerer er en nokså homogen undergrunn som kunne sees gjennom hele profilen, vil dette laget kunne kalles B-horisonten for alle lagene over.



Figur 8: Forenklet tolkningskart over skipshaugen på Gjeltestad.

Etter at grunnen var klargjort ble det gravd en grøft for skipet, sentralt gjennom haugbunnen. Skipet ble deretter bragt på plass, og senket ned i grøfta. Tilsvarende forberedelser før nedsettingen av skipet kan sees i våre andre skipsgraver: Ved Tune ble det gravd en nærmere 1 m dyp grøft som skipet ble ført inn i, slik at de øverste bevarte bordene lå kant i kant med den opprinnelige overflaten (Schetelig, 1917b: 6). Ved Oseberg var gropen noe grunnere; inntil ca. 75 cm (Brøgger, 1917b), mens gropen for Gokstadskipet var 1,26 m dyp (Nicolaysen, 1882: 5). Vi vet ikke om en tilsvarende grop ble gravd for skipet på Borre, da dette ikke er nevnt i den originale utgravningsdokumentasjonen. Skipet kan ha stått direkte på den opprinnelige flaten (Myhre & Gansum, 2003: 65), selv om en utgravning i nyere tid har påvist en stor båtformet struktur innenfor gravhaugen (Myhre, 2004: 215).

Det er ikke mulig å si noe sikkert om skipets størrelse, type, eller datering ut fra georadardatasettene. Den båtformede grøfta som er observert i de sentrale delene av haugen måler 19 m x 5 m. Størrelsen på nedgravningen må imidlertid ha vært noe større, ettersom det kun er de nederste ca. 70 cm som er bevart. Antar en at fartøyet har vært omtrent 1,5 m lengre i hver ende vil en derfor ende opp med et fartøy som er inntil 21 m langt, med en uendret bredde på ca. 5 m. Dette gir et lengde – bredde forhold

på ca. 4:1, noe som passer godt med skip vi antar er fra samme tidsperiode (e.g. Paasche, 2020, Brøgger et al., 1917, Nicolaysen, 1882). I bunnen av skipsgrøfta, og sentralt i denne ligger det vi antar er rester etter skipets kjøll. I datasettet framstår dette som en kraftig reflekterende lineær anomali, orientert i samme retning som grøfta, og sentrert i denne. Refleksjonsverdiene endres med fuktighetsnivået i jordsmonnet, og vi kan derfor slutte at anomaliene har et organisk opphav, altså treverk. Inntil den lineære anomalien ser vi også enkelte felter med tilsvarende refleksjonsverdier, som sannsynligvis representerer bevarte bord.

Skipsgrøfta ser ut til å kutte den antatte fotgrøfta rundt haugbunnen. Fotgrøfta omslutter ellers haugbunnen bortsett fra et felt mot sør, der den har en ca. 3 m bred åpning. Dersom det stratigrafiske forholdet mellom skipsgrøfta og fotgrøfta er som antatt, vil altså fotgrøfta være et tidligere konstruksjonselement, selv om tidsspennet mellom de to ikke kan besvares ut fra georadardataene alene. Dermed er det like sannsynlig at fotgrøfta er anlagt i forbindelse med skipsgraven, som at den representerer en fotgrøft fra en allerede eksisterende, og dermed gjenbrukt, gravhaug. I dens vestre del kuttes den av et mulig stolpehull, mens den mot nordøst tilsynelatende kuttes av en groplignende anomali. Igjen er det stratigrafiske forholdet mellom den groplignende anomalien og fotgrøfta vanskelig å bestemme med sikkerhet.

Selv om det stratigrafiske forholdet mellom de ulike elementene ikke kan bestemmes ut fra georadardataene, kan vi anta at rituelle handlinger fant sted rundt det nedsatte skipet. Dette finnes det spor etter i alle de kjente skipsgravene. Spørsmålet blir da om anomaliene vi kan se inne i gravhaugen representerer levninger etter slike ritualer.

De to gropene som er observert inne i gravhaugen har ulike karakter i de ulike georadardatasettene. Dette betyr at fuktighetsnivået i gropa endres etter værforholdene, noe som igjen indikerer at fyllet har et høyt organisk innhold. Det er imidlertid vanskelig å si noe om hva disse gropene representerer. Tilsvarende groper er påvist ved utgravning både ved Oseberg og ved Borre. Under utgravningen av Oseberghaugen ble det funnet tre eller fire steinfylte groper på hver side av skipet (Figur 9), mens det på Borre ble funnet en stor, steinfylt grop til babord for skipet (Myhre & Gansum, 2003: 81-83). Det er foreløpig for tidlig å si hva gropene ble brukt til, selv om det har blitt foreslått at de har en rituell funksjon (Gansum, 2002: 272-275). I tilfellet Gjellestad, er det ikke umulig at anomaliene skal tolkes som kokegroper, der både det organiske fyllet (trekullet) og de skjørbrante steinene gir kraftige refleksjonsverdier (Gustavsen et al., 2017), men dette og deres relasjon til gravminnet kan kun avgjøres ved videre undersøkelser.



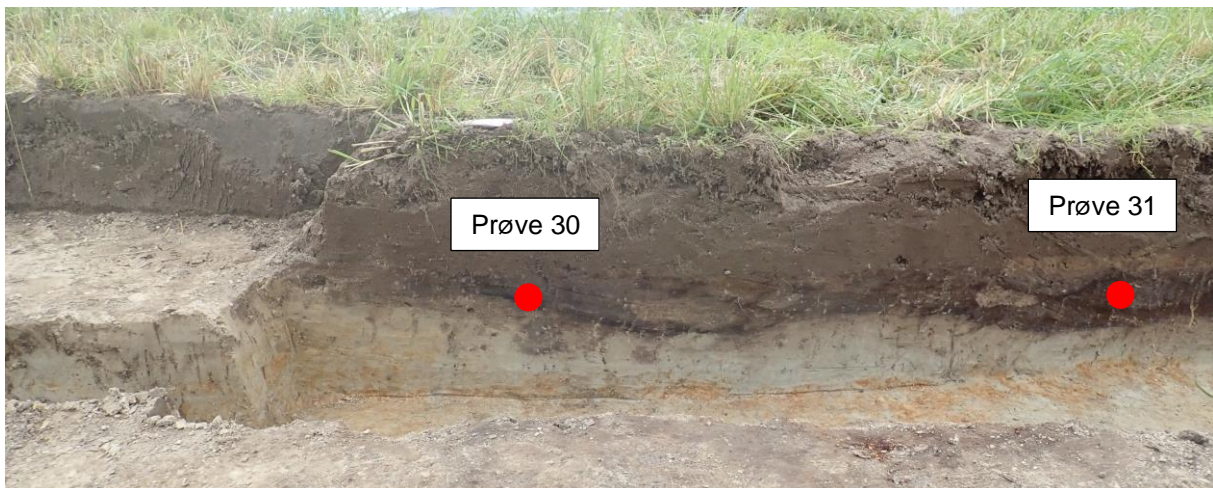
Figur 9: Steinfylt grop/steinpakning funnet i Oseberghaugen (Brøgger, 1917a: 143)

Stolpehullene, eller de små gropene som er observert inne i haugkonstruksjonen kan ikke tolkes med sikkerhet ut fra de geofysiske resultatene. Det er imidlertid interessant å observere at den vestre av disse synes å ligge i den antatte grøfta rundt graven. Ved en utgravning vil det derfor være interessant å undersøke de kronologiske og stratigrafiske forholdene mellom disse konstruksjonselementene, da dette kan gi indikasjoner på om haugen er gjenbrukt eller ikke.

Etter at skipet og gravgodset var på plass, og de rituelle handlingene gjennomført, var det på tide å konstruere haugkappen. Dokumentasjon fra utgravninger av store gravhauger, samt prøveboringer i noen av disse, har vist at byggingen av haugene har vært en omhyggelig prosess, noe som igjen kan tolkes som at selve konstruksjonen ble tillagt vel så mye betydning som selve gravgodset i haugen (Cannell, In press). Det er ingenting som tilsier at dette var annerledes for haugen på Gjellestad.

Tar vi utgangspunkt i prøvene 30 og 31, ser vi at torvene i dette laget har en konkav profil, med en relativt skarp kontrast mot undergrunnen. Det er tydelige spor etter bioturbasjon fra mark, røtter og muligens gnagere, som godt kan ha skjedd etter at haugkappen ble fjernet på 1800-tallet. Den organiske horisonten i torvene er kompakt og humusholdig, med spredte linser av lys silt. Disse linsene antas å stamme fra stablet torv, der materiale vaskes inn mellom torva når haugmassene er i ferd med å stabiliseres. De øverste delene av dette torvlaget er trunkert av moderne pløying, og det nederste lagskillet er for skarpt til at laget kan være dannet *in situ*. Videre viser våre analyser av torva at den har et høyt organisk innhold, noe som tilsier at de ikke har blitt til på stedet. Undergrunnen mettes heller ikke ofte i dette området, og partikkelanalysene viser at torva sannsynligvis er dannet i et område med tilsvarende, men dårligere drenert undergrunn.

En tentativ tolkning er derfor at dette er et område der den opprinnelige matjorda har blitt fjernet i forbindelse med haugkonstruksjonen, før torv fra våtere omgivelser har blitt stablet opp. Forskjellen i partikkelstørrelse i prøvene 30 og 31 sammenlignet med prøvene 32 og 29, er også en indikasjon på at materialet er bragt inn utenfra, men forskjellene er små og mer data er nødvendig for å kunne konkludere.



Figur 10: Torvlag i haugmassen. Prøvene 30 og 31 ble tatt i dette laget. Profil C489, vestre del. © 2020 Kulturhistorisk museum, UiO / CC BY-SA 4.0.

Mot de ytre delene av haugen kan vi se at andre prosesser har funnet sted. Her ser det ikke ut til at den originale overflaten er trunkert, men tildekket (Figur 11). Hvorvidt laget er dekket av haugmasse som er plassert oppå den originale overflaten, eller om det er som et resultat av nedvasking fra haugkappen er uvisst. Det er derfor ikke mulig å si noe sikkert om hvor stor utbredelse haugen opprinnelig har hatt, men vi kan anta at torvlagene som vi har sett, både i georadardataene og i profilen har vært tildekket av noe massivt, som eksempelvis en tykk haugkappe. Dersom de ikke hadde vært tildekket, ville de for lengst ha vært nedbrutt som et resultat av bioturbasjon og andre jordprosesser.



Figur 11: Profil C489, midtre del. Noe til høyre av senter er lagskillet som diskuteres i teksten. Mot venstre synes den originale matjorda å ha vært tildekket, mens det til høyre antas at den originale matjorda har blitt fjernet i forbindelse med haugbyggingen. Prøve 32 ble tatt i dette laget. Jernutfellingen er langt tydeligere mot høyre i bilde, med røtter og dyreganger. Mot venstre kan det høye organiske innholdet i den komprimerte torva sees som et mørkt sjikt med en bølget avgrensning i bunn. © 2020 Kulturhistorisk museum, UiO / CC BY-SA 4.0.

Gropa som er tolket som et haugbrott ligger tydelig plassert over kjølen, men synes ikke å skjære gjennom denne, noe som styrker ideen om at gropa representerer en siste handling i haugen før den fjernes på 1800-tallet. Den er klart avgrenset og ser ut til å være gravd ut på omhyggelig vis, noe som peker mot en nøye planlagt handling. Det er for tidlig å si noe om når dette kan ha skjedd, men det skal nevnes at tilsvarende innbrudd er observert i flere av skipsgravene på Østlandet, der de gjerne settes i forbindelse med sosiale, politiske og/eller territoriale forhold i siste fase av jernalderen (Bill & Daly, 2012). På bakgrunn av gropas plassering i skipet, dens antatte stratigrafiske forhold til skipsgrøfta og dens form, velger vi å tolke den som nettopp en slik handling, og ikke som et innbrudd i senere tid i vinnings hensikt.

6 Konklusjon

Både haugen og sporene etter det begravde skipet er klart påvist igjennom de geofysiske undersøkelsene, og sammen med analysene av jordprøvene viser de metodikkens gode resultater når det gjelder minimal-destruktiv påvisning av arkeologiske kulturminner.

