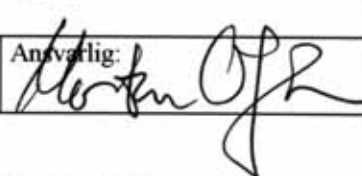


Rapport nr.: 2002.113		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Driftsmuligheter og kulturminnevern i Bubakk klebersteinsforekomst, Kvikne.				
Forfatter: Tor Grenne og Tom Heldal		Oppdragsgiver: Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider / NGU		
Fylke: Hedmark		Kommune: Tynset		
Kartblad (M=1:250.000) Kvikneskogen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1619 4		
Forekomstens navn og koordinater: Bubakk 568490-6922430		Sidetall: 28	Pris: 200	
Feltarbeid utført: 2001-2002		Rapportdato: 30.01.2003	Prosjektnr.: 294500	Ansvarlig: 
Sammendrag:				
<p>Det er foretatt en samordnet geologisk, geofysisk og arkeologisk undersøkelse av Bubakk klebersteinsbrudd ved Gråhøa på Kvikne, som har vært Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeiders (NDRs) viktigste restaureringsbrudd gjennom en årrekke. Undersøkelsene har hatt som mål å utarbeide en plan for gjenopptakelse av steinuttak som samtidig ivaretar verneinteressene knyttet til sporene etter grytedrift fra før-romersk jernalder. Undersøkelsene ble påbegynt i 2001 med overflatekartlegging og geofysiske målinger (georadar og magnetometri), og ble fulgt opp med kjerneboring i 2002.</p> <p>Total utstrekning av forekomsten er omkring 100 meter i nord-sør-retning og 45 meter bredde. Den blottede delen er ca. 60 meter x 30 meter. Midtpartiet består av talkholdig serpentinit som er relativt hard og stikker opp som en knoll i terrenget. Serpentinitten er omgitt av bløt kleberstein som i stor grad er dekket av ulike typer løsmasser. Klebersteinen og noen mellomtyper av talk-serpentinbergart har tallrike spor etter grytedrift, især i de sydlige, østlige og nordlige deler av forekomsten. NDR har tatt ut blokk av serpentinit hovedsakelig i nordlig del av den sentrale knollen, og kleberstein i den østlige og nordlige del. I de sistnevnte partier har driften ødelagt deler av grytefeltene. Blokkuttaket har også forstyrret deler av skrottpippene fra grytedriften. Løsmassene rett øst, syd og sydvest for bruddet inneholder trolig rester av de gamle skrottpippene under fyllmasser fra den nyere driften. En større fylling lagt opp av NDR, ca. 100 meter syd for forekomsten, består i sin helhet av naturlig jord- og morenemasse blandet med mindre mengder skrotmasse fra grytedriften.</p> <p>Nord og nordvest for den blottede delen av forekomsten finnes urørte avsetninger av myrjord med underliggende leir- og siltrike sedimenter (kvabb) som antas å være uten arkeologisk interesse. I dette området finnes det kleberstein med et mulig areal på ca. 1000 kvadratmeter under overdekningen, og dette er den eneste del av forekomsten hvor eventuell fremtidig drift ikke vil komme i direkte konflikt med kulturminnevernet. Kjerneboring viser imidlertid et dyp på omkring 10 meter eller mer ned til fast fjell. Drift på denne del av forekomsten vil derfor være driftsteknisk vanskelig og kreve meget store kostnader.</p>				
Emneord:	naturstein	kleberstein	serpentinitt	
	ultramafisk bergart	arkeologi	kjerneboring	
			fagrapport	

INNHold

1. INNLEDNING	4
2. GEOLOGI	6
3. NDRs RESTAURERINGSDRIFT	10
4. SPOR ETTER GRYTESTEINSDRIFT	15
5. FORVITRING.....	19
6. GEOFYSISKE MÅLINGER	22
7. UNDERSØKELSE AV MULIGE DRIFTSOMRÅDER	22
8. KONKLUSJON	27
9. REFERANSER	28

FIGURER

Figur 1	Utsnitt av topografisk kart som viser forekomstens beliggenhet	4
Figur 2	Oversiktsbilde over Bubakkforekomsten sett mot nord	5
Figur 3	Foto av skjerp og restene av gammel steinhytte	5
Figur 4	Geologisk blottingskart med terrengmodeller	7
Figur 5	Nærbilde av serpentinit med grovkornet tekstur	8
Figur 6	Foto av forekomsten sett mot sydøst	8
Figur 7	Tekniske inngrep, fast fjell og løsmasser. Kart og terrengmodeller	11
Figur 8	Gamle grytebrudd og NDRs restaureringsbrudd. Kart og terrengmodeller	12
Figur 9	Foto av forekomsten sett mot nord, med grytespor	13
Figur 10	Bruddkanten i NDRs nordlige og nyeste brudd, sett mot nordøst	13
Figur 11	Bubakkbruddet med steinkran og maskinhus, sett mot syd	14
Figur 12	Skrottpipp syd for Bubakkforekomsten.	14
Figur 13	Godt bevarte huggespor etter gryteuttak i nordlige del av forekomsten	15
Figur 14	Detalj av huggespor, nordlige del av forekomsten	16
Figur 15	Gryteemner på sydsiden av forekomsten	16
Figur 16	Kart over boringer foretatt av NGU i 1974	18
Figur 17	Forvitring av talkholdig serpentinit langs karbonatårer	20
Figur 18	Nærbilde av forvitret klebersteinsoverflate med markert gropdannelse	20
Figur 19	Kontrast i forvitningsgrad i kleberstein	21
Figur 20	Begynnende avskalling av forvitret overflate og gropdannelse i kleberstein	21
Figur 21	Forekomstens sannsynlige utbredelse og potensielle driftsområder	24
Figur 22	Oversiktsbilde over nordlige del av Bubakkforekomsten sett mot øst	25
Figur 23	Kart og vertikalprofiler nordlige del av forekomsten med borhull fra 2002	26
Tabell 1	Koordinater, orientering og lengde på borhull fra 2002	25

1. INNLEDNING

Klebersteinsforekomsten ved Bubakk på Kvikne (Figur 1 og Figur 2) har vært utnyttet av Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeider (NDR) siden 1952, og har vært det viktigste restaureringsbruddet med hensyn til både kvalitet og mengde av uttatt stein. Driften ble stanset i 1969 etter pålegg fra Universitetets Oldsaksamling (UO), fordi blokk-uttaket kom i konflikt med kulturminnevernet knyttet til unike spor etter grytebrudd som går helt tilbake til før-romersk jernalder. Fra midten av 1970-tallet ble driften gjenopptatt i begrenset omfang på grunnlag av midlertidig tillatelse fra UO. Etter pålegg fra UO ble driften igjen innstilt i 1996.



Figur 1 Utsnitt av topografisk kart 1619 IV Kvikneskogen (1:50 000) som viser beliggenhet av Bubakk-forekomsten (rød sirkel).

NDR har ønsket å gjenoppta driften fordi klebersteinen her er av spesielt god kvalitet for ulike restaureringsformål ved Nidarosdomen. For å ivareta både kulturminnevernet og NDRs behov for stein til restaureringsarbeidene i fremtiden, ble NGU bedt om å gjøre en geologisk undersøkelse som grunnlag for en integrert forvaltningsplan for forekomsten.

Undersøkelsene ble påbegynt i 2001 med geologisk overflatekartlegging av selve forekomsten og dens nærmeste omgivelser (Grenne og Heldal 2001). Kartleggingen i bruddområdet ble gjort på et detaljert topografisk underlag fremstilt av Fjellanger-Widerøe på grunnlag av oppmåling med differensiell GPS. Lars F. Stenvik (Vitenskapsmuseet, NTNU) gjorde en arkeologisk kartlegging av synlige spor etter gryteuttak og gamle skrottipper. Deler av feltarbeidet er gjennomført sammen med Per Storemyr (NDR). Overflatekartleggingen ble supplert med geofysiske målinger (Lauritsen og Gellein 2002), som omfattet georadar for å kartlegge dypet til fast fjell og magnetometri for å kartlegge bergartenes utbredelse under overdekningen.



Figur 2 Oversiktsbilde over Bubakkforekomsten sett mot nord.



