

# Gamle Tingelstad

– liten kirke med stort innhold

Redaktør  
Morten Stige

Bilderedaktør  
Kjartan Hauglid

Gran kirkelige fellesråd  
Instituttet for sammenlignende kulturforskning  
2020



*Østveggen. Foto: Kjartan Hauglid*



# Vulkaner og blekkspruter

## – Kirkegeologien i Tingelstad og på Hadeland

Per Storemyr og Ragnar Knarud

Tingelstad gamle kirke ble bygd tidlig på 1200-tallet og betegnes gjerne som en romansk kirke med tidlig-gotiske trekk. Kirken har aldri tidligere blitt detaljert undersøkt med tanke på hvor steinene til byggingen kom fra. Man har nøyd seg med å beskrive steinene som lite bearbeidet («tuktet») og antydnet at de kan ha vulkansk opprinnelse eller bestå av «kalkstensblokker». Kunnskapen om stein i Tingelstad hviler også på Sven Rosborns langvarige studier av de nærliggende Søsterkirkene og Steinhuset på Granavollen. Støttet av observasjoner gjort av Johannes Dons hevdes det at stein fra Søsterkirkene, både mørk vulkansk stein og lys kalkstein (pentameruskalk), er blitt gjenbrukt i Tingelstad, spesielt i koret. Årsaken til dette skal være at ombygging av Nikolaikirken på Granavollen ga stein til overs.

Ved studier av Tingelstad i september 2017 kunne denne teorien delvis avkreftes. Med unntak av en eneste stein, er ikke den spesielle pentameruskalken benyttet i murverket på kirken. Men det kan ikke helt avvises at litt mørk vulkansk stein kan være ført fra Nikolaikirken. Studiene ga imidlertid først og fremst et vell av ny kunnskap om bruk av lokal stein, fra de umiddelbare omgivelsene til den vakkert beliggende kirken, omkring gårdene på Tingelstad og innen Hadeland Folkemuseums område. Det dreier seg både om vulkansk stein og spesielt om lys ortocerkalkstein med fine fossiler av blekkspruter. Det dreier seg

også om løsblokker av gneis og, helt underordnet, noen få marmorblokker (kontaktmetamorf) – samt rød sandstein (ikke lokal).

I denne artikkelen vil vi beskrive murverket og steintypene, samt gi en tolkning av hvor de kan være brutt ut av fjellet eller samlet på marken. Vi støtter oss til visuelle observasjoner av kirken og av den lokale og regionale berggrunnen, samt befaringer av Søsterkirkene. Det er ennå ikke utført geologiske (petrografiske, mineralogiske, geokjemiske) analyser for å få bekreftet proveniens til steinene. Vi må altså ta noen forbehold når vi tolker materialet og når vi begir oss ut på tolkning av hva bruken av stein kan fortelle om byggeprosessen.

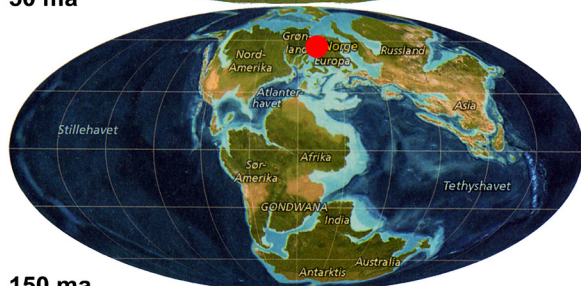
### Oslofeltet og Hadelands geologi

Fra Oslo, over Hadeland mot Toten og i Mjøstraktene, var det først og fremst kalkstein som ble benyttet som byggemateriale i middelalderens murverksbygg. Dette er et pust fra europeiske byggetradisjoner og et resultat av store forekomster av god kalkstein langs flankene av det geologiske Oslofeltet (Fig. 3). Arkitekturen til de romanske og tidlig-gotiske steinkirkene er enkel. Det var ikke noe stort behov for å bruke f.eks. lett bearbeidbar kleberstein til dekorative elementer, noe som ellers var vanlig i landet, spesielt langs kysten fra Agder til Trøndelag. Dette har med tradisjon og byggestil å gjøre, for det er ikke mangel på gode kleber-