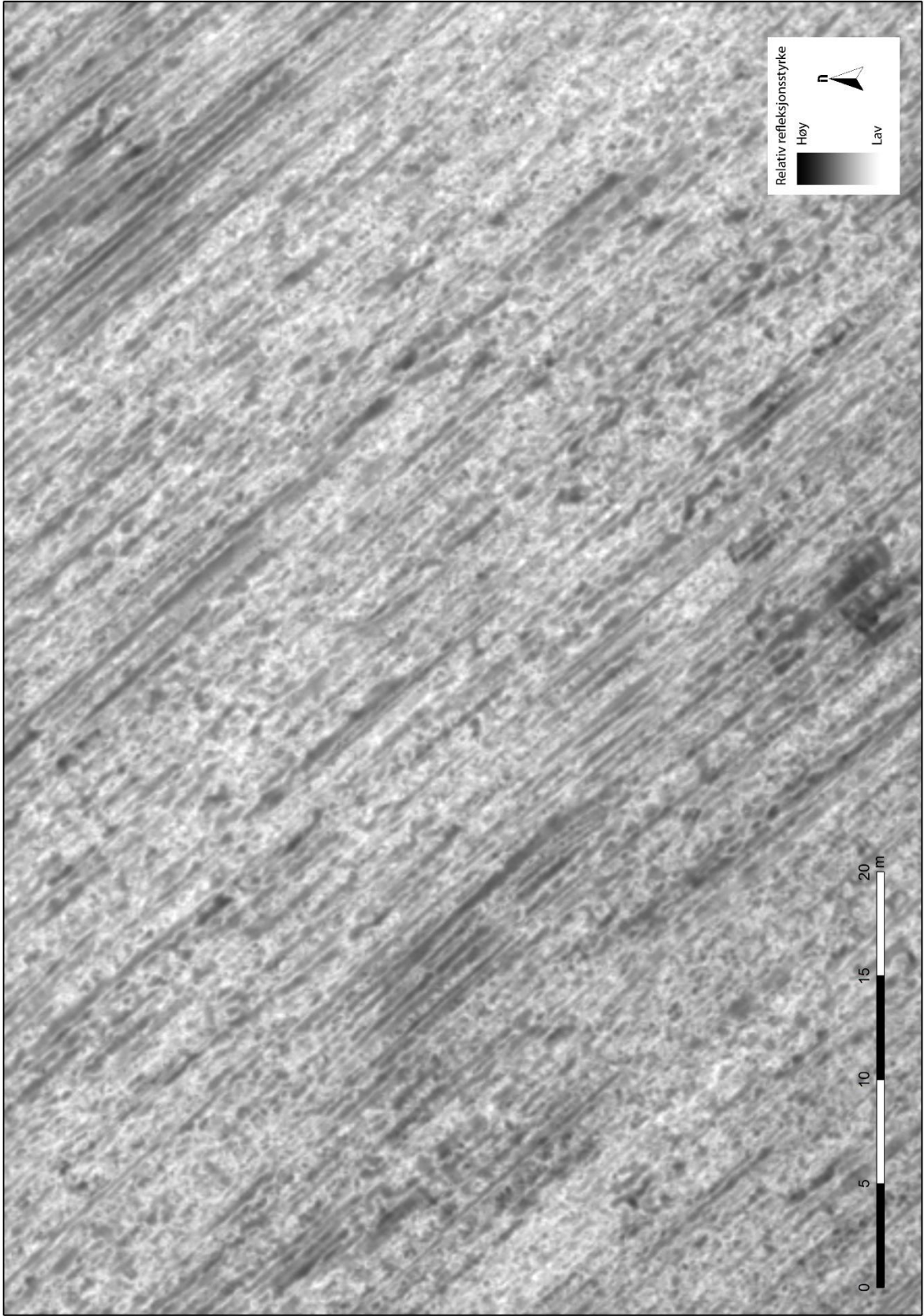
Våre resultater viser at skipshaugen som ble påvist på Gjellestad i 2018 er et komplekst byggverk. På lik linje med tilsvarende konstruksjoner fra samme antatte tidsepoke består gravhaugen av mange enkeltkomponenter, der noen komponenter er lettere å tolke enn andre. Analysene av de ulike datasettene viser at haugen er bygget på en forberedt overflate, selv om det ikke er mulig å si med sikkerhet om denne overflaten tilhører en eldre gravhaug, eller om den ble anlagt i forbindelse med skipsbegravelsen. Rundt denne sentrale delen finner vi en markant fotgrøft, og inne i gravhaugen kan vi se steinfylte groper, samt stolpehull. Disse strukturenes funksjon er foreløpig ukjent men vi antar at de kan settes i forbindelse med rituelle handlinger som har blitt utført i forbindelse med gravleggingen. Etter at skipet, og formodentlig gravgodset, var på plass ble det bygget en jordkappe bestående av torv som er bragt inn utenfra. Hvor stor denne haugen kan ikke sies med sikkerhet ut fra våre data alene, men vi kan anta at torvlagene som er observert har vært dekket av noe massivt. På et eller annet tidspunkt har haugen så blitt utsatt for et innbrudd, men igjen er det for tidlig å si noe om når dette skal ha skjedd.

7 Referanser

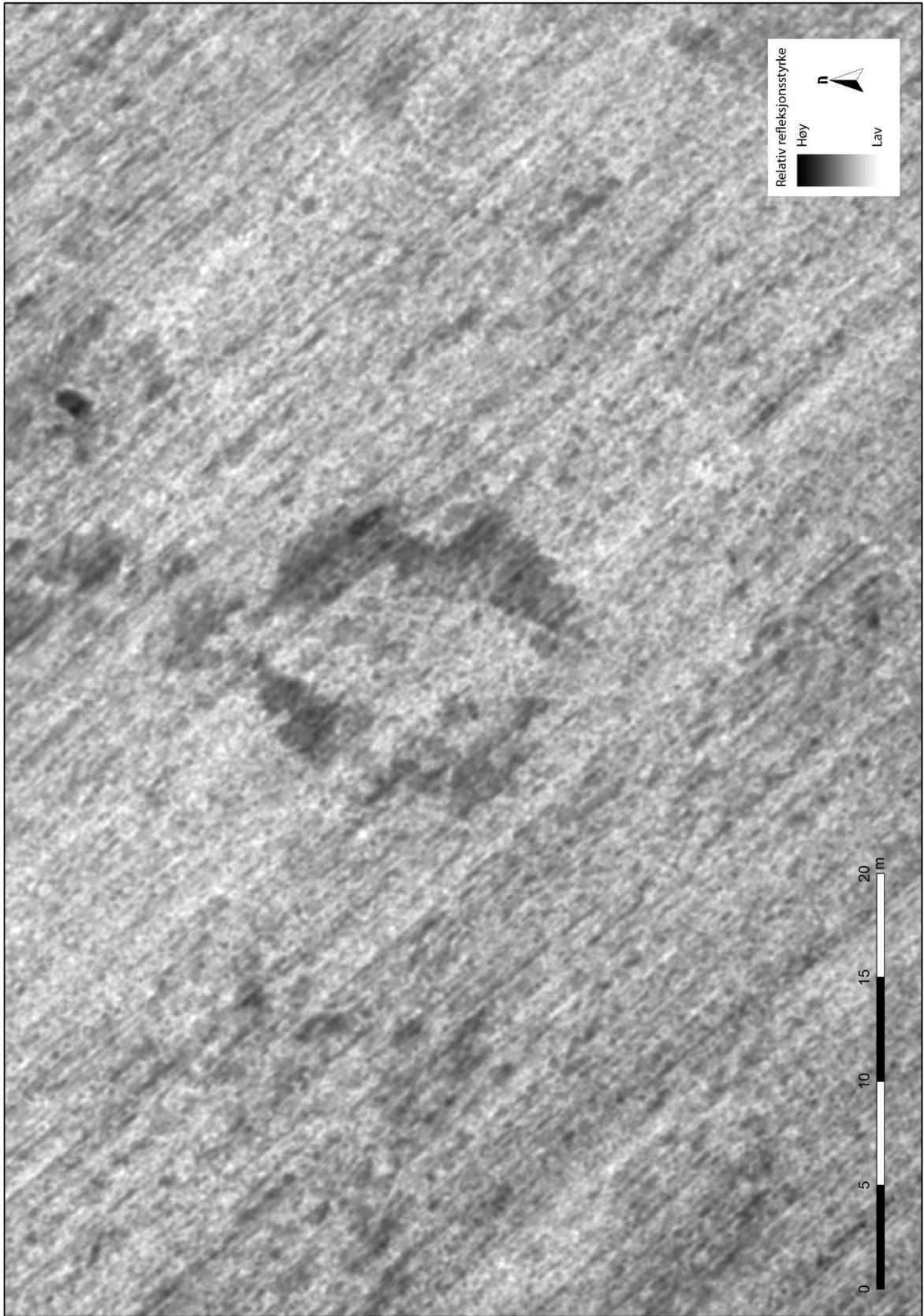
- BALL, D.F. 1964. Loss-on-ignition as an estimate of organic matter and organic carbon in non-calcareous soils. *Journal of Soil Science* 15: 84–92.
- BERGE, J. 2017. Arkeologisk registrering, 2016/10949, Vestre Berg, Halden kommune. Sarpsborg: Østfold fylkeskommune.
- BILL, J. & DALY, A. 2012. The plundering of the ship graves from Oseberg and Gokstad: an example of power politics? *Antiquity* 86: 808–824.
- BIRKELAND, P.W. 1999. *Soils and geomorphology*. New York: Oxford University Press.
- BRØGGER, A.W. 1917a. Haugen, i A.W. BRØGGER, H. FALK & H. SCHETELIG (red.) *Osebergfundet*: 123-166. Kristiania: Universitetets Oldsaksamling.
- BRØGGER, A.W., FALK, H. & SCHETELIG, H. (red.) 1917. *Osebergfundet*, Kristiania: Universitetets Oldsaksamling.
- BRØGGER, W.C. 1917b. Oseberghaugens historie, i A.W. BRØGGER, H. FALK & H. SCHETELIG (red.) *Osebergfundet 1*: 167-200. Kristiania: Universitetets Oldsaksamling.
- CANNELL, R.J.S. In press. Ship Mounds Matter: the Referential Qualities of Earth-Sourced Materials in Viking Age Ship Mounds. *European Journal of Archaeology*.
- CANNELL, R.J.S., BILL, J. & MACPHAIL, R. In press. Constructing and Deconstructing the Gokstad Mound. *Antiquity*.
- F.A.O. 2015. *World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soil and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- GANSUM, T. 2002. Fra jord til handling, i K. JENNBERT, A. ANDRÉN & C. RAUDVERE (red.) *Plats och praxis - Studier av nordisk förkristen ritual*: 249-286. Lund: Nordic Academic Press.
- GUSTAVSEN, L., CANNELL, R., NAU, E., TONNING, C., TRINKS, I., KRISTIANSEN, M., GABLER, M., PAASCHE, K., GANSUM, T., HINTERLEITNER, A., POSCETTI, V. & NEUBAUER, W. 2017. Archaeological prospection of a specialized cooking-pit site at Lunde in Vestfold, Norway. *Archaeological Prospection* 25: 17-31.
- GUSTAVSEN, L., GJESVOLD, P.E., GUNDERSEN, S.M., HINTERLEITNER, A., NAU, E. & PAASCHE, K. in press. Gjellestad – A newly discovered central place in South-East Norway. *Antiquity*.
- HOFF, E.H. 1794. Udkast til en Beskrivelse over Friedrichshald Bye og Friderichsteens Fæstning med de tvende nærmest dertil grænsende Præstegjeld Idde og Berg. *Topografisk Journal for Norge* 3: 1-56.
- HOOGSTEEN, M.J.J., LANTINGA, E.A., BAKKER, E.J., GROOT, J.C.J. & TITTONELL, P.A. 2015. Estimating soil organic carbon through loss on ignition: effects of ignition conditions and structural water loss. *European Journal of Soil Science* 66: 320-328.
- INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDIZATION 2009. ISO 13320 (en) Partile Size Analysis - Laser diffraction methods. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:13320:ed-1:v2:en>: International Organisation for Standardization,.
- JENSEN, J.L., CHRISTENSEN, B.T., SCHJØNNING, P., WATTS, C.W. & MUNKHOLM, L.J. 2018. Converting loss-on-ignition to organic carbon content in arable topsoil: pitfalls and proposed procedure. *European journal of soil science* 69: 604-612.
- JOHANSEN, E. 1953. Jellhaugen – en glemt kjempehaug. *Tidsskrift for Østfold historielag* 7: 456-466.
- LIESTØL, A. & JOHANSEN, E. 1970. Innberetning om arbeider på Jellhaug, Jellestad i Berg, Østfold høsten 1968 og sommeren 1969. Unpublished report in the topographical archives of the Museum of Cultural History, Oslo.
- MYHRE, B. 2004. Undersøkelse av storhauger på Borre i Vestfold, i J.H. LARSEN & P. ROLFSEN (red.) *Halvdanshaugen - arkeologi, historie og naturvitenskap*: 203-226. Oslo: University of Oslo.
- MYHRE, B. & GANSUM, T. 2003. *Skipshaugen 900 e.Kr. Borrefunnet 1852-2002*. Tønsberg: Midgard historisk senter, Vestfold fylkeskommune, Kulturvirksomheten.
- NGU 2020. Database for løsmassegeologi. NGU (Norges geologiske undersøkelse/Geological Survey of Norway).
- NIBIO 2020. Kilden. Ås: NIBIO (Norsk institutt for bioøkonomi/Norwegian Institute of Bioeconomy Research).
- NICOLAYSEN, N. 1854. Om Borrefundet i 1852. *Foreningen til Norske Fortidsmindesmerkere Bevaring. Aarsberetning 1852*: 25-32.
- NICOLAYSEN, N. 1868. Tillæg til "Norske Fornlevninger", *Norske Fortidsmindesmerkere Bevaring. Aarsberetning for 1867*. Kristiania.
- NICOLAYSEN, N. 1882. *Langskibet fra Gokstad ved Sandefjord*. Kristiania (Oslo): Cammermeyer.
- PAASCHE, K. 2020. The Tune Viking Ship Reconsidered. *The International Journal of Nautical Archaeology* 49: 29-48.