Figur 3 Rustsone med lite skjerp ca. 100 meter nord-nordvest for Bubakkbruddet. Restene av en gammel steinkonstruksjon sees under pilen. Ifølge Skjølvold (1969) kan konstruksjonen stamme fra en steinhytte benyttet under grytsteinsdriften.

På grunnlag av geologiske, geofysiske og arkeologiske data ble det planlagt kjerneboring for å avklare om det er muligheter for fremtidig drift utenfor områdene med spor etter grytedrift. NDRs søknad om boretilatelse ble godkjent av Riksantikvarens i desember 2001, og boringene ble gjennomført av NGU sommeren 2002. Ved siden av NGUs personell og Per Kjedsberg fra NDR, var to arkeologer (Kathrine Stene, UO og Øystein Lia, Hedmark Fylkeskommune) tilstede under boringen.

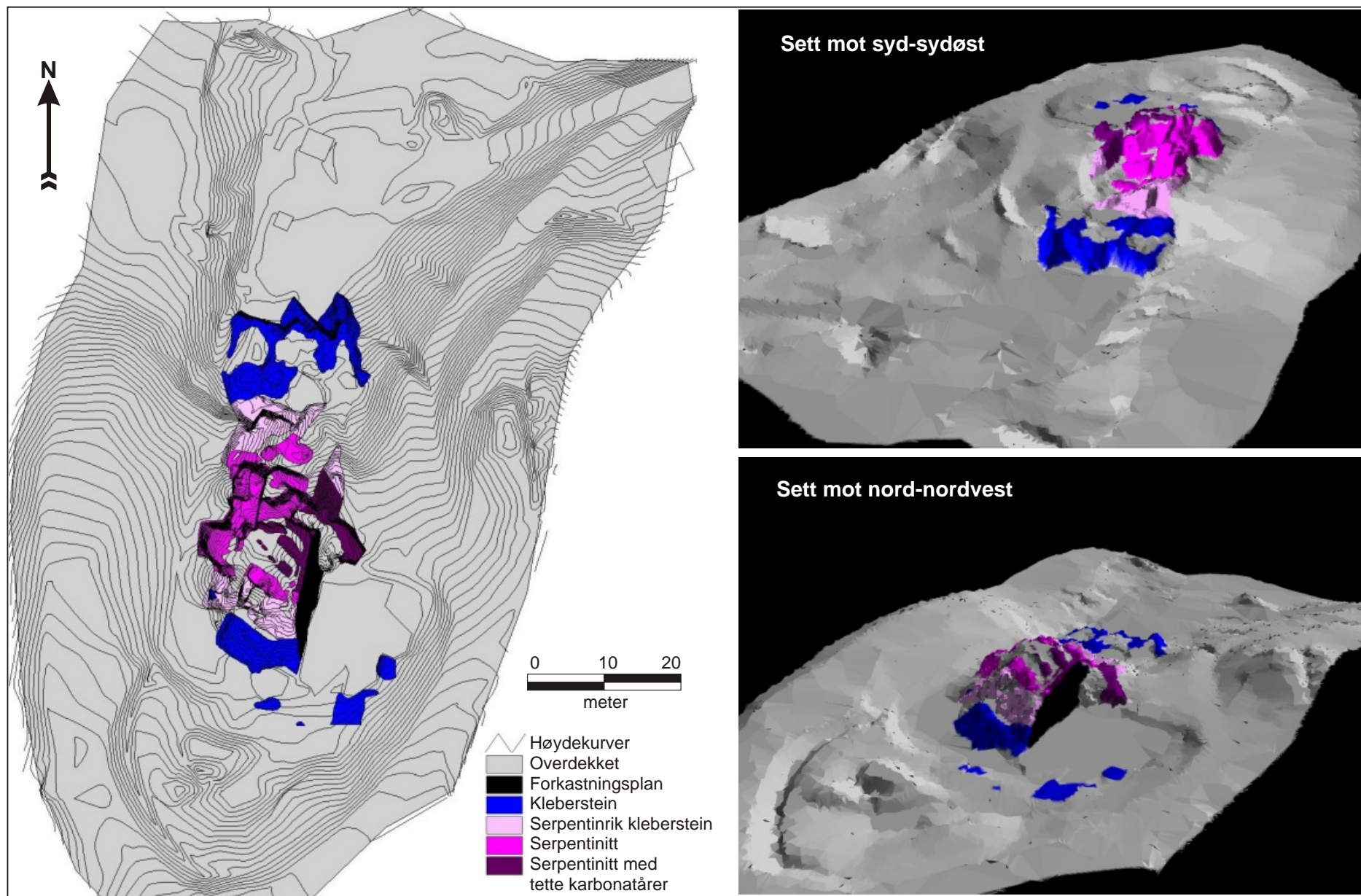
Tidligere undersøkelser av Bubakk-forekomsten omfatter en arkeologisk registrering og aldersbestemmelse (Skjølsvold 1969), geologisk overflatekartlegging og kjerneboring (Frigstad 1973, 1975), og mineralogiske undersøkelser samt vurdering av bestandighet mot forvitring (Alnæs 1994, Storemyr 1997a). Forekomsten er også kort omtalt i en mer regional geologisk sammenheng av Nilsen (1974).

2. GEOLOGI

Geologiske forhold ved forekomsten er beskrevet av Frigstad (1973, 1975) og Grenne og Heldal (2001). Den opptrer innenfor den geologiske hovedenheten *Gulagruppen*. I Kvikneområdet er disse bergartene hovedsakelig grå glimmerskifer eller glimmergneis, stedvis med overganger til en båndet, lys kvarts-rik bergart med tynne mellomlag av glimmerskifer. I området omkring klebersteinsforekomsten finnes også flere soner med mørk grønnlig til sort amfibolitt. Lokalt opptrer tynne soner med magnetkis, som det er skjerpet på flere steder omkring Bubakkforekomsten (Figur 3). De relativt små skjerpene stammer nokså sikkert fra 1800-tallet eller tidlig på 1900-tallet da det var utstrakt letevirkosomhet og drift på kismalm ved Røstvangen, Børsjødø og flere andre gruver i distriktet.

Forekomsten kom opprinnelig på plass som en olivinrik størkningsbergart på dypet i forbindelse med den vulkanske aktiviteten som ga opphav til amfibolittene (Nilsen 1974). Omdanning til kleberstein og serpentinit skjedde på et senere tidspunkt under den kaledonske fjellkjededannelsen. Forekomsten har form av en langstrakt linse som stryker i sydsydøstlig – nordnordvestlig retning og med slakt østlig fall. Lengdeaksen av den linseformede kroppen stuper omkring 20° mot SØ. Ifølge Frigstad (1975) har forekomsten en arealutstrekning på ca. 70 meter x 45 meter, hvorav omtrent halvparten er overdekket. Det er sannsynlig at forekomsten fortsetter ytterligere 25-30 meter under overdekningen mot nord-nordvest, slik at total utstrekning er omkring 100 meter x 45 meter (Grenne og Heldal 2001).

De delene av forekomsten som i dag er blottet har en lengdeutstrekning på ca. 57 meter i nord-syd retning og en største bredde på ca. 30 meter (Figur 4). Størstedelen av dette er serpentinit og talkholdig serpentinit, som er relativt harde bergarter og stikker opp i den markerte kollen i terrenget (Figur 2). Rundt serpentiniten ligger kleberstein, som er mye bløtere og sterkt erodert. Klebersteinen danner derfor søkk i terrenget rundt kollen og er i stor grad overdekket. De ytterste delene av forekomsten består ifølge Frigstad (1975) av talkskifer. Denne bergarten er bare påvist i borhull. Skifriheten gjør at den ikke har noen interesse for NDRs bruk, og den har sannsynligvis heller ikke vært benyttet til gryteproduksjon.



Figur 4 Geologisk blotningskart over Bubakkforekomsten, med terrengmodeller sett mot syd-sydøst og nord-nordvest. Ekvidistanse 20 cm.



Figur 5

Friskt brudd i serpentinit på nordvestsiden av knollen i Bubakkforekomsten. Bruddflaten viser en grovkornet tekstur som trolig stammer fra den opprinnelige størkningsbergarten, men på hugget flate blir denne teksturen lite synlig.