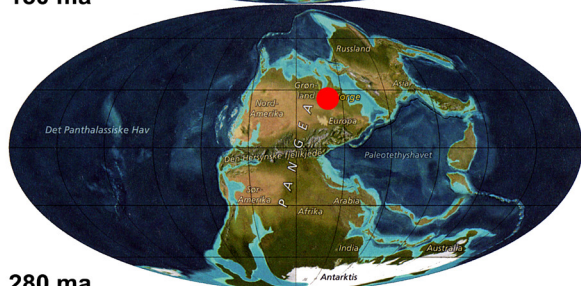
## FAKTA:



50 ma



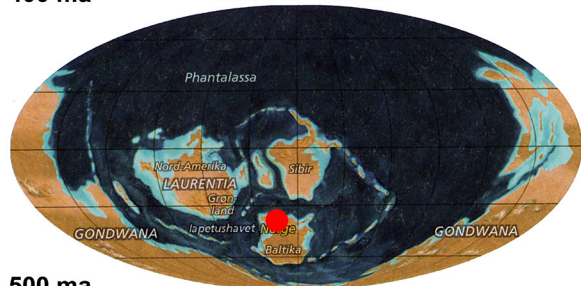
150 ma



280 ma



400 ma



500 ma

## KORTREIST STEIN – langreist berggrunn

Opprinnelig ble kalksteinene på Tinglestad og Søsterkirkene avsatt i et grunt hav-område som lå mellom 30 og 40 graders sydlig bredde for mer enn 450 millioner år siden. Ved kontinentaldrift har de beveget seg nordover og ligger nå rundt 60 grader nord.

Ved platekollisjonen for 400 millioner år siden, da «Norge» beveget seg opp mot ekvator, under dannelsen av den gigantiske Kaledonske fjellkjeden, ble kalksteiner skjovet flere titalls mil inn fra vest. De kom trolig fra et sted nær dagens Jotunheimen.

Senere, i perm, for 250-300 millioner år siden, ble Osloriften dannet ved massiv vulkanisme. Her har vi opprinnelsen til de vulkanske steinene på kirkene. Da hadde «Norge» beveget seg nord for ekvator. «Reisen» fortsatte da Atlanterhavet åpnet seg for 50 millioner år siden. Landet har altså beveget seg 90 breddegrader på 450 millioner år.

Så selv om det er kortreiset byggestein på Tinglestad kirke, må vi kunne betegne berggrunnen som ytterst langreist!

*Illustrasjonen viser hvordan kontinentene har beveget seg gjennom 500 millioner år. Som vi ser har «Norge», markert med rød prikk, lagt på kontinentet Baltica (Det baltiske skjold). Rekonstruksjonene er laget av Ron Blakey og finnes i boken «Landet blir til. Norges geologi» (Ramberg, Bryhni og Nøttvedt, red. 2007)*





Fig. 1: Grubling om stein i Tinglestad gamle kirke høsten 2017. Foto: Per Storemyr.



Fig. 2: Nordsiden av Tinglestad gamle kirke. Foto: Per Storemyr.