- SCHETELIG, H. 1917a. Oseberggraven, i A.W. BRØGGER, H. FALK & H. SCHETELIG (red.) *Osebergfundet*: 209-278. Kristiania: Universitetets Oldsaksamling.
- SCHETELIG, H. 1917b. *Tuneskibet*. Norske Oldfund. Kristiania: Universitetets Oldsaksamling.
- STYLEGAR, F.-A. & NORSENG, P.G. 2003. Folk og guder i yngre jernalder, i E.A. PEDERSEN, F.-A. STYLEGAR & P.G. NORSENG (red.) *Øst for Folden, Østfolds historie*: 299-334. Sarpsborg: Østfold fylkeskommune.
- TRINKS, I., HINTERLEITNER, A., NEUBAUER, W., NAU, E., LÖCKER, K., WALLNER, M., GABLER, M., FILZWIESER, R., WILDING, J., SCHIEL, H., JANSKA, V., SCHNEIDHOFER, P., TRAUSMUTH, T., SANDICI, V., RUß, D., FLÖRY, S., KAINZ, J., KUCERA, M., VONKILCH, A., TENCER, T., GUSTAVSEN, L., KRISTIANSEN, M., BYE-JOHANSEN, L.-M., TONNING, C., ZITZ, T., PAASCHE, K., GANSUM, T. & SEREN, S. 2018. Large-area high-resolution ground-penetrating radar measurements for archaeological prospection. *Archaeological Prospection* 25: 171-195.