Figur 6 Knollen i Bubakkforekomsten sett mot sydøst. Den markerte båndingen i vests-krenten er trolig rester av en lagdeling i den opprinnelige størkningsbergarten som serpentinit og kleberstein er omdannet fra.

Mellom serpentinititt og kleberstein finnes det mange overgangstyper av noe varierende mineralsammensetning og tekstur (Alnæs 1994, Storemyr 1997a). Klebersteinen varierer bl.a. fra en svært talkrik og bløt type i den nordvestligste del av forekomsten, til mer karbonatrike typer i nord, nordøst og sørøst. I den vestlige del av forekomsten er den karakterisert av et svakt spettet utseende på forvitret overflate, mens den har en mer grovkornet tekstur videre mot nordvest (Figur 5). Serpentinititten viser til dels en meget svak bånding i desimeterskala (Figur 6). Den grovkornede og teksturen og båndingen er imidlertid ikke tydelig på saget og bearbejdet overflate. Alle variantene av kleberstein og serpentinititt har gradvise overganger. Det forenklete kartet i Figur 4 viser en grov inndeling i hovedtyper som i hovedsak svarer til de tre variantene av Bubakk-stein benyttet av NDR:

- bløt, blek grålig kleberstein
- mellomhard serpentinrik kleberstein
- hard, mørk talkholdig serpentinititt

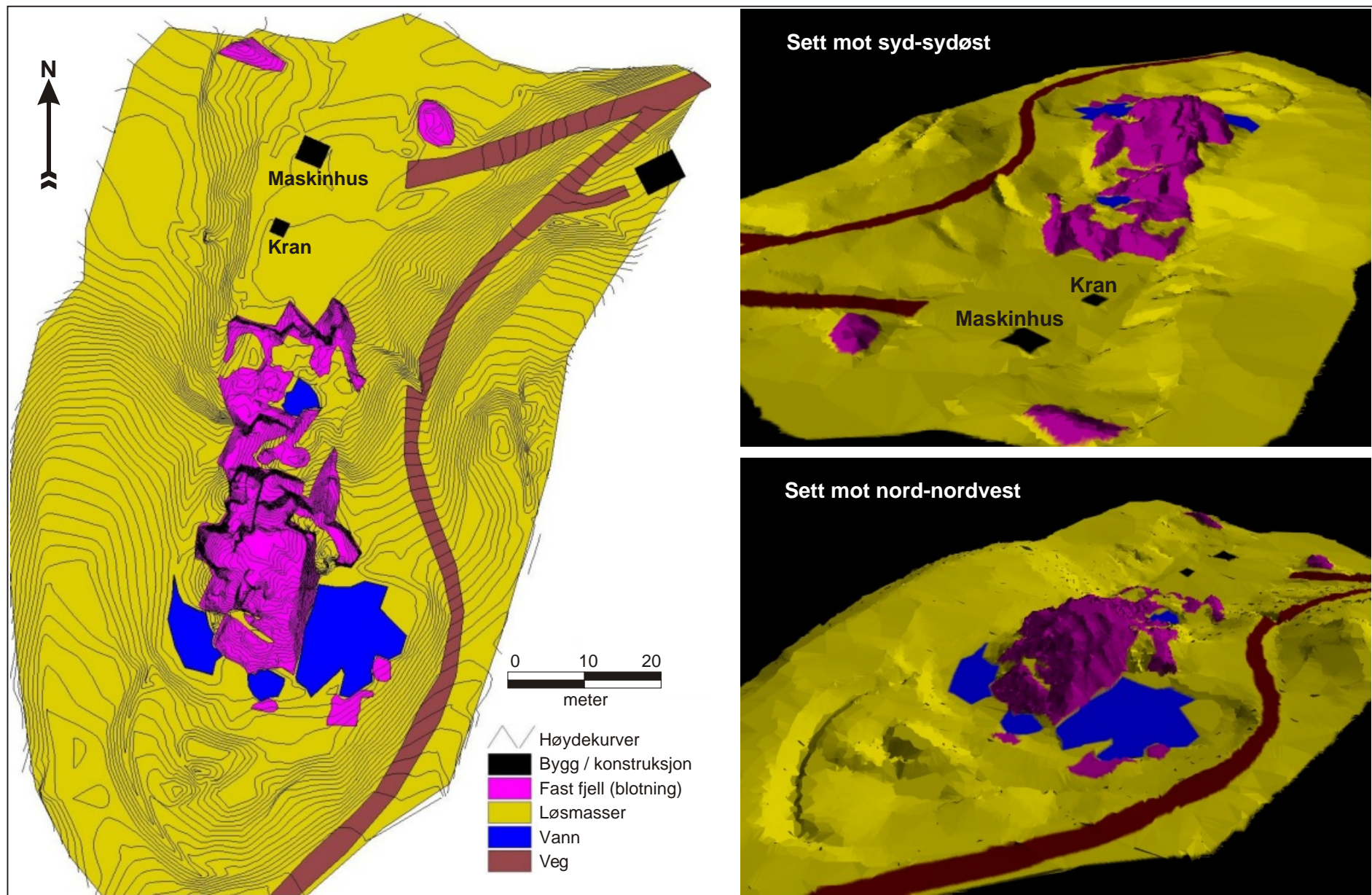
I tillegg er det på kartet skilt ut en talkholdig serpentinititt i midtre til vestlige del av forekomsten som er karakterisert av en mengde tynne og tette karbonatårer. Deler av dette partiet er satt igjen under NDRs uttak av blokk, trolig på grunn av at karbonatårene har ført til redusert steinkvalitet.

Hele forekomsten er gjennomsett av mer spredte karbonatårer som er inntil en millimeter tykke og tildels flere meter lange. Stedvis kan en se talk-karbonat-omvandling av serpentinititten med dannelse av kleberstein ut fra slike årer. Hovedretningen er NV-SØ til VNV-ØSØ med steilt fall. Et annet markert sett med årer har en retning omkring 10-15° øst for nord og har også steilt fall. Parallelt med sistnevnte finnes et markert forkastningsplan i den sydøstlige del av klebersteinskroppen, hvor det danner vestgrensen for NDRs steinuttak i denne delen av forekomsten (Figur 7). Strukturer på forkastningsplanet viser at bergartene på østsiden er noe forskjøvet i sydlig retning samtidig som de har sunket ned.

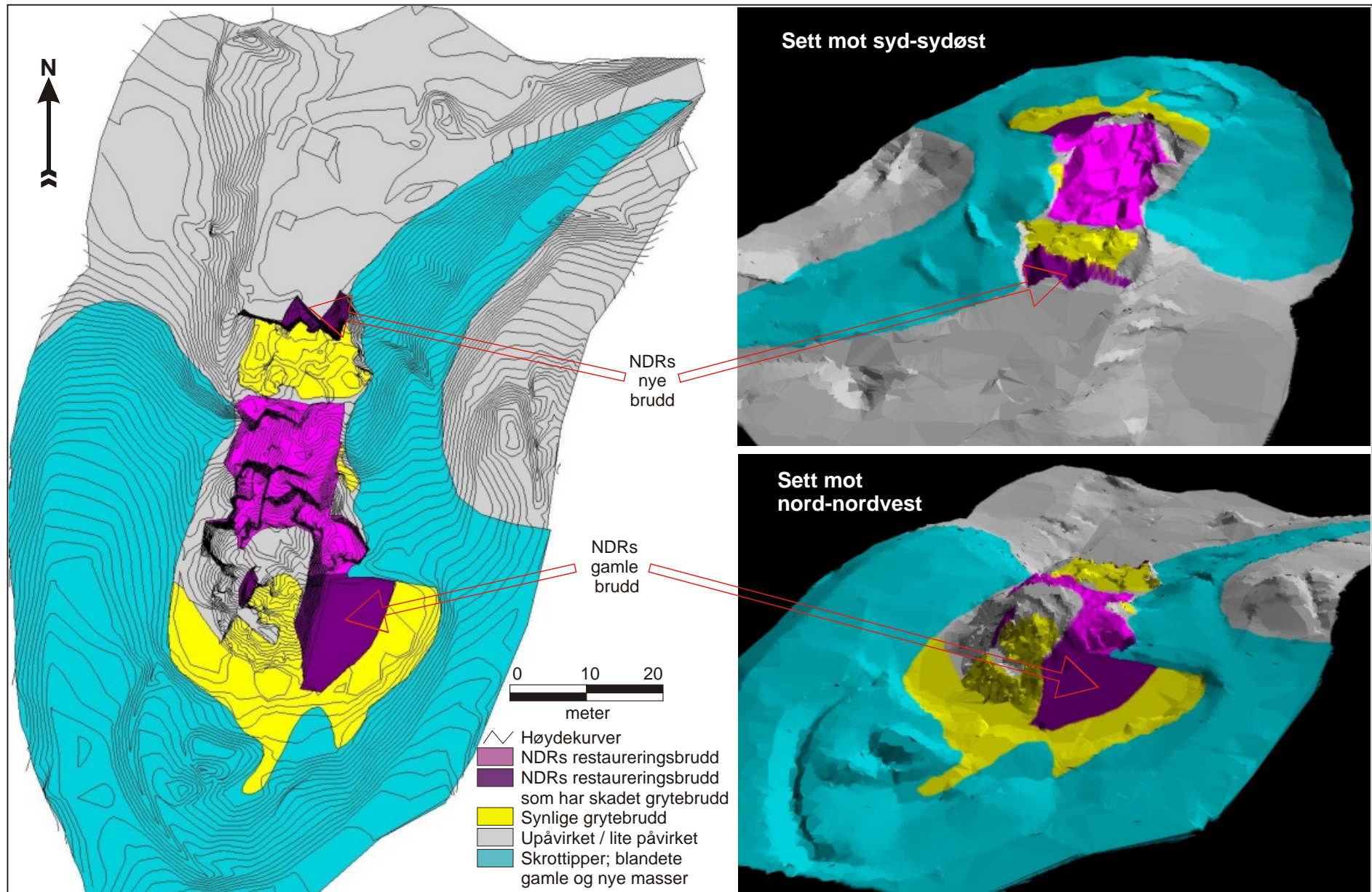
3. NDRs RESTAURERINGSDRIFT

Bubakkforekomsten ble oppdaget i slutten av 1940-årene og satt i drift av NDR i 1952 for ulike restaureringsformål ved Nidarosdomen (Storemyr 1997b). Frem til 1969 var det regelmessig drift i sommersesongen. Driften foregikk hovedsakelig på østsiden av den markerte bergkollen som stikker opp midt i forekomsten (Figur 7, Figur 8 og Figur 9). Etter at det ble påvist spor av gammel grytsteinsdrift, nedla Oldsakssamlingen i 1969 forbud mot videre drift, med en tilføyelse om at man ikke motsetter seg uttak av "...noe mer kleber på steder i berget hvor det ikke kan påvises spor etter gammel virksomhet...". I 1970 ble det gitt tillatelse til å ta ut noen steinblokker til Kongefigurene på Nidarosdomens vestfront, trolig fra bruddets sydlige forlengelse. Etter dette ble driften innstilt og bruddområdet i den sydøstlige delen av forekomsten fylt igjen. Løsmasser fra avdekking av forekomsten for den tidlige restaureringsdriften ble trolig lagt opp i den ca. 85 meter lange tungeformede fyllingen på vestsiden av knollen. Denne tippen har et areal på omkring 1300 m². Den ligger til dels tett ved klebersteinsforekomsten, og det kan ikke utelukkes at deler av den dekker gamle skrottipper fra grytsteinsdriften.

I 1975 søkte NDR Oldsakssamlingen om å få gjenoppta driften fordi det hadde vist seg vanskelig å finne kleberstein av tilsvarende kvalitet andre steder i landet. Søknaden var basert på geologisk kartlegging og kjerneboring som viste at forekomsten inneholder betydelige mengder stein av en kvalitet som er meget god til NDRs formål (Frigstad 1973, 1975). Oldsakssamlingen ba NDR om å avdekke den nordlige del av forekomsten for å kunne vurdere om eventuell drift ville komme i konflikt med kulturminnevernet. Dette ble gjort i 1976-77, og i 1978 ble driften gjenopptatt i dette området etter muntlig tillatelse. Driften har deretter vært begrenset til denne nordlige del av forekomsten (Figur 10 og Figur 11), med uttak av blokk stort sett annethvert år. I 1982-83 ble til sammen ca. 9700 m³ jord- og steinmasse fjernet for å klargjøre dette området for videre drift. Den 2400 m² store fyllingen (ca. 60 x 40 meter) som er lagt ut på myra omtrent 100 meter syd for forekomsten stammer fra denne masseforflytningen (Figur 12). Den tungeformede eldre fyllingen på vestsiden av knollen ble dels benyttet som transportvei.



Figur 7 Kart og terrengmodeller over Bubakkforekomsten, med oversikt over terrengformer, tekniske inngrep, fast fjell og løsmasser. Ekvidistanse 20 cm.



Figur 8 Kart og terrengmodeller over Bubakkforekomsten, med områdestatus for gamle grytebrudd og NDRs restaureringsbrudd. Ekvidistanse 20 cm.



Figur 9 Serpentinittknollen ved Bubakkforekomsten sett mot nord. Delvis forvitrede grytespor sees i kleberstein og talkrik serpentinit nederst mot vannpytten i forgrunnen. NDRs eldste brudd ligger under vannpytten til høyre i bildet.



Figur 10 Bruddkanten i NDRs nordlige og nyeste brudd i Bubakkforekomsten, sett mot nordøst. Grytespor finnes over størstedelen av platået her og er delvis fjernet under restaureringsdriften.



Figur 11 Bubakkbruddet med steinkran og maskinhus, sett mot syd.



Figur 12 Skrottipp ca. 100 meter syd for Bubakkforekomsten, lagt opp av masser fra NDRs avdekning av den nordlige del av forekomsten i 1976-1977.

4. SPOR ETTER GRYTESTEINSDRIFT

Ved NDRs drift i 1963 ble det funnet spor etter gammel gryteproduksjon under avdekking av forekomstens sydøstre deler (Figur 8). Noe tidligere var det funnet tre forholdsvis godt bevarte trespader samt fragmenter av emner til klebersteinskar. Før dette var det ikke kjent at det fantes spor etter gammel klebersteinsdrift i forekomsten. Arkeologiske undersøkelser pågikk med jevne mellomrom frem til 1969 og resultatene er beskrevet av Skjølsvold (1969). Senere (1976-77) ble det avdekket store felt med spor etter gryteproduksjon også i den nordlige del av forekomsten. Disse ble undersøkt av Lars Stenvik under en felles befarings i 2001 og er av samme type som feltene ovenfor.

Undersøkelsene av Skjølsvold (1969) antydte en produksjon på minst 3-4000 gryter i den delen av forekomsten som inntil da var avdekket, med en sannsynlig dobling når overdekkede områder ble tatt i betraktning. Det senere avdekkede grytefeltet nord i forekomsten forsterker ytterligere inntrykket av en meget omfattende produksjon. Sporene i fjelloverflaten består dels av groper etter gryter som er tatt ut, dels av gryteemner som ikke er løsnet fra berget (Figur 13, Figur 14 og Figur 15), og stedvis rester etter gryteemner som er blitt ødelagt under fremstillingen. I de tilfeller hvor overflateforvitringen er moderat er det meget tydelige huggespor (Figur 13 og Figur 14) etter et hakke- eller teksle-lignende redskap med svakt buet egg og avrundete egghjørner.



Figur 13 Godt bevarte huggespor etter gryteuttak i den nordlige del av Bubakkforekomsten.



Figur 14 Detalj av huggespor, nordlige del av Bubakkforekomsten.



Figur 15 Gryteemner som står igjen på sydsiden av forekomsten, sett mot vest. Overflaten på klebersteinen er forvitret med markert gropdannelse. Detaljene i huggespor er forsvunnet og bare et grovt omriss av gryteemnene er bevart .