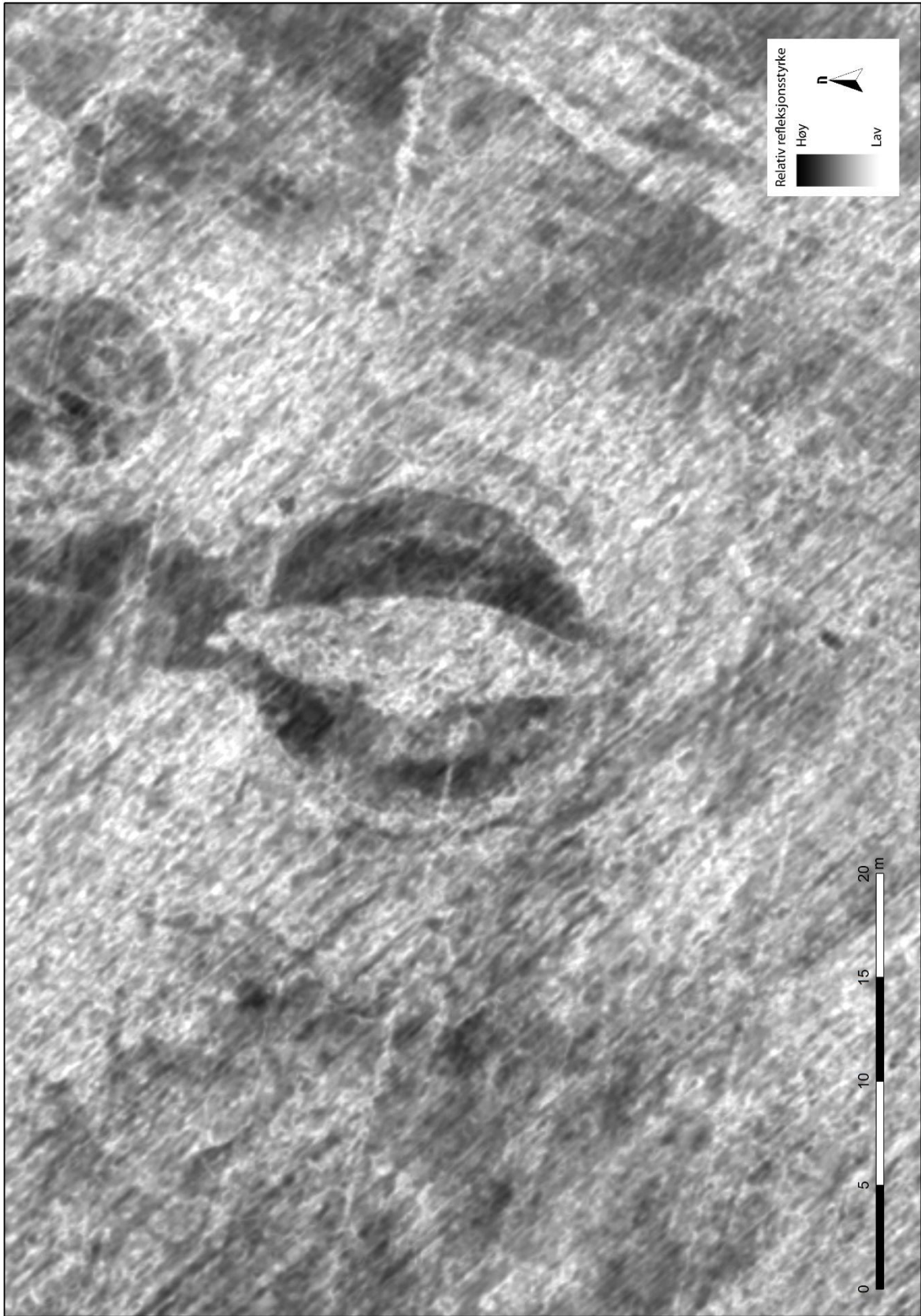
VEDLEGG A



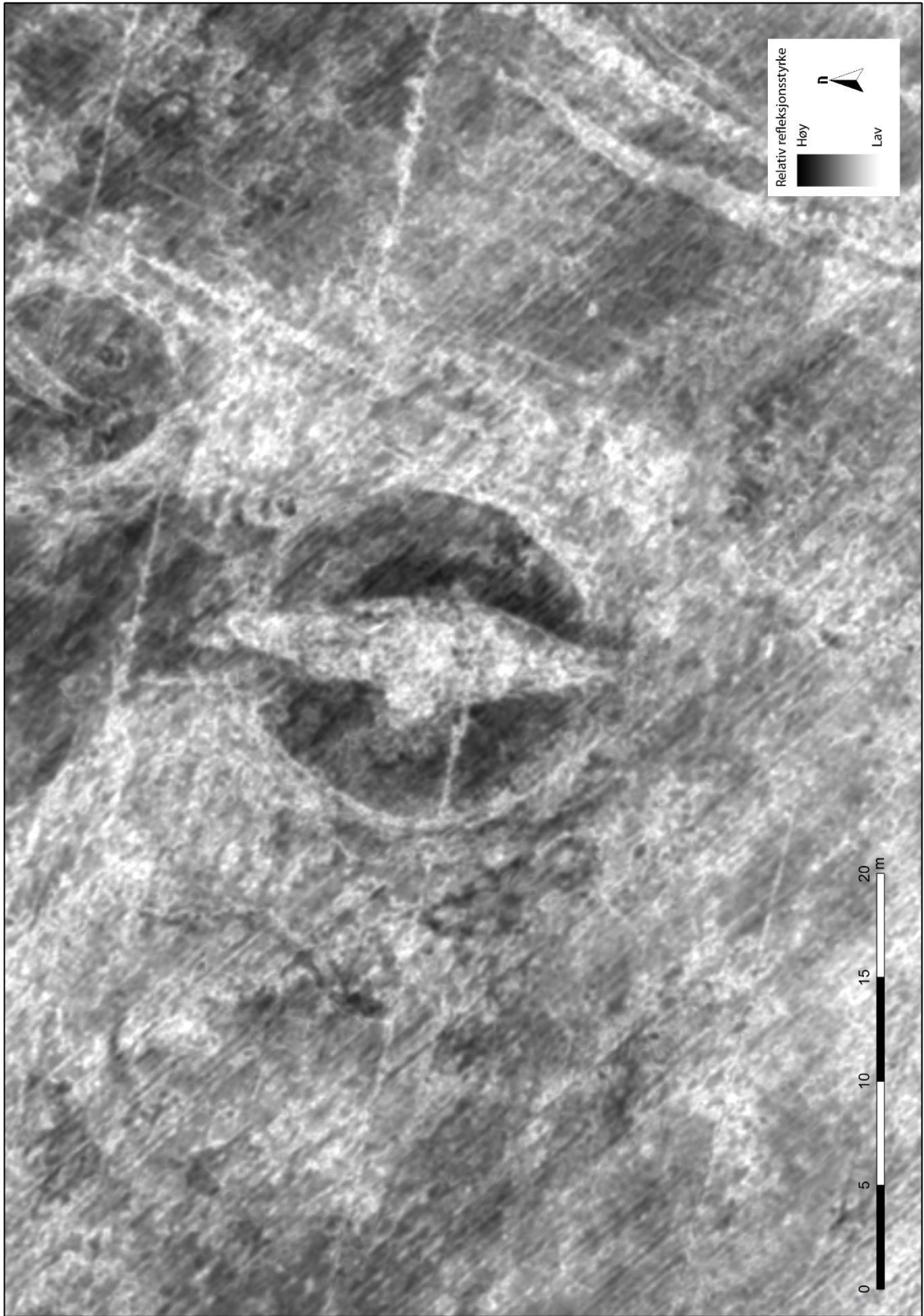
0 – 10 cm



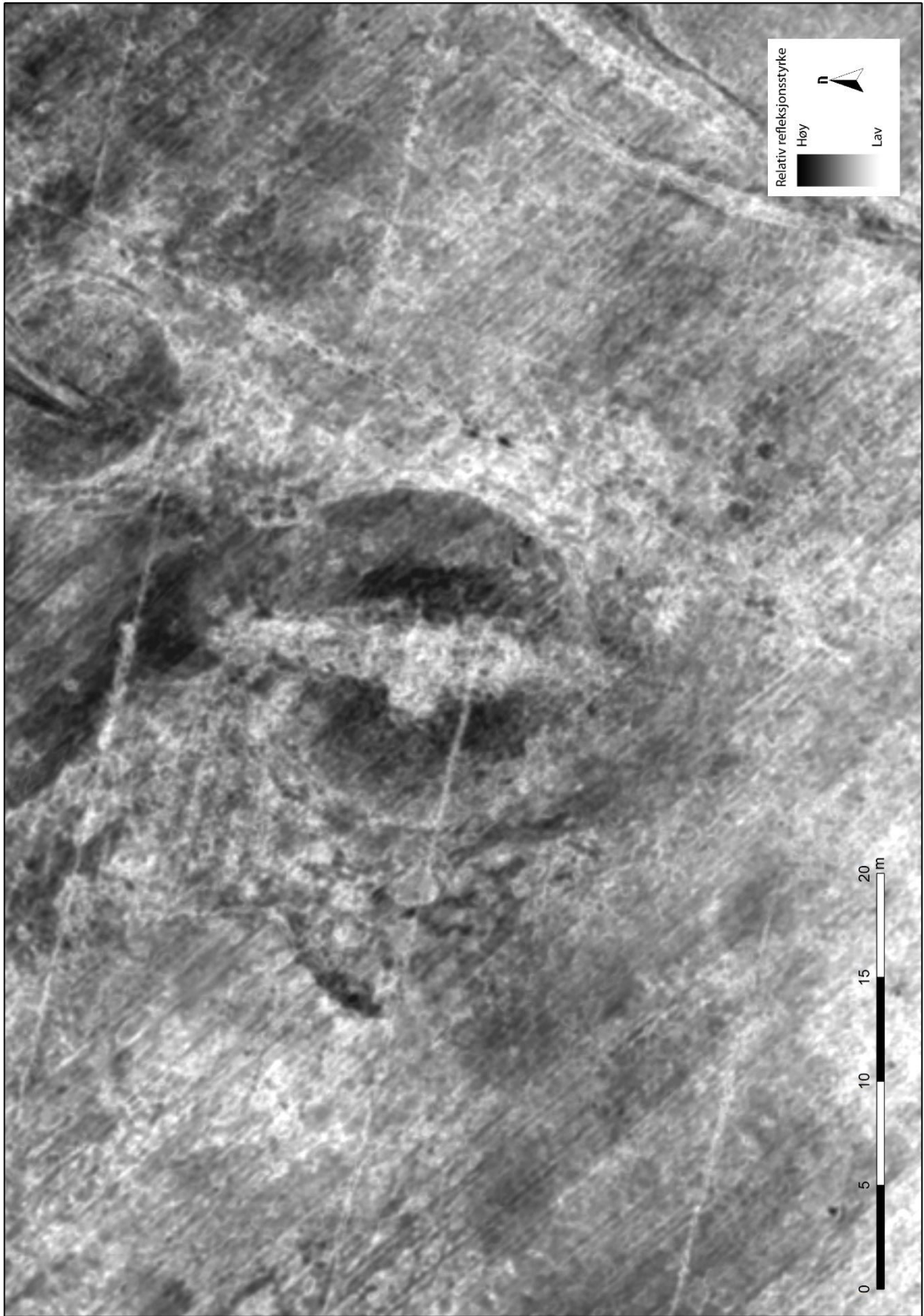
10 – 20 cm



20 – 30 cm



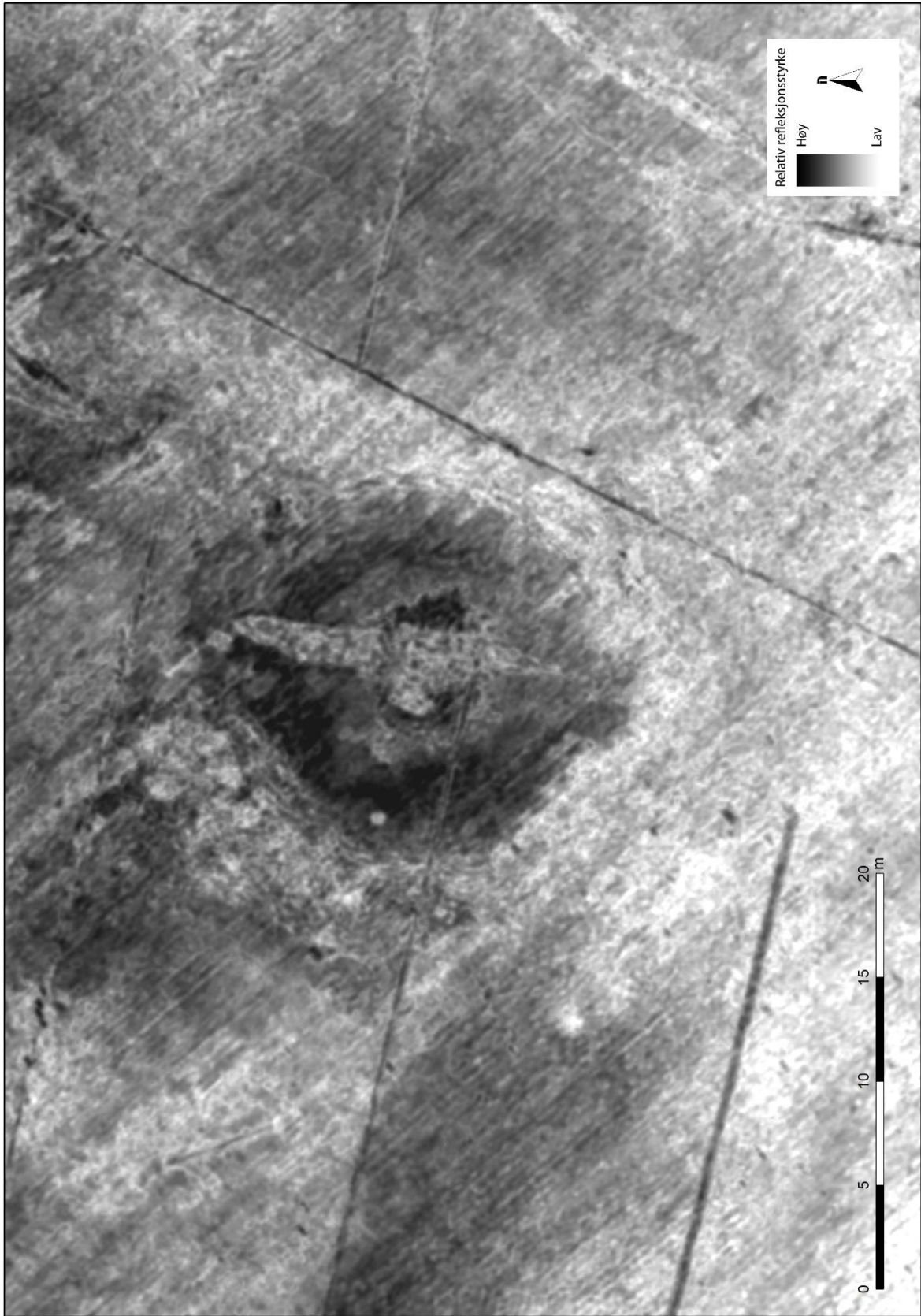
30 – 40 cm



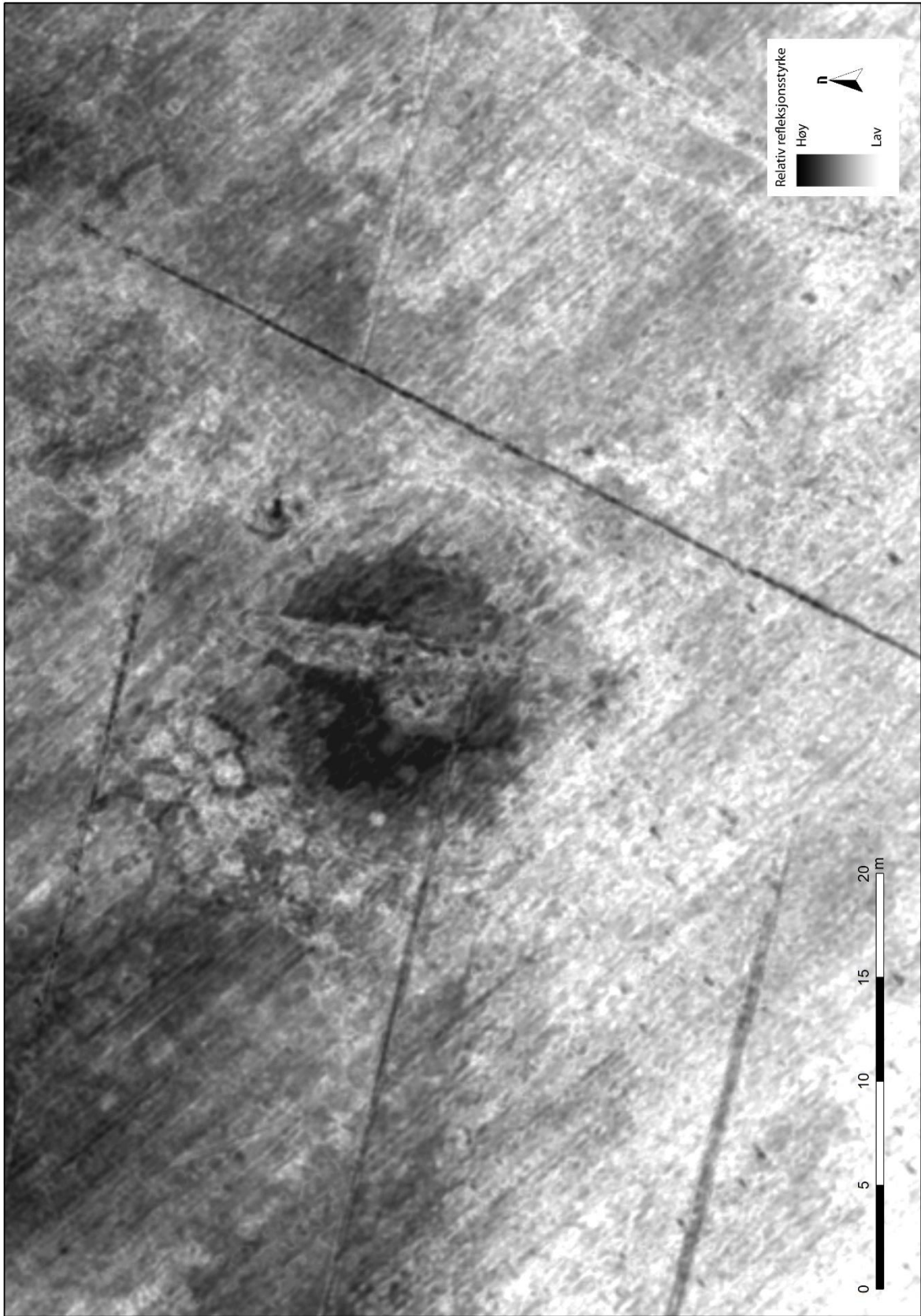
40 – 50 cm