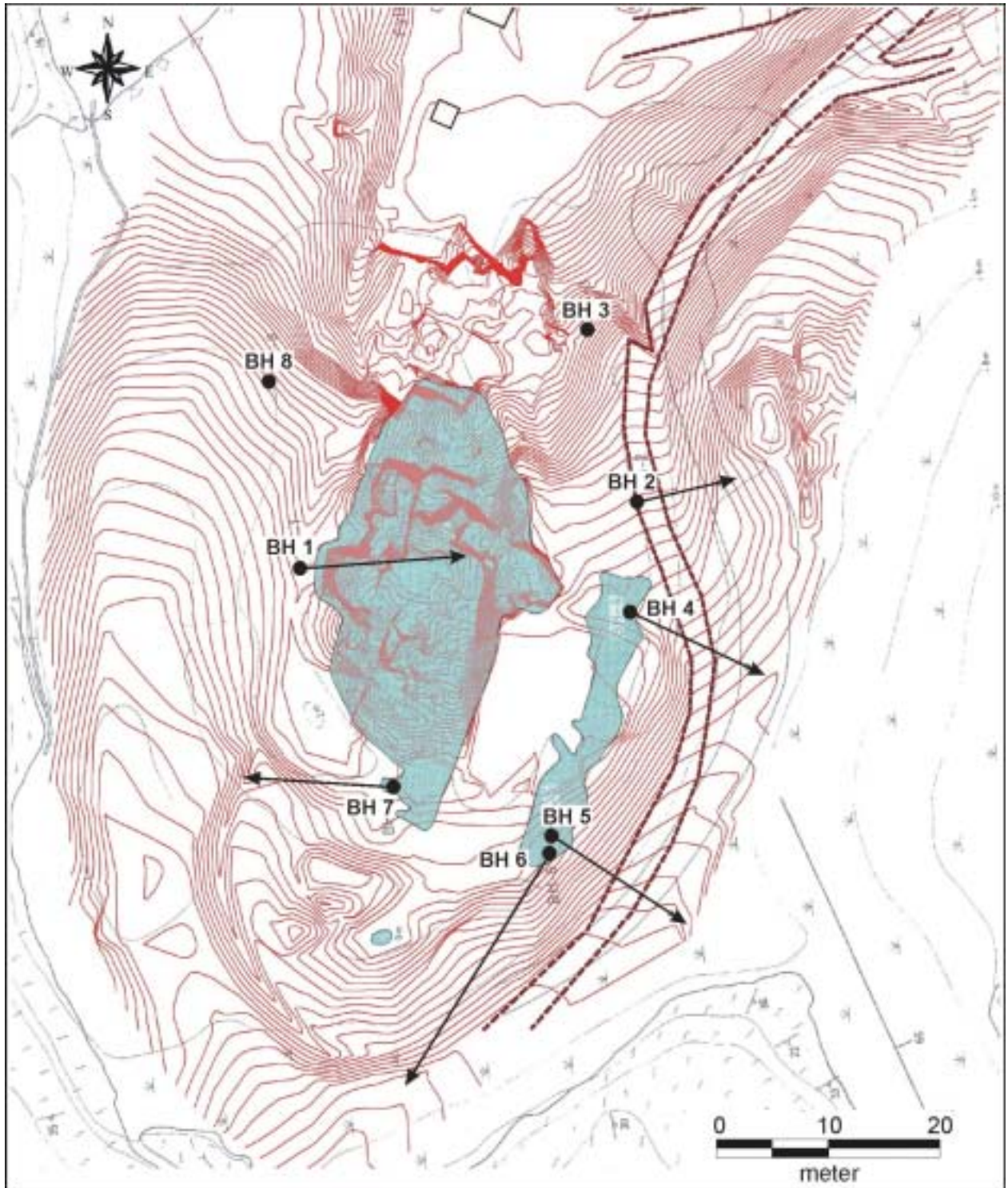
Ifølge Skjølsvold (1969) var grytefeltene på sydøstsiden av forekomsten dekket av et tykt lag med fint, pulverisert kleberavfall fra den gamle grytedriften, til dels blandet med kvabb. Over dette lå et tynt lag av seig, leiraktig kvabb. Dette er en leiraktig jordart med silt og finsand som ble dannet ved slutten av siste istid som avleirning på bunnen av store bredemte innsjøer, og som må være rester etter den opprinnelige overdekningen som ble fjernet under den gamle grytedriften. Total overdekning før NDRs drift var inntil 3,5 meter. I disse avsetningene ble det funnet et stort antall trespader og rester av spader, fragmenter av mer eller mindre bearbeidete klebersteinskar, fragmenter av trefat, en kopp av bjørkenever, og fragmenter av steinkøller. I tillegg ble det funnet godt bevarte bjørkestokker, som trolig var benyttet for å hindre gjenrasning av dype arbeidsgroper i massene av kleberavfall og naturlig overdekning. C14-dateringer av trespader, bjørkestokk og never som ble funnet i avsetningene gav aldre på mellom 490 og 230 år før Kristus, med feilmarginer på 70 til 90 år.

NDRs tidlige drift har påvirket de gamle skrottipene i varierende grad. Fotografier tatt av Skjølsvold i 1965 (se Storemyr 1997b) viser at i alle fall deler av avsetningene på øst-, syd- og vestsiden av forekomsten er forstyrret. Tre- og nevergjenstander ble funnet under prøvegravninger av Skjølsvold (1969) på tre steder like sydvest for forekomsten. Ifølge samme kilde er det påvist kleberavfall over et langt større areal uten at dette er nærmere angitt. Undersøkelsene av Lars Stenvik i 2001 viste rester av tregjenstander også i de mer og mindre forstyrrede avsetningene mellom veien og den nordøstlige delen av klebersteinsforekomsten.

NGUs kjerneboringer i 1974 (Figur 16) gir også noe informasjon om løsmassene på og ved forekomsten (Frigstad 1975). Et borhull (BH-8) på 1,5 meter utenfor brattkanten på vestsiden av forekomsten viser 1,25 meter overdekning. Løsmassene viser ingen spor av kleberavfall som kan knyttes til gammel gryteproduksjon. I nordvest viser BH-8 et 3,0 meter tykt jorddekke, også her uten spor fra grytedriften.

Nordøst for forekomsten ble BH-3 boret gjennom 4,5 meter forvittringsjord fra kleberstein. Ifølge Frigstad (1975) var løsmasser “uten morene eller lag av avfallsrester etter grytedrift”, men avsetningene kan også tolkes som forvitret og fullstendig oppsmuldret klebermateriale fra den gamle gryteteinsproduksjonen.

Dette gjelder også den øverste del av BH-2, som var satt på østsiden av forekomsten med 50° fall mot øst (Figur 16). Her ble det først boret gjennom 2 meter “forvittringsjord fra kleberstein”, noe vi tolker som materiale fra gryteteinsdriften. Videre ned fantes 1,8 meter morene, som trolig er naturlige løsmasseavsetninger. Dette betyr at det ikke har vært gryteteinsproduksjon på dette stedet, men at skrotmasser fra nærliggende drift (i syd?) har vært deponert oppå de naturlige løsmassene på stedet. Fra 3,8 til 7,5 meter gikk BH-2 gjennom talkrik kleberstein, og videre ned i løsmasser igjen. Ifølge Frigstad bestod løsmassene her av naturlig forvittringsjord og morene, som var avsatt i en 4-5 meter dyp forsenkning i berggrunnen. Det er usannsynlig at denne forsenkningen har sammenheng med gryteteinsdriften, etter som dette er helt i randsonen av forekomsten og klebersteinen her er av dårlig kvalitet (Frigstad 1975).



Figur 16 Kart over boringer foretatt av NGU i 1974 (Frigstad 1975). Frigstads kart er tilpasset det nye GPS-baserte topografiske kart over Bubakkforekomsten med ekvidistanse 20 cm. Områder med bart fjell i 1974 er farget med lyst grønt. Borhullenes horisontalprojeksjon er angitt med piler. Posisjon av borhull og blotninger er inntegnet fra Frigstads opprinnelige kart basert på feltoppmålinger, og kan være noe feil i forhold til den nye GPS-topografien.

5. FORVITRING

De blottede bergartene i forekomsten bærer tydelig preg av forvitring. Serpentinitten og den serpentinrike klebersteinen i selve knollen viser en sterk avskalling eller "flassing" langs overflaten. Karbonatårer i serpentinitten er i mange tilfeller omgitt av samme type flass-aktige forvitring som det vi ser på overflaten av bart fjell i forekomsten (Figur 17), mens andre årer er omgitt av frisk bergart. Trolig skyldes dette at karbonatårene på ulike tidspunkt har gitt mulighet for inntrengning av vann og luft som har fremskyndet forvitringen. Dersom vi antar at forvitringen ikke er eldre enn fra slutten av siste istid, vil de tykkeste forvitringssonene rundt slike årer gi en antydning om minimum forvitringshastighet. I noen tilfeller har forvitringen gått mer enn 10 centimeter ut fra karbonatårene, hvilket antyder en forvitringshastighet på minimum 1 centimeter pr. 1000 år. Forvitringshastigheten på bart fjell på overflaten har trolig vært vesentlig høyere.

Den egentlige klebersteinen er oftest mindre forvitret enn serpentinitten. Forskjellen i forvitringsgrad skyldes i stor grad at de harde serpentinrike bergartene i den oppstikkende knollen var blottet og utsatt for kontinuerlig forvitring helt siden istiden. Klebersteinen ble avdekket på et mye senere tidspunkt og har etterpå ligget for det meste under beskyttende overdekning. Undersøkelser av ulike typer Bubakkstein brukt i restaureringsarbeidene ved Nidarosdomen (Storemyr 1997a) har vist at under like eksponeringsbetingelser forvitret klebersteinen raskere enn serpentinitten.

Klebersteinen i grytefeltene på sydsiden av knollen er sterkt forvitret etter å ha vært eksponert siden overdekket ble fjernet, trolig i begynnelsen av 1960-årene. Forvitringen har gitt en gropdannelse i centimeter-skala (Figur 18) som er forskjellig fra den flass-aktige avskalling på serpentinitt. En noe mørkere (mer klorittrik?) variant av klebersteinen, som finnes lokalt sammen med den normale lyse typen på kanten av NDRs brudd på østsiden av knollen, er tydelig mer forvitret selv om begge har vært likt eksponert (Figur 19). Grytefeltene nord for knollen har vært eksponert i kortere tid. Området ble avdekket i 1976-77, men eksponeringen har trolig variert en del fordi det stedvis har ligget et tynt lag med sand og leire. Flere steder er overflaten av klebersteinen praktisk talt frisk og har meget tydelige spor etter arbeidsredskaper (Figur 13 og Figur 14), mens det ellers sees avflakning av overflaten og begynnende gropdannelse (Figur 20).



Figur 17 Forvitring av talkholdig serpentinit langs karbonatårer. Årene står igjen som tynne rødlige striper i forvitringssonene. I øvre høyre del av bildet sees samme type årer uten synlig forvitring omkring. Fra vestsiden av toppen på forekomsten, sett mot øst.



Figur 18 Nærbilde av forvitret klebersteinsoverflate med markert gropdannelse, fra grytefelt i sydøstlige del av Bubakkforekomsten. Alle detaljer av huggespor er utvisket av forvitringen.



Figur 19 Kontrast i forvitningsgrad mellom lys grå kleberstein og mørkere grønnlig, (klorittrik?) kleberstein. Tynne rustfarvede karbonatårer sees langs de skarpe kontaktene mellom mørk og lys kleberstein. Fra østkanten av NDRs bruddområde øst i forekomsten, sett mot nord.



Figur 20 Begynnende avskalling av forvitret overflate og etterfølgende gropdannelse i kleberstein i nordlige del av Bubakkforekomsten. Avskallingen gjør at detaljene i huggesporene forsvinner.

6. GEOFYSISKE MÅLINGER

NGU har gjort bakkemålinger med georadar og magnetometer over forekomstens utgående og nærmeste omgivelser. I tillegg er det foretatt georadarmålinger over NDRs skrottepp på myra sør for forekomsten. Det er også gjort laboratoriemålinger av magnetisk susceptibilitet (Lauritsen og Gellein 2002).

Georadarmålingene ble gjort for å forsøke å finne tykkelsen av løsmassene og skille mellom deponert materiale og naturlige avsetninger. Måledataene viser at det i store deler av området er finstoffdominerte løsmasser med relativt høy elektrisk ledningsevne. Slike avsetninger demper energien i georadarbølgene og gjør tolkningen meget usikker. Georadarmålingene har derfor liten nytteverdi i dette tilfellet.

Magnetometriske målinger ble gjort for å finne utbredelsen av eventuell kleberstein og serpentinit under overdekningen. Målingene viste imidlertid at kontrasten i magnetiske egenskaper mellom kleberstein og bergartene omkring er liten i forhold til forskjellene mellom de ulike sidebergarter. Alle klebersteinsvariantene har relativt lav magnetisk susceptibilitet, mens skifrene og amfibolittene omkring forekomsten har til dels lavere og til dels mye høyere susceptibilitet. I tillegg kompliseres det magnetometriske kartbildet av tekniske installasjoner som kran, støttekabler og lignende i bruddområdet. Dette gjør det svært vanskelig å tolke utbredelsen av klebersteinen i overdekkede områder på grunnlag av geofysikken alene.

7. UNDERSØKELSE AV MULIGE DRIFTSOMRÅDER

På grunnlag av den geologiske overflatekartleggingen og geofysikkmålingene anslo Grenne og Heldal (2001) utbredelsen av sikre, sannsynlige og mulige (spekulative) forekomster av kleberstein og serpentinit under løsmassene. Potensielle uttaksområder for NDR vil være i de deler av forekomsten der det antas å ikke forekomme spor etter grytedriften eller der hvor grytesporene allerede er ødelagt. Tre områder ble avgrenset (Figur 21):

Område A ligger på østsiden av den markerte bergkollen og omfatter det eldste av restaureringsbruddene. Bruddet ble fylt med jord og stein da NDR avsluttet driften her i 1970. Det fremstår i dag som et grunt vannfylt hull, avgrenset i vest av et forkastningsplan, i øst og sør av vertikale bruddvegger. Det antas at sømboring og utkiling har vært uttaksmetode. Feltet er omgitt av store områder med grytespor i sydvest, syd og øst, og skrottepp med mulige grytebrudd under i nord. Realistisk uttaksareal vil være omtrent 15 x 6 meter, noe som kan gi 165 m³ brutto råmateriale pr. dybdemeter. For å få adgang til feltet må nivået på skrotmassene under vegen nord for bruddet senkes, med risiko for å ødelegge historisk materiale. For å unngå ødeleggelse av de synlige grytesporene kan uttaket kun foregå i bunnen av bruddet. Dette vil gi et trangt uttak med stabilitetsproblemer og fare for utrasning. Alternativet vil være kostbart og driftsteknisk vanskelig, samtidig som en ikke kan utelukke at arkeologiske spor blir ødelagt.