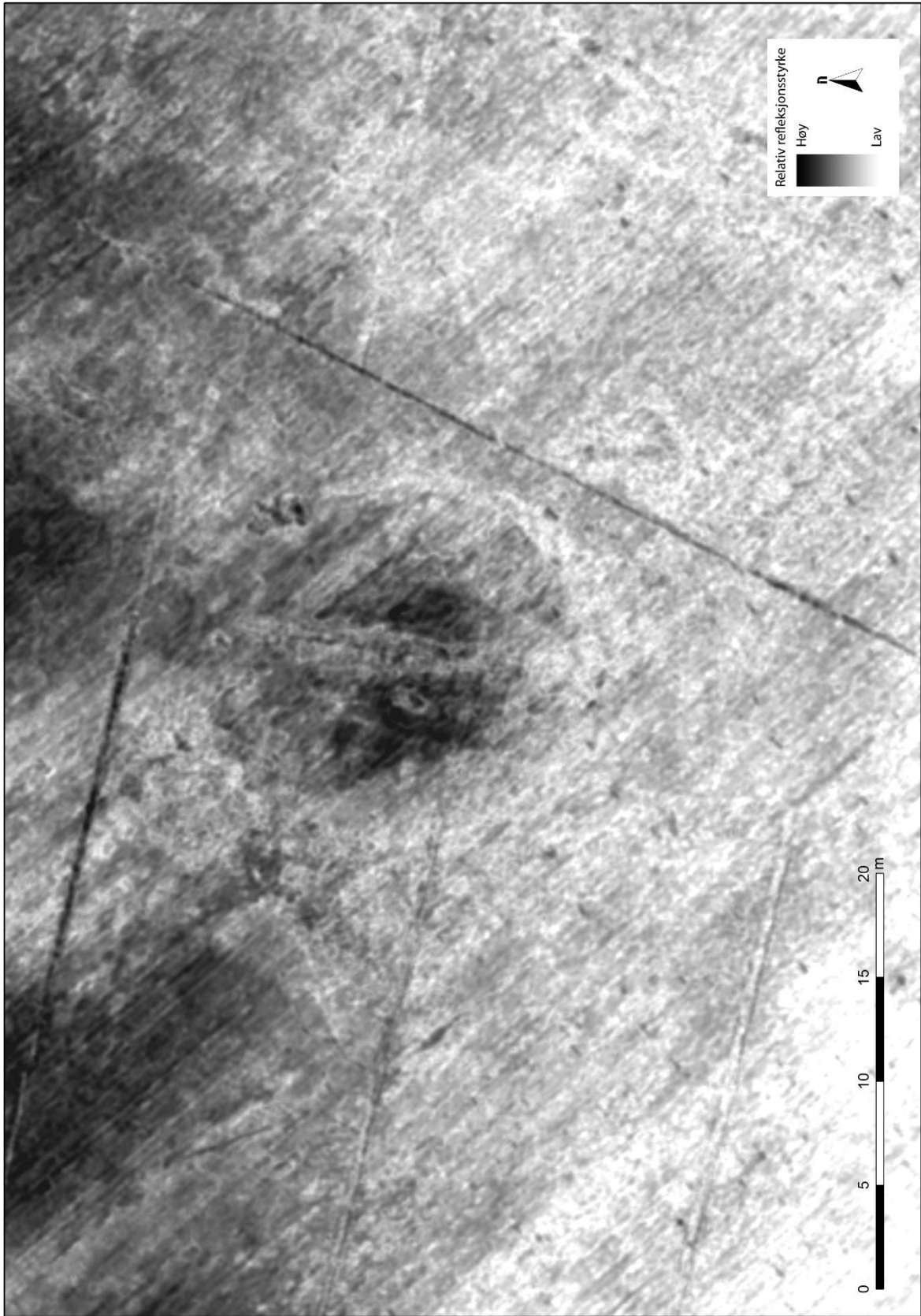
50 – 60 cm



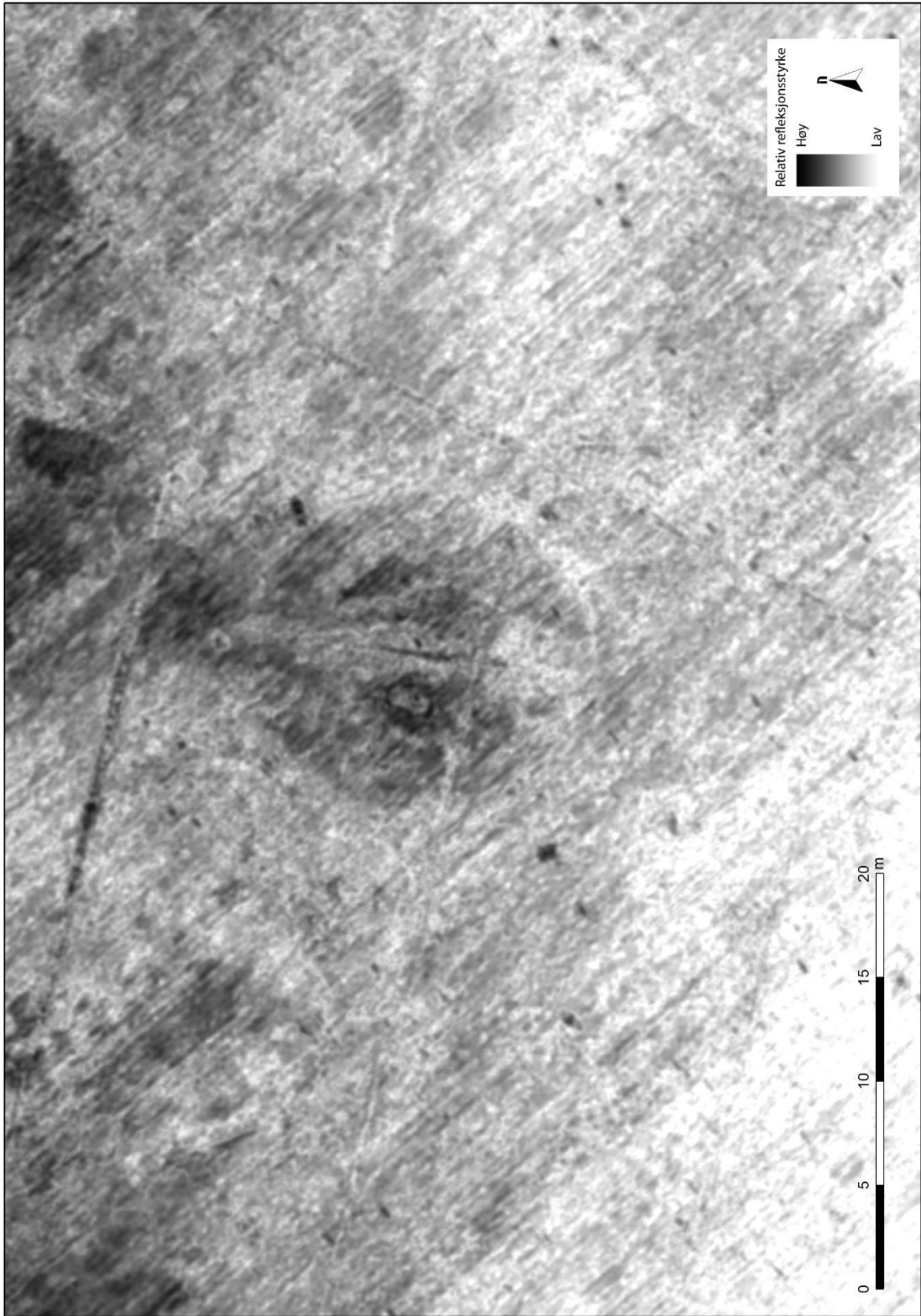
60 – 70 cm



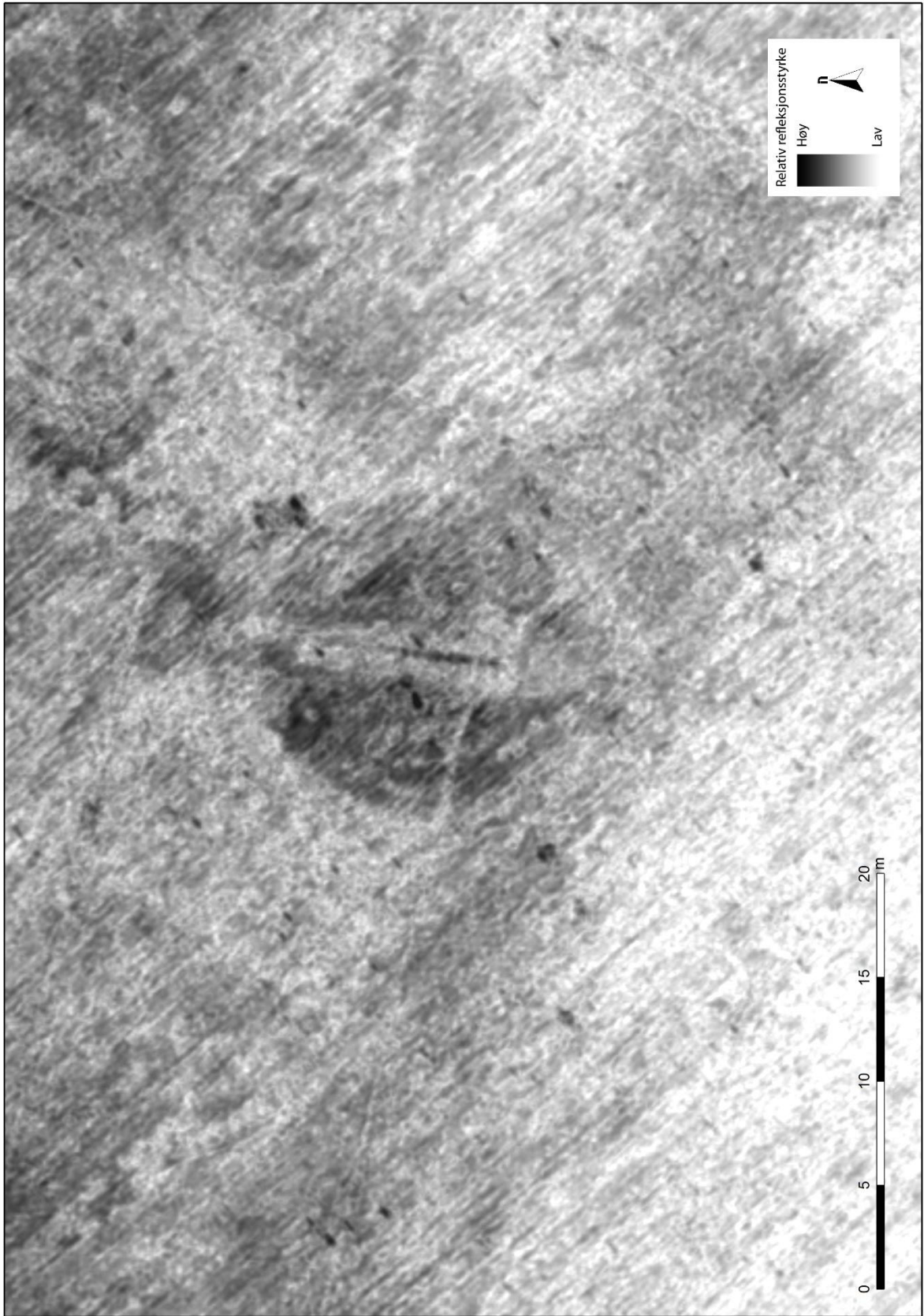
70 – 80 cm



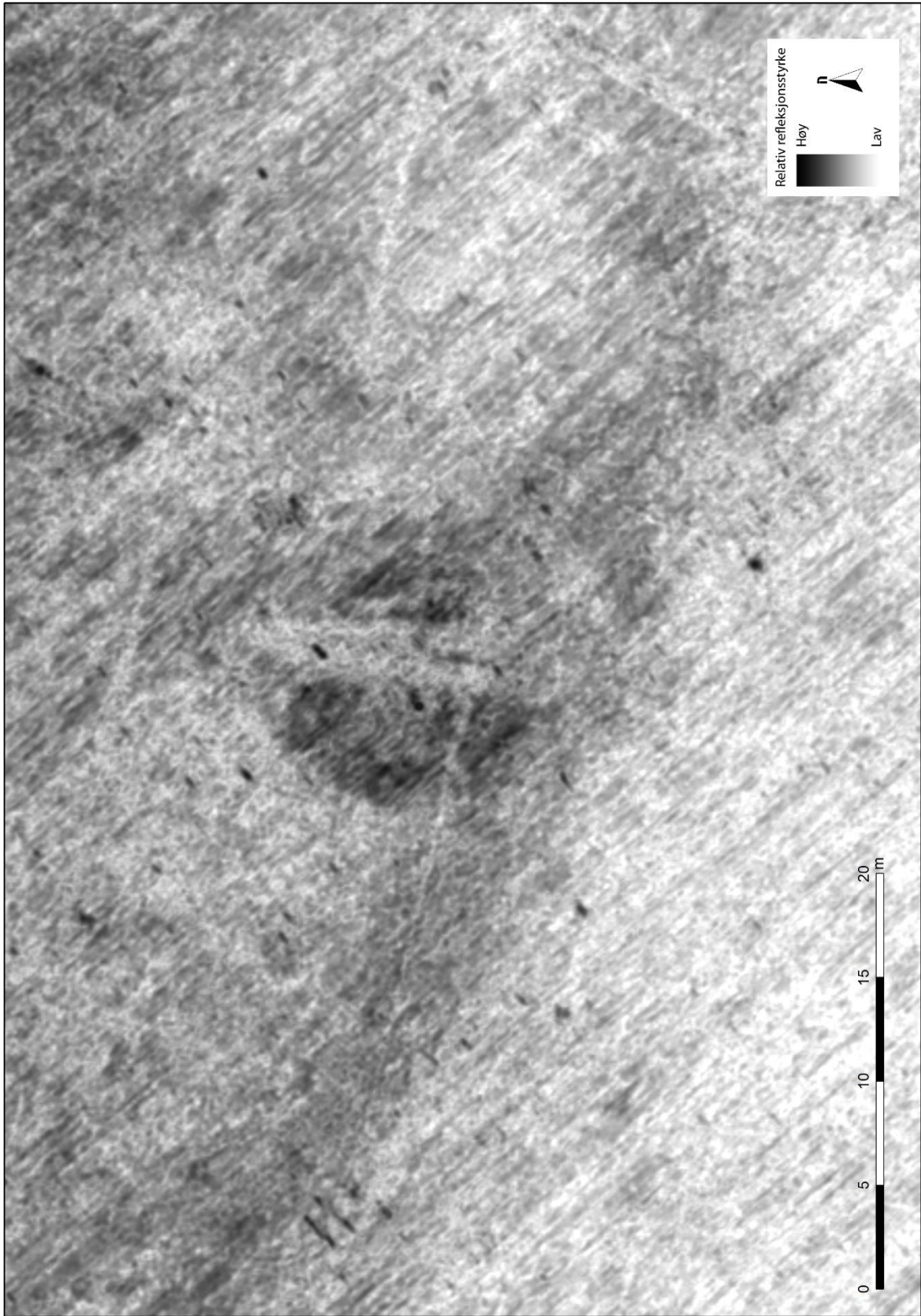
80 – 90 cm



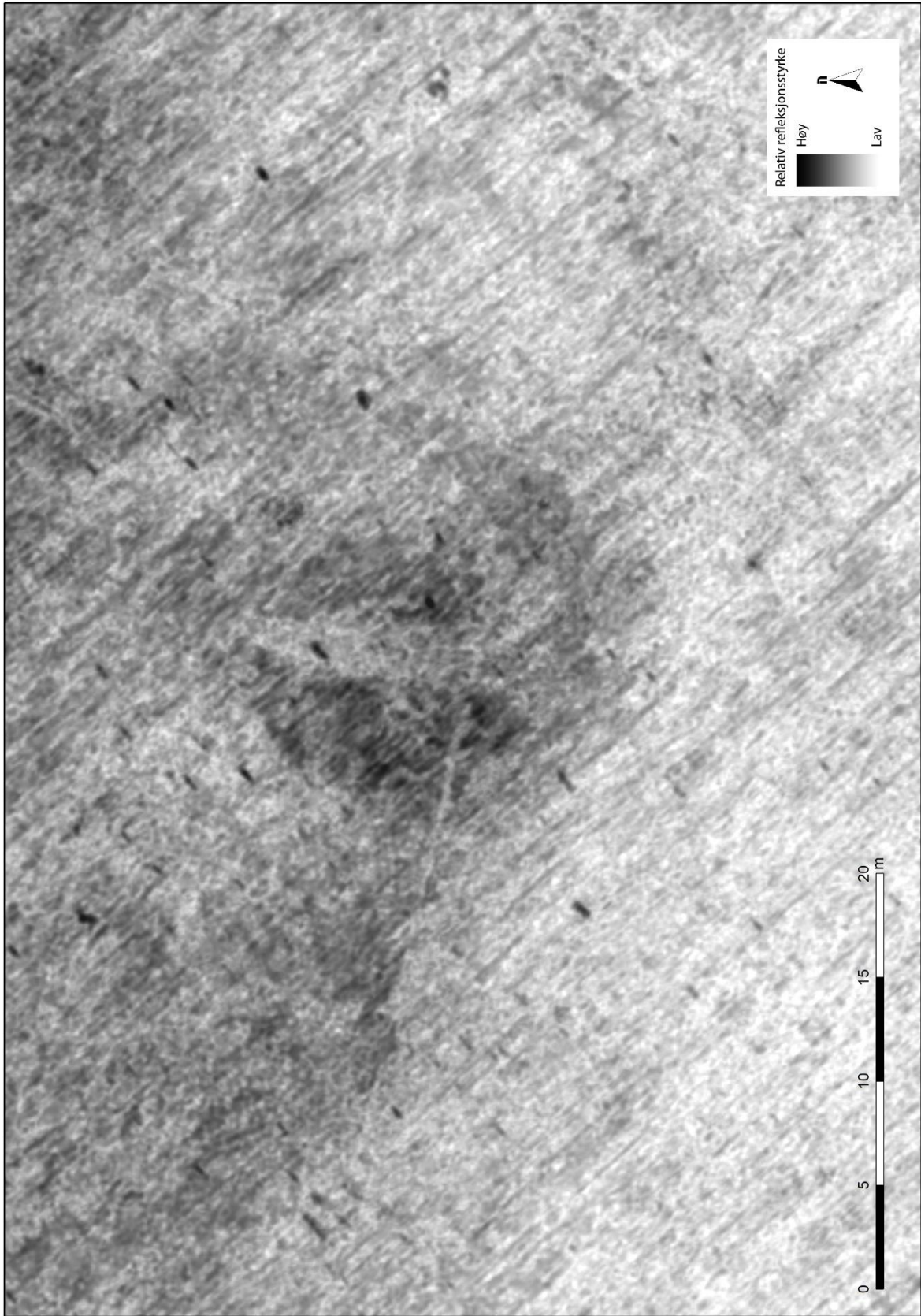
90 – 100 cm