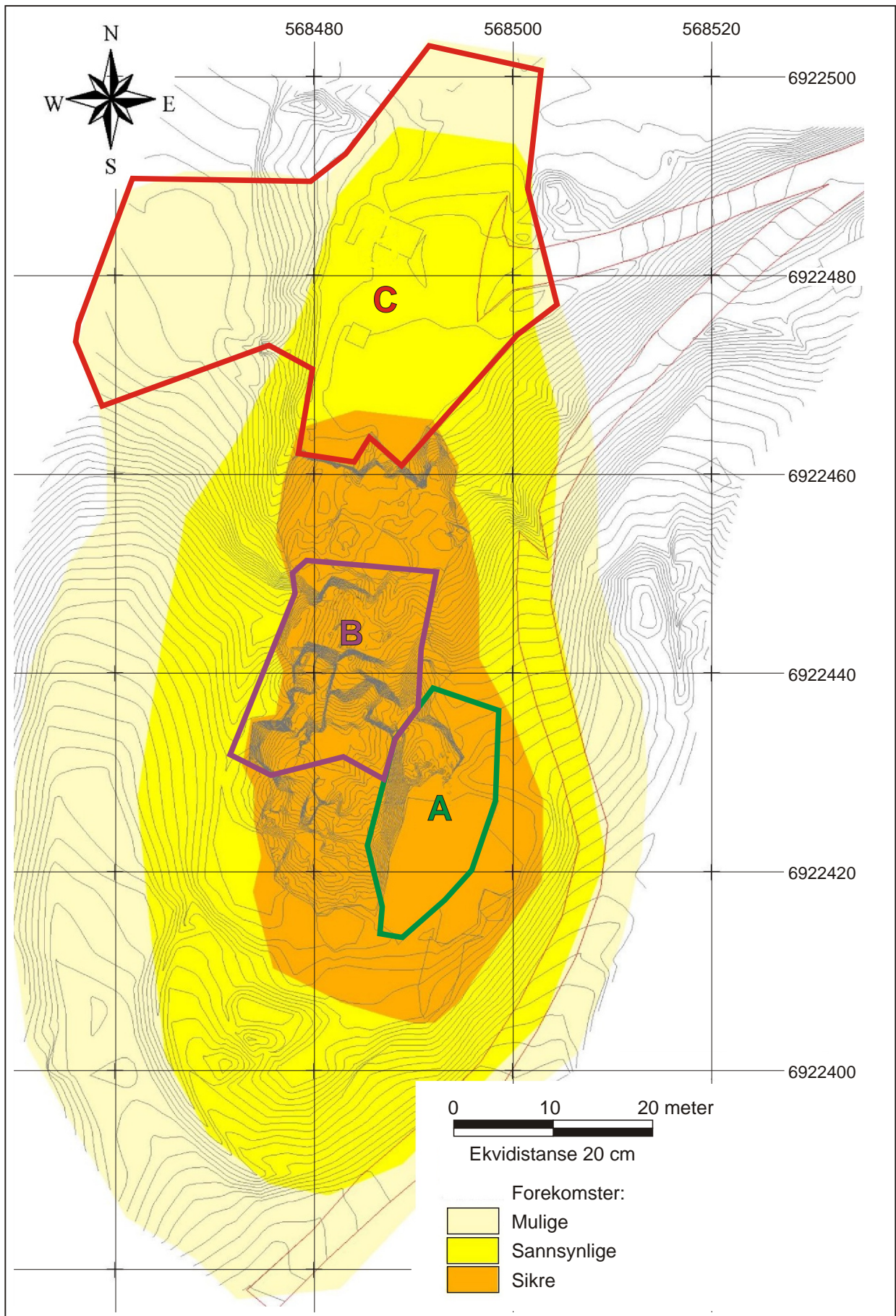
Område B utgjør toppen og nordsiden av kollen med serpentitt og serpentinrik kleberstein – dvs. de hardeste variantene av Bubakksteinen. Mesteparten av feltet er tidligere utnyttet i restaureringsdrift. Også dette feltet er nesten “omringet” av spor etter grytedrift; spor i fast fjell er observert både nord, øst og sør for feltet. På sydvestsiden finnes skrottepp med mulig arkeologisk materiale og mulige grytebrudd under denne. Bare direkte

vest for feltet er det naturlige løsmasser, tilsynelatende uten spor etter den gamle grytedriften. Feltet med serpentitt og serpentinrik kleberstein er ca. 20 meter langt og 12 meter bredt. Brutto finnes ca. 2000 m³ råstoff (regnet ned til nivået til de nordlige grytefeltene). Imidlertid er den sydøstlige delen av dårlig blokkkvalitet (tette karbonatårer). Et mer realistisk anslag på tilgjengelig volum av stein av tilstrekkelig kvalitet (vesentlig serpentinit) er brutto 500 m³. Mange åpne sprekker i steinen gir en naturlig avgrensning av nærmest rundete blokker innenfor feltet, og et "trangt" uttak med steile bruddvegger kan medføre risiko for utrasning. Dersom en skal sikre mot dette uten å berøre grytefeltene direkte vil råstoffmengden i feltet bli ytterligere redusert. Totalt sett vurderes også dette feltet som vanskelig, da både kvalitetsmessige, driftstekniske og arkeologiske hensyn vil snevre inn muligheten til å ta ut restaureringsblokk betydelig.

Område C utgjør feltet nord for påviste grytebrudd og restaureringsbrudd, dvs. fra sålen i det siste restaureringsbruddet og nordover (Figur 22). Området ligger delvis under myr, men de øvre 2,5-3 meter av myra er fjernet i et sletteformet område rundt NDRs kran. Ifølge Lars Stenvik (muntlig meddelelse, september 2001) er det usannsynlig at det finnes grytebrudd i fast fjell under løsmassene. Fjelloverflaten i hele dette feltet ligger lavere enn antatt "gammelt" nivå for myra, som før NDRs drift lå delvis under et grunt tjern og må ha vært helt umulig å avdekke i perioden med gryteproduksjon.

Det finnes ikke fast fjell blottet i feltet, men den geologiske kartleggingen i 2001 viste at det er et sannsynlig potensiale for kleberstein under myra og i området omkring kranen som står nord for bruddet. Størrelsen på det potensielle klebersteinsområdet er beregnet å være inntil ca. 30 x 40 meter, med svært usikker utstrekning og kvalitet (Grenne og Heldal 2001). Totalt inneholder området *sannsynlige reserver* med 450 m² utgående, og i tillegg *mulige reserver* på omkring 380 m².

Fordi område C trolig er det eneste hvor det er mulig å drive uten direkte å berøre arkeologiske spor i forekomsten, ble det planlagt kjerneboring for å få bedre kunnskap om kvalitet og utbredelse av eventuell kleberstein her. Boringene ble gjennomført i august 2002 med NGUs LITO-rigg og 35 millimeter kjernediameter. Det ble boret fire hull med lengder på 6,5 til 11 meter (Figur 23 og Tabell 1).



Figur 21 Forekomstens sannsynlige utbredelse og potensielle driftsområder. Fra Grenne og Heldal (2001). Koordinatnett er UTM WGS84.