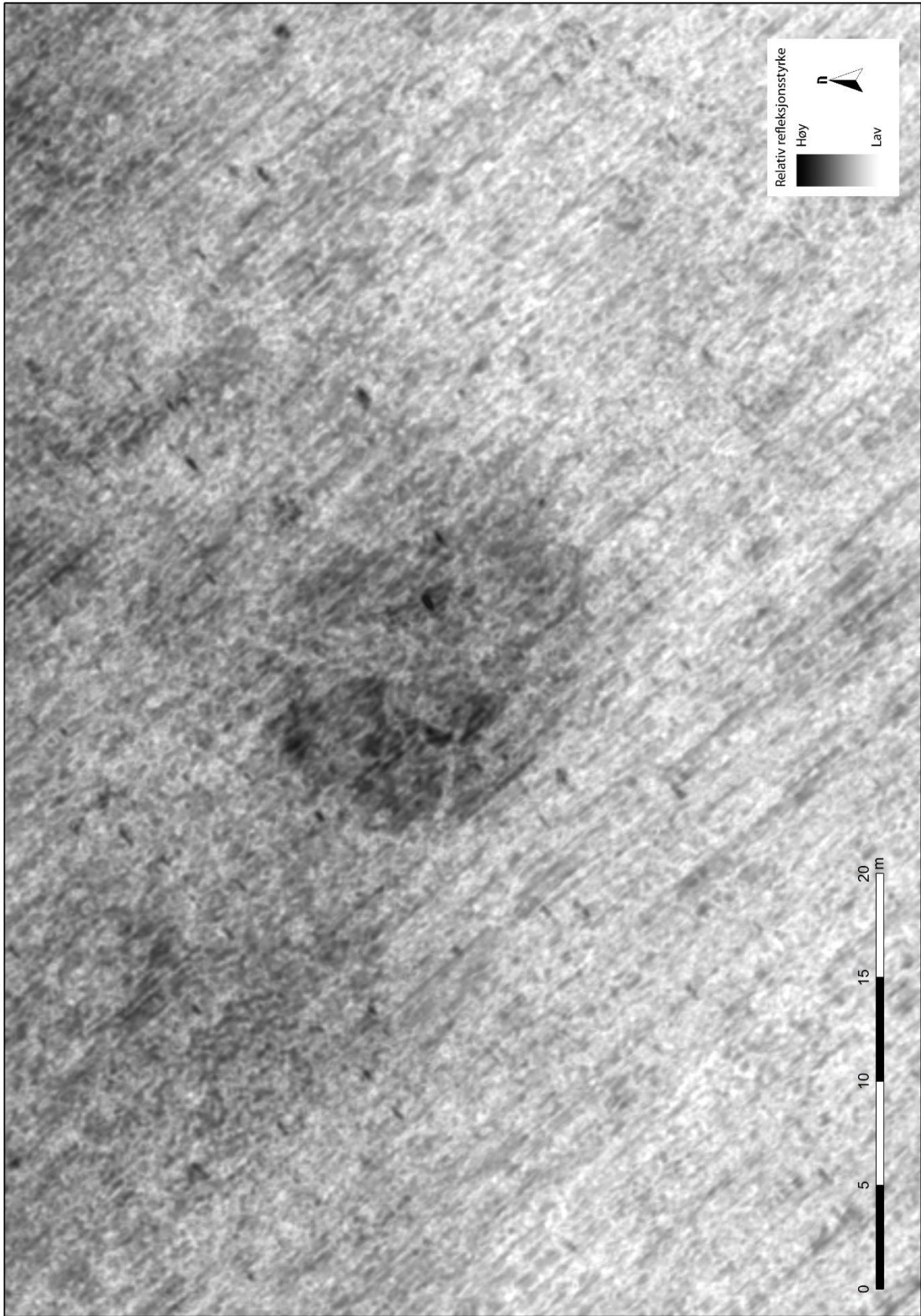
100 – 110 cm



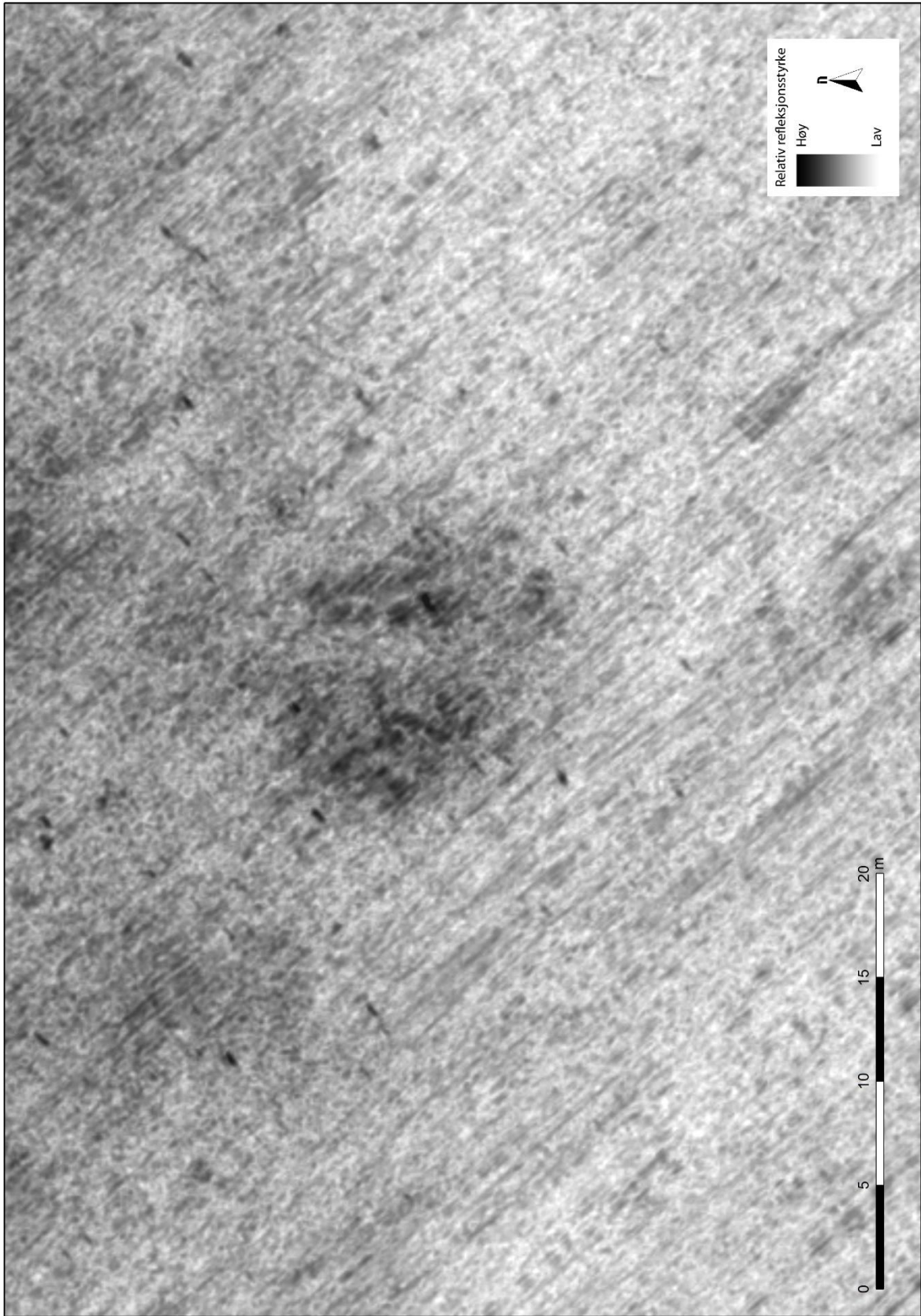
110 – 120 cm



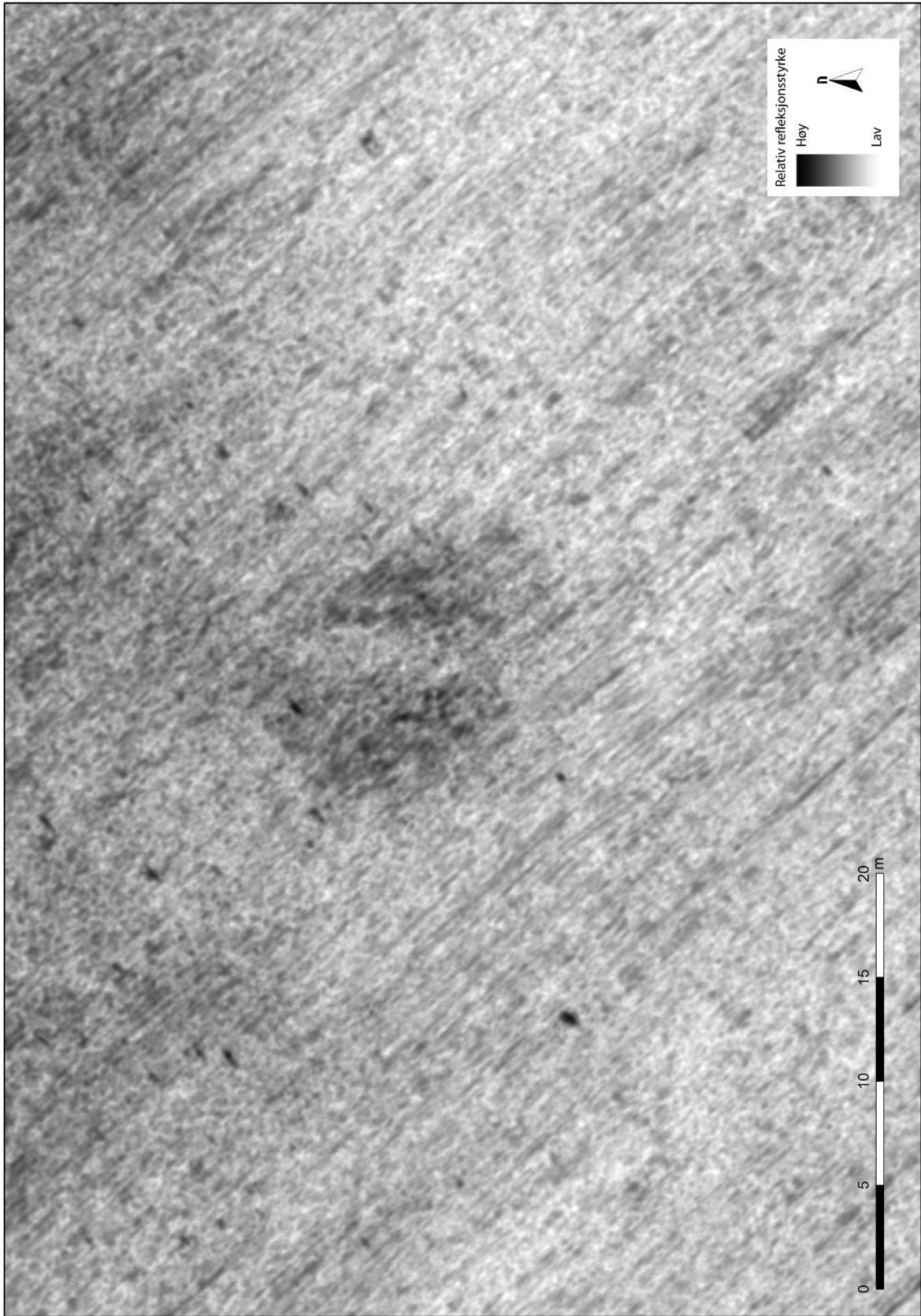
120 – 130 cm



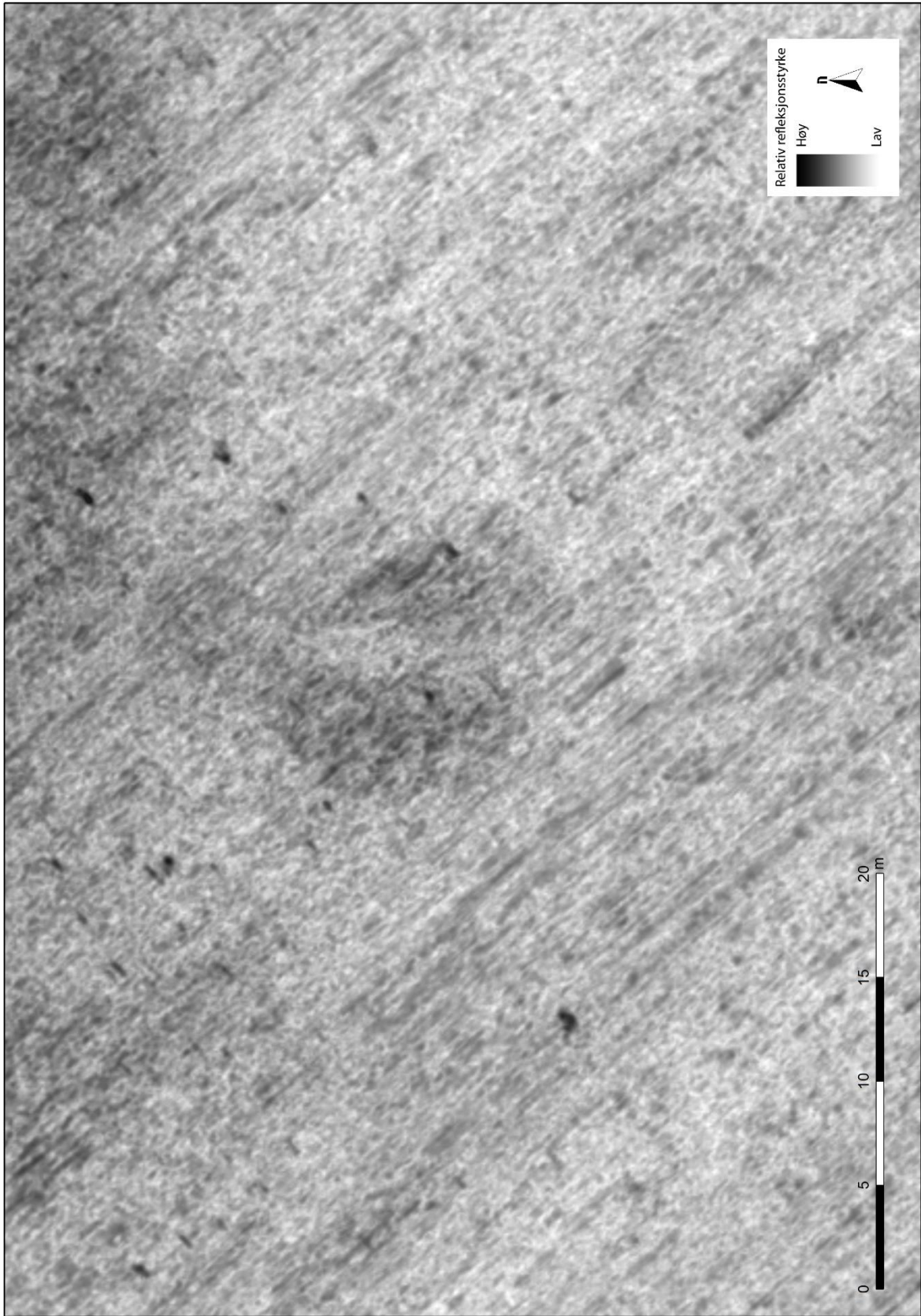
130 – 140 cm



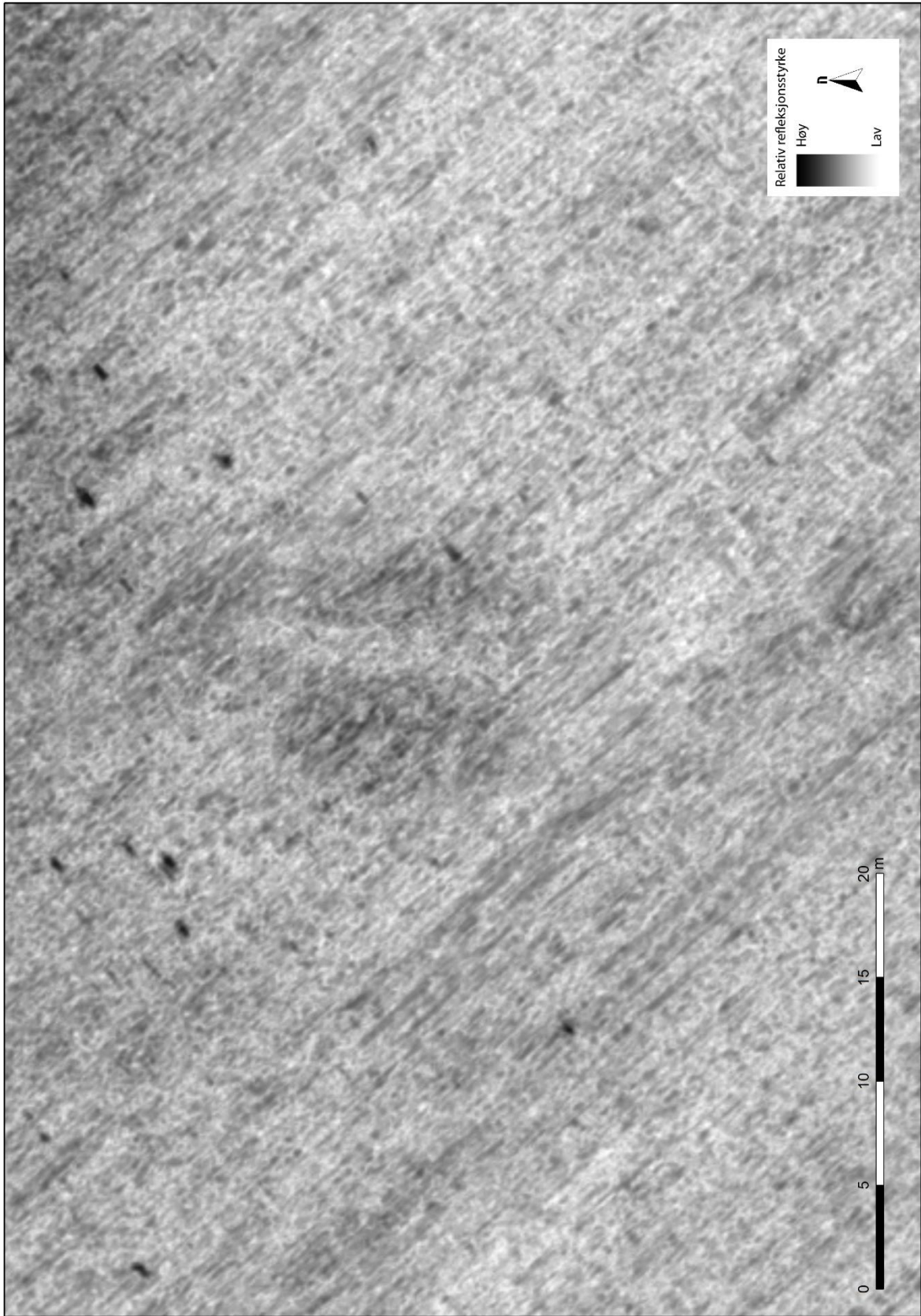
140 – 150 cm