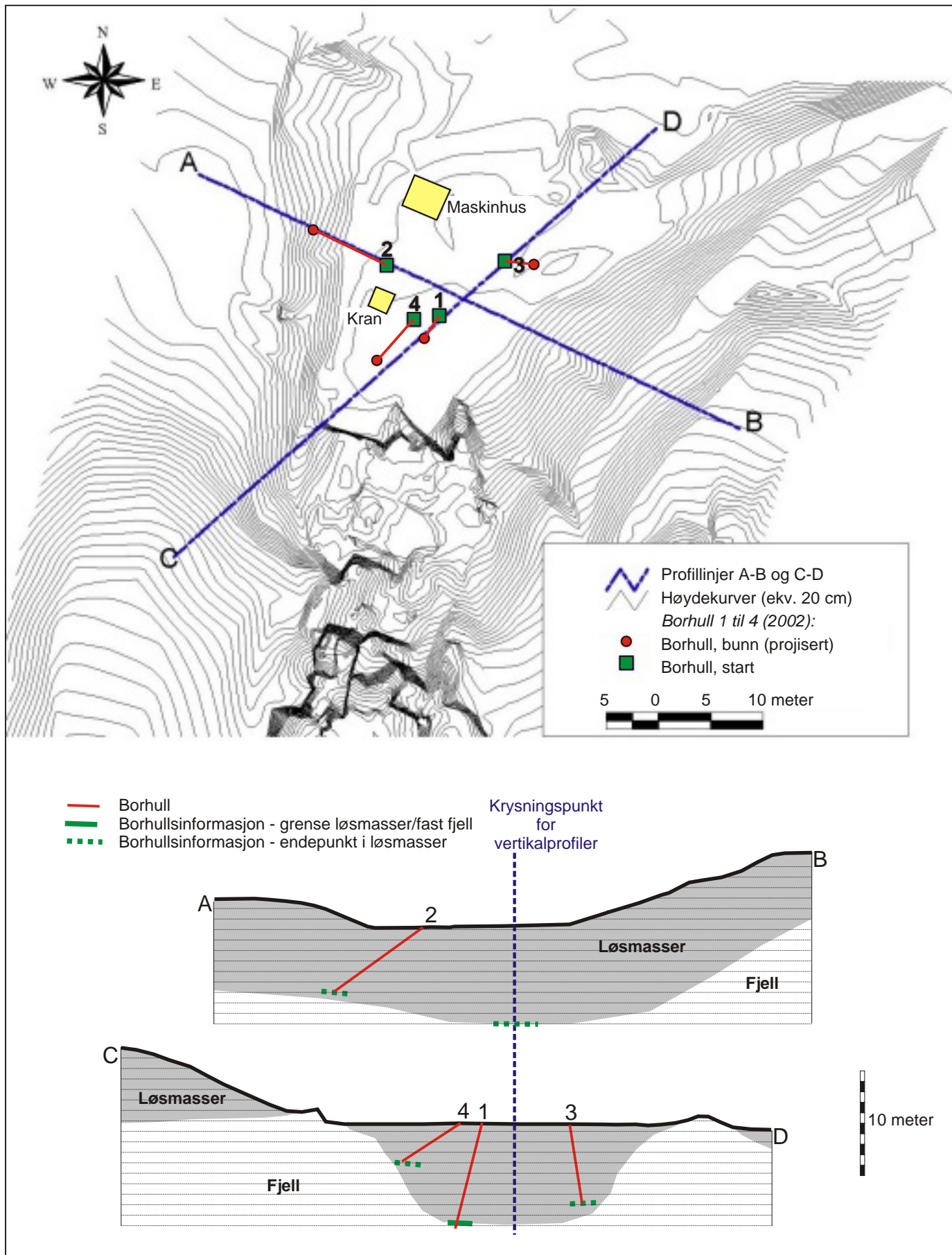


Figur 22 Oversikt over nordlige del av Bubakkforekomsten sett mot øst. Området omkring steinkran og borerigg bestod opprinnelig av myr som er delvis fjernet under NDRs seneste driftsperiode. Blotningene til venstre for maskinhuset består av glimmerskifer og avgrenser klebersteinsforekomsten mot nord.

Borhull 1 ble påsatt nært kranen og med steilt fall mot den gamle bruddkanten. Her er det trolig minst dyp til fast fjell fordi det tidligere er fjernet 2-2,5 meter overdekning. Boringene viste imidlertid at det er løsmasser helt ned til 9,8 meter, noe som tilsvarer et vertikalt dyp på 9,5 meter. Under dette er det en skifrig kleberstein (“talkskifer”) bestående av talk og karbonat med mindre mengder grønn glimmer og sulfidmineraler. Borhull 2 ble påsatt med slakere fall i vestlig retning for å treffe antatt kleberstein under myra, men ble avsluttet på 11 meters lengde uten å ha truffet fast fjell. Dette svarer til et dyp til fjell på mer enn 7,8 meter i forhold til bakkenivå ved kranen, og minst 10 meter under myroverflaten. Borhull 3 ble plassert på sletten nordøst for kranen med fall mot øst, og ble avsluttet på åtte meters lengde uten å treffe fjell. Borhull 4 ble påsatt så langt mot sydvest som mulig og ble boret med slakt fall mot bruddkanten. Det måtte avsluttes på 6,5 meter uten å ha nådd ned i fast fjell, hvilket betyr at i en avstand av bare 2,5-5,5 meter fra bruddkanten (målt langs bakkenivå på sletten) er det minst 3,8 meter ned til fjelloverflaten.

Tabell 1 Koordinater, orientering og lengde på borhull ved Bubakk klebersteinsforekomst 2002.

Bh nr.	UTM øst	UTM nord	Retning	Fall	Jord	Fjell	Lengde	Dyp til fjell (vertikalt)
1	568495,3	6922469,0	212°	75°	0-9,8 m	9,80-10 m	10,0 m	9,5 m
2	568490,3	6922473,8	295°	45°	0-11,0 m	-	11,0 m	>7,8 m
3	568501,6	6922474,2	99°	69°	0-8,0 m	-	8,0 m	>7,5 m
4	568492,9	6922468,6	222°	36°	0-6,5 m	-	6,5 m	>3,8 m



Figur 23 Kart og tolkede vertikalprofiler over Område C, nordlige del av Bubakk-førekomsten, med plassering av borhull fra NGUs boringer i 2002. Vertikalprofilene viser borhullene projisert i profilretningen. Løsmasser i grått.

I alle borhullene bestod løsmassene i det vesentlige av meget finkornig, leirholdig kvabb, med noen få steiner av “fremmede” bergarter (glimmerskifer og kvartsitt). Materiale fra klebersteinsforekomsten er ikke funnet. Løsmassene tolkes som naturlige avsetninger, dannet på slutten av siste istid ved avleiring på bunnen av en bredent innsjø.

Ettersom de fire første borhullene viste at det er meget store løsmassetykkelser som vil vanskeliggjøre drift i en vesentlig del av område C, ble det i samråd med NDR bestemt å avslutte boringene i dette feltet. NDR vurderte at det heller ikke var relevant å foreta boringer i de øvrige felt hvor UO hadde gitt boretillatelse. Risikoen for skader på terreng eller kulturminner ble videre ansett å være høy i forhold til verdien av eventuell arkeologisk/geologisk informasjon fra slik boring. Av denne grunn ble bare fire av de ni godkjente hull boret.

Den store tykkelsen på løsavsetningene i område C viser at fjelloverflaten faller steilt nordover fra den gamle bruddveggen. Fjellet ligger mye dypere enn beregnet fra georadar-målingene, som antydte en løsmassetykkelse på mellom to og fire meter i dette området. Det er sannsynlig at feilen i måleresultatene skyldes løsmassenes innhold av leire som påvirker georadar-bølgene. Slike problemer ble påpekt av Lauritsen og Gellein (2002) for andre deler av måleområdet. Boringene viser at det er en meget markert forsenkning i fjelloverflaten som ikke har sammenheng med menneskelige inngrep. Det er sannsynlig at dette naturlige søkket er dannet langs en svakhetszone i berggrunnen, og at det er en nord-nordvestlig fortsettelse av den dype “grøften” som ble påvist på østsiden av forekomsten ved boringene i 1974 (Frigstad 1975).

8. KONKLUSJON

Område C (forekomstens nordlige del) kan inneholde betydelige reserver av kleberstein som i dag er dekket av naturlige løsavsetninger (myr og kvabb). Det er lite sannsynlig at uttak av stein herfra vil berøre de gamle grytebruddene eller skrotmasser knyttet til grytesteinsdriften. Kleberstein er påvist i ett borhull i dette feltet, men er av en skifrig type som er uegnet for NDR. Boringene viser også at dypet til fast fjell er omkring 10 meter og kanskje mer i store deler av feltet. Drift på denne del av forekomsten vil derfor være driftsteknisk vanskelig og kreve meget store kostnader.

Restaureringsdrift innenfor øvrige deler av forekomsten vil medføre stor risiko for ødeleggelse av arkeologiske spor.

9. REFERANSER

- Alnæs, L.-I. 1994: Kvalitet og bestandighet av naturstein. Påvirkningsfaktorer og prøvemetoder. *Dr.Ing.-avhandling. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Institutt for geologi og bergteknikk.* 438s .
- Frigstad, O.F. 1973: Undersøkelse av klebersteinsforekomst, Bubakk, Tynset kommune, Hedmark fylke. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 1211.* 15s.
- Frigstad, O.F. 1975: Diamantboring av klebersteinsforekomst, Bubakk, Tynset, Hedmark. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 1312.* 24s.
- Grenne, T. og Heldal, T. 2001: Fremtidige driftsmuligheter og kulturminnevern i Bubakk klebersteinsforekomst, Kvikne. Foreløpig rapport. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 2001.110.* 16s.
- Lauritsen, T. og Gellein, J. 2002: Geofysiske målinger i forbindelse med undersøkelse av Bubakk klebersteinsforekomst, Tynset kommune, Hedmark. *Norges geologiske undersøkelse Rapport 2001.109.* 32s.
- Nilsen, O. 1974: Mafic and ultramafic inclusions from the initial (Cambrian?) volcanism in the central Trondheim region, Norway. *Norsk Geol. Tidsskr.* 54, 337-359.
- Skjølsvold, A. 1969: Et keltertids kleberstensbrudd fra Kvikne. *Viking*, 201-238.
- Storemyr, P. 1997a: The stones of Nidaros. An applied weathering study of Europe's northernmost medieval cathedral. *Dr.Ing.-avhandling. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet, Institutt for arkitekturhistorie.* 374s.
- Storemyr, P. 1997b: Kleberbruddet på Bubakk ved Kvikne. *Internt NDR notat 22.07.97.*