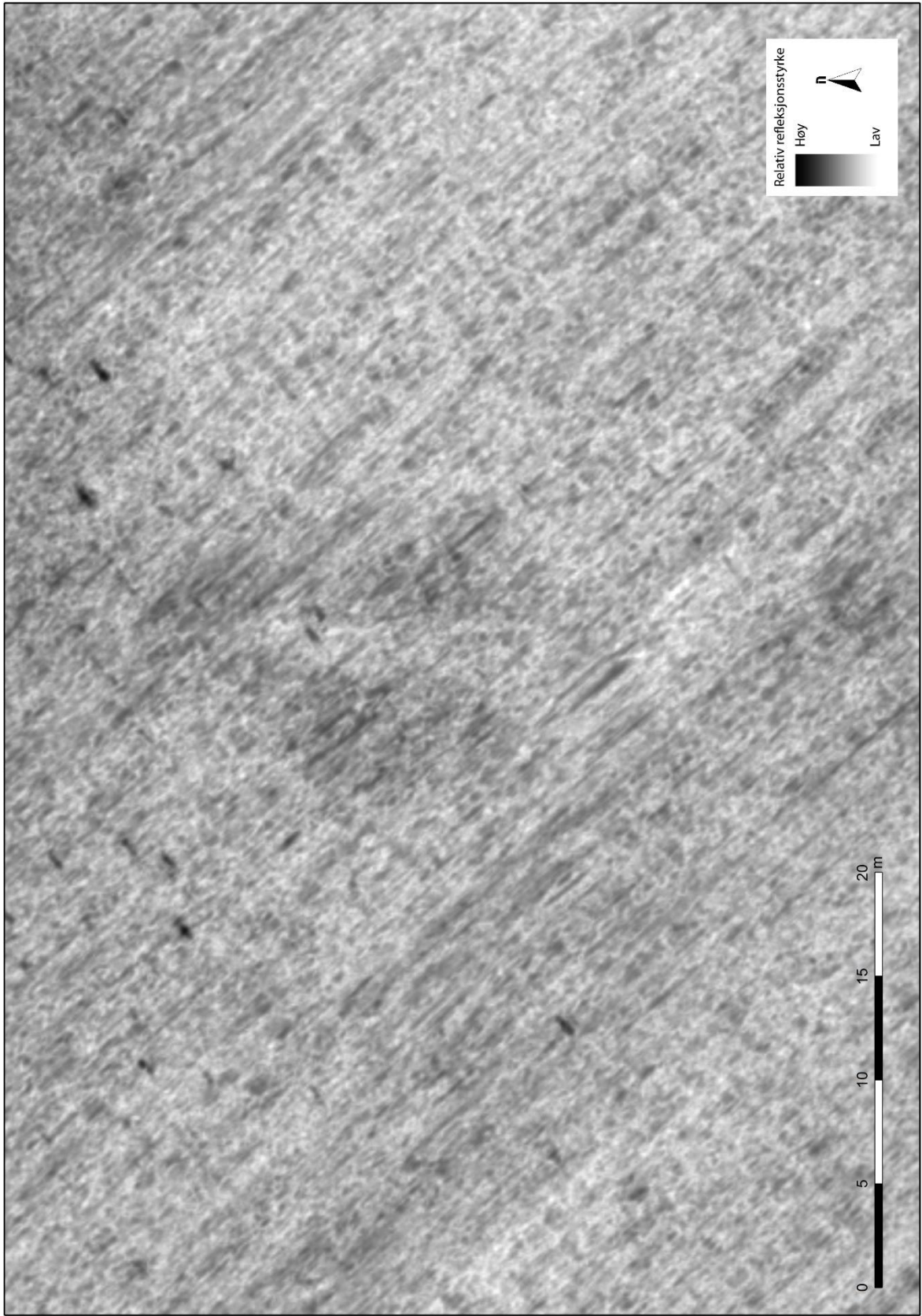
150 – 160 cm



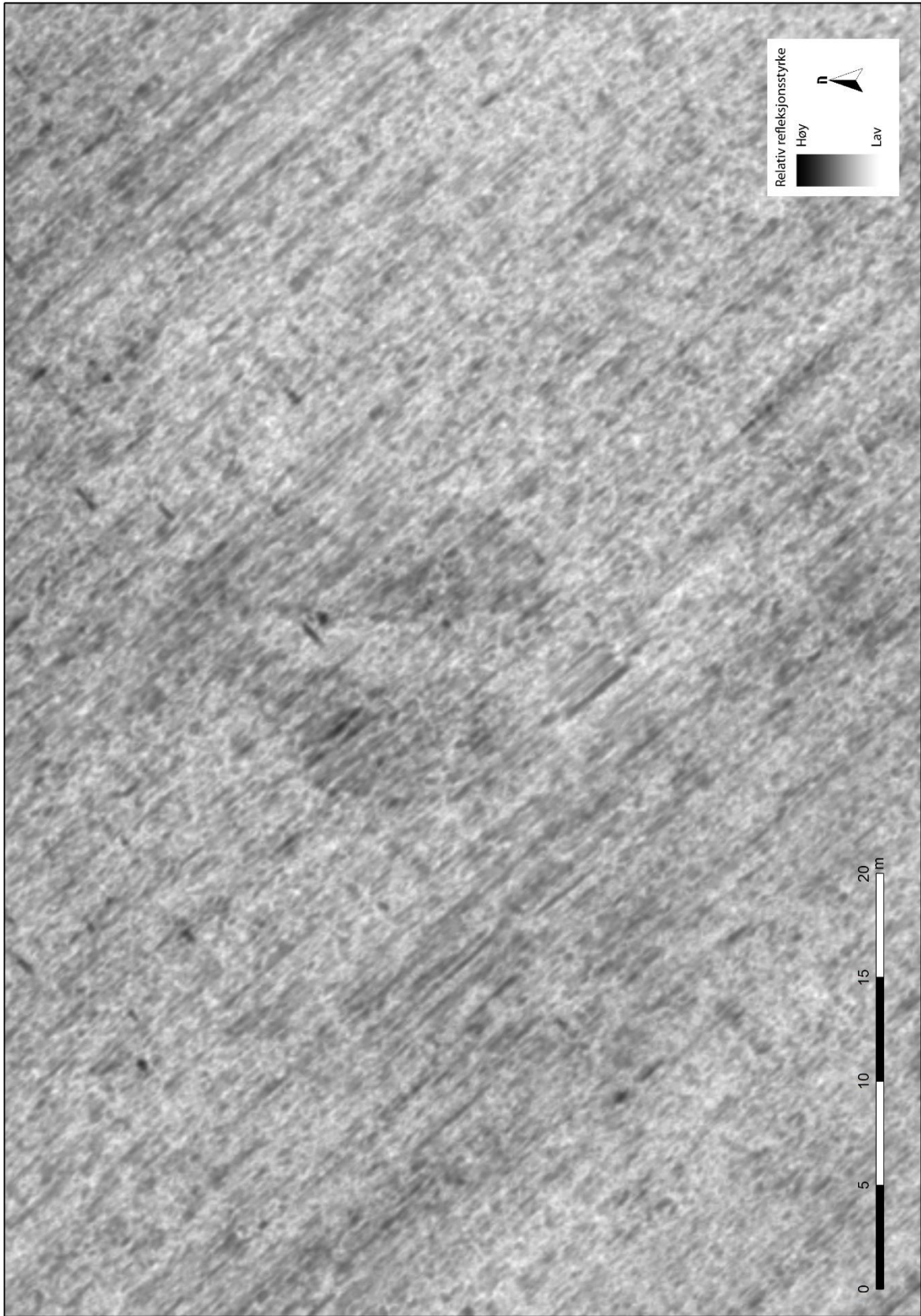
160 – 170 cm



170 – 180 cm



180 – 190 cm



190 – 200 cm

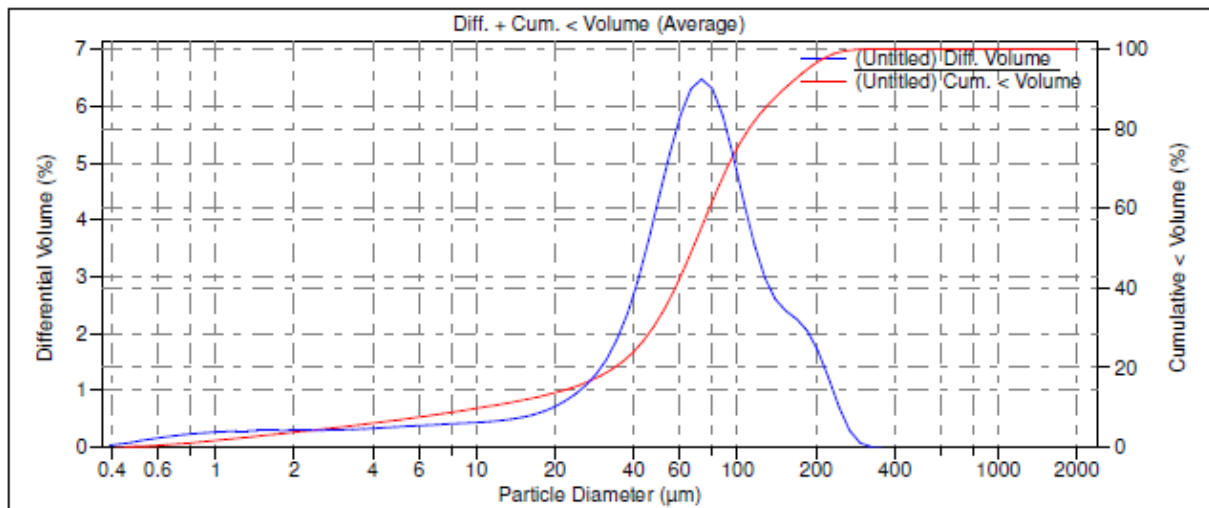
VEDLEGG B

Particle size results, Gjellestad. The particle size divisions are using the WRB (2015) system.

Sample 32

Class	Particle Diameter (μm)	Percent	Cumulative Volume % <
Clay	0.01	0	0
	2	3.73	3.73
Silt	4	2.25	5.98
	8	2.75	8.73
	10	1.01	9.74
	16	2.46	12.2
	20	1.4	13.6
	32	5.4	19
	50	13.3	32.3
	63	13.1	45.4
Very fine sand	90	23.8	69.2
	100	6	75.2
	125	9.3	84.5
Medium and coarse sand	250	14.9	99.4
	500	0.6	100
	1000	0	100
Coarse sand	2000	0	100

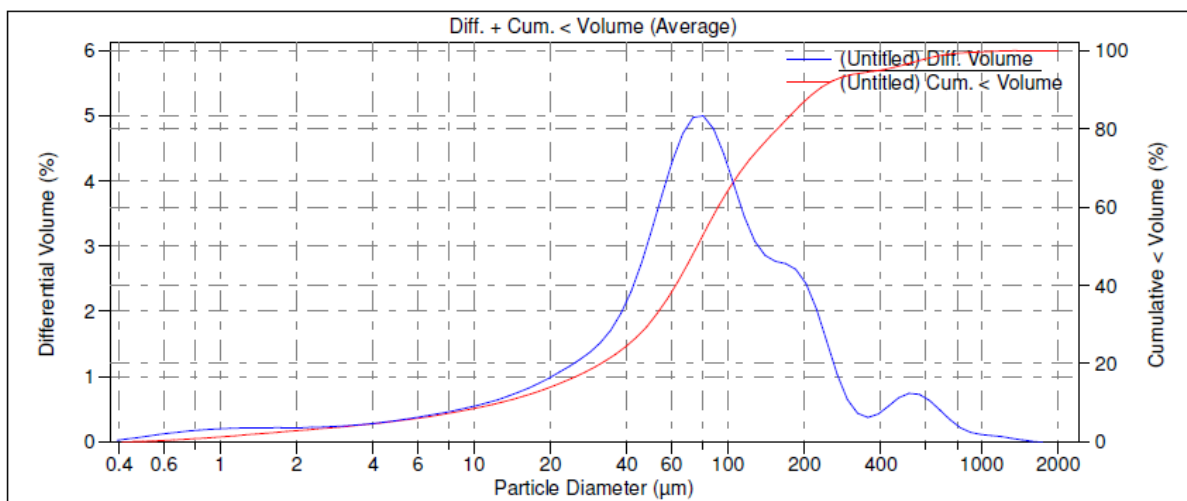
Difference + cumulative volume by particle size



Sample 31

Class	Particle Diameter μm	Percent	Cumulative Volume % <
Clay	0.01	0	0
	2	2.82	2.82
Silt	4	1.78	4.6
	8	2.69	7.29
	10	1.2	8.49
	16	3.31	11.8
	20	2.2	14
	32	6.2	20.2
	50	10.7	30.9
	63	9.6	40.5
Very fine sand	90	18.6	59.1
	100	5.1	64.2
	125	8.7	72.9
Medium and coarse sand	250	18.8	91.7
	500	4.7	96.4
	1000	3.3	99.7
Coarse sand	2000	0.3	100

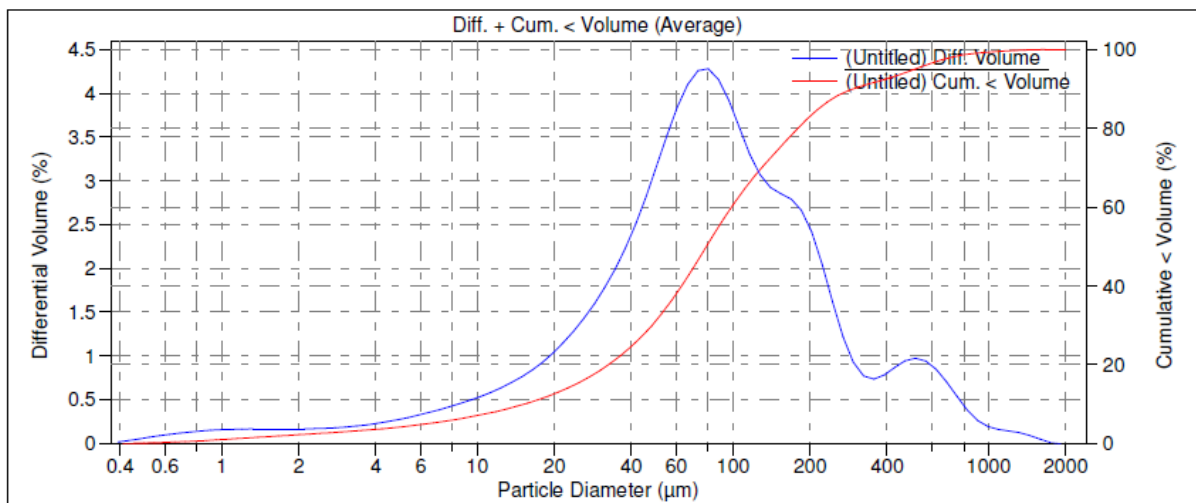
Difference + cumulative volume by particle size



Sample 30

Class	Particle Diameter μm	Percent	Cumulative Volume % <
Clay	0.01	0	0
	2	2.21	2.21
Silt	4	1.38	3.59
	8	2.36	5.95
	10	1.13	7.08
	16	3.32	10.4
	20	2.2	12.6
	32	7	19.6
	50	11.6	31.2
	63	8.8	40
Very fine sand	90	16.1	56.1
	100	4.5	60.6
	125	8.2	68.8
Medium and coarse sand	250	19	87.8
	500	6.9	94.7
	1000	4.6	99.3
Coarse sand	2000	0.7	100

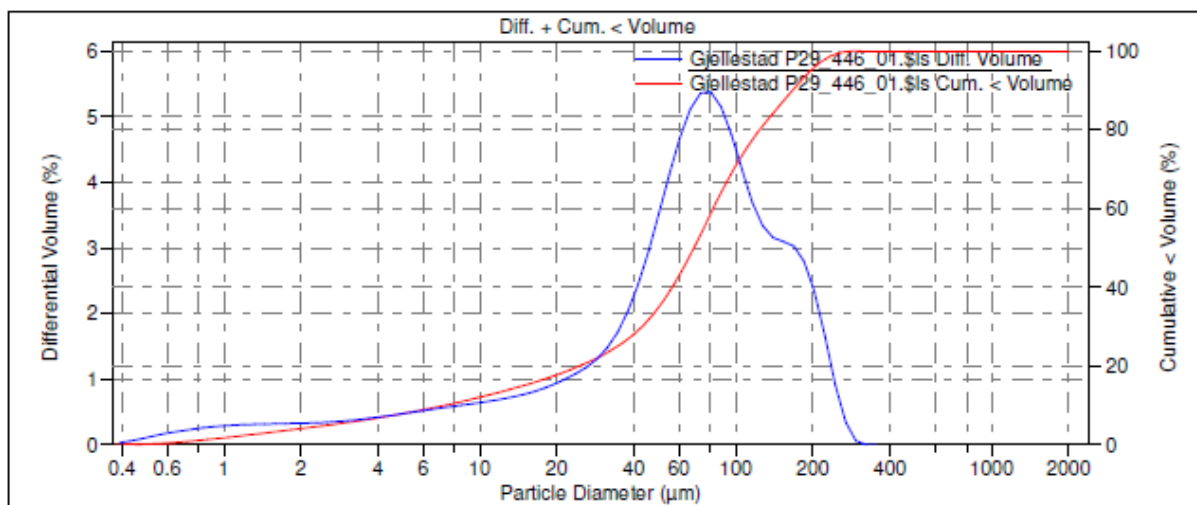
Difference + cumulative volume by particle size



Sample 29

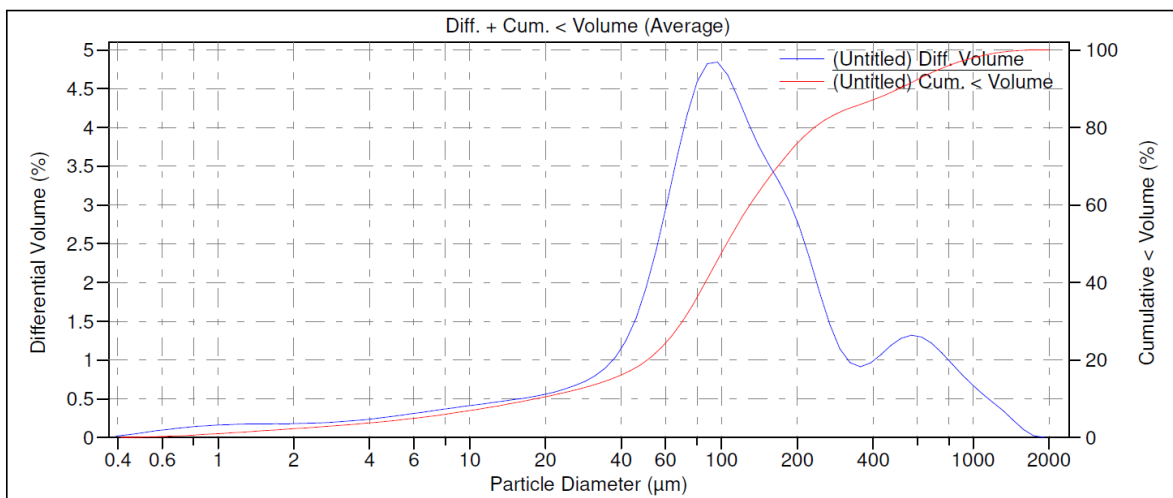
Class	Particle Diameter μm	Percent	Cumulative volume %
Clay	0.01	0	0
	2	4.15	4.15
Silt	4	2.71	6.86
	8	3.74	10.6
	10	1.5	12.1
	16	3.6	15.7
	20	2.1	17.8
	32	5.9	23.7
	50	11.2	34.9
	63	10.4	45.3
Very fine sand	90	20	65.3
	100	5.5	70.8
	125	9.4	80.2
Medium and coarse sand	250	19.1	99.3
	500	0.7	100
	1000	0	100
Coarse sand	2000	0	100

Difference + cumulative volume by particle size



Sample 28

Class	Particle Diameter μm	Percent	Cumulative Volume % <
Clay	0.01	0	0
	2	2.29	2.29
Silt	4	1.49	3.78
	8	2.23	6.01
	10	0.94	6.95
	16	2.3	9.25
	20	1.25	10.5
	32	3.4	13.9
	50	5.8	19.7
	63	6.3	26
Very fine sand	90	16.1	42.1
	100	5.5	47.6
	125	10.8	58.4
Medium to coarse sand	250	23	81.4
	500	8.4	89.8
	1000	8.2	98
Coarse sand	2000	2	100



Norsk institutt for kulturminneforskning er et uavhengig forsknings- og kompetansemiljø med kunnskap om norske og internasjonale kulturminner.

Instituttet driver forskning og oppdragsvirksomhet for offentlig forvaltning og private aktører på felter som by- og landskapsplanlegging, arkeologi, konservering og bygningsvern.

Våre ansatte er konservatorer, arkeologer, arkitekter, ingeniører, geografer, etnologer, samfunnsvitere, kunsthistorikere, forskere og rådgivere med spesiell kompetanse på kulturarv og kulturminner.

www.niku.no

NIKU Oppdragsrapport 61/2020

NIKU hovedkontor
Storgata 2
Postboks 736
Sentrum
0105 OSLO
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tønsberg
Farmannsveien 30
3111 TØNSBERG
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Bergen
Dreggsallmenningen 3
Postboks 4112
Sandviken
5835 BERGEN
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Trondheim
Kjøpmannsgata 1b
7013 TRONDHEIM
Telefon: 23 35 50 00

NIKU Tromsø
Framsenteret
Hjalmar Johansens
gt. 14
9296 TROMSØ
Telefon: 77 75 04 00