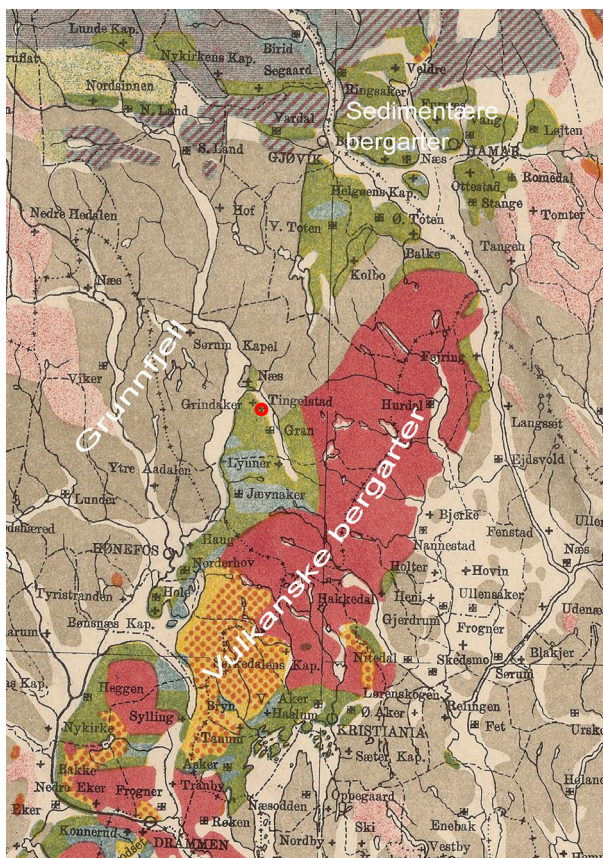


Fig. 3: Den nordre delen av Oslofeltet med sine vulkanske og sedimentære bergarter. Utsnitt av «Geologisk oversiktskart over det sydlige Norge», utgitt av NGU i 1878. Tinglestad er merket med rødt.

steinsforekomster på Østlandet, også i nærheten av Tinglestad (Berger gård på Jevnaker) og nord for Nesgårdene i Røykenvika.

## Kalkstein i Oslofeltet

Kalksteinene i Oslofeltet er del av den mektige, sedimentære lagrekken fra periodene kambrium, ordovicium og silur (540-420 millioner år siden). Her finner vi gamle kjenninger i «kirkegeologien», for eksempel massiv mjøskalk, en korallkalkstein som er så viktig omkring Hamar (Hamar domkirke), og ortocerkalkstein, bergarten som er oppkalt etter blekkspruten med langstrakt kremmerhusskall, ortoceras. Ortocerkalken er en god byggestein og var i utstrakt bruk i Oslo (Gamle Aker kirke, Hovedøya kloster, Akershus festning), men også så langt nord som på Ringsaker, der man finner tilsvarende forekomster.

Massiv ortocerkalkstein fra ordovicium er det flust av også på Hadeland, nærmere bestemt i de nordlige deler av landskapet. Her er bergarten foldet og sterkt gjennomslått av forkastninger, slik at den står som «tarmer» fra Jaren-Brandbuområdet og inn mot vest i de kalkholdige leirskifrene som dominerer geologien i det bølgende landskapet. En av disse tarmene av ortocerkalk befinner seg i Tinglestad, til og med rett under kirken (Fig. 4).





Fig. 4: Geologien omkring Tingelstad og Granavollen. Bearbejdet kart fra NGU ([http://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)).





Fig. 5: Nikolaikirken på Granavollen, stort sett bygd med svært velhogde kvaderstein av pentameruskalkstein (lys) og vulkansk stein (diabas). Foto: Per Storemyr.

Mange leirskifre, tynnbenkede sandsteiner, «knollekalker» og ulike typer kalksteiner på Hadeland egner seg ikke på samme måte til kirkebygging som ortocerkalksteinen. De er for oppflisede og forekommer i for tynne lag. Men sør for Granavollen støter vi på et høyledrag med en god byggestein, nemlig pentameruskalken fra silur. Det er en massiv kalkstein med fossiler av store mengder brachiopoder (armfotinger). Nettopp denne finner vi som lys kvaderstein i den svært velbygde Nikolaikirken på Granavollen (Fig. 5).

## Vulkanske stein

Nikolaikirken er en spesiell basilika. Koret (og tårnet) ser delvis ut som et lappeteppes av lys og mørk kvaderstein; det er fordi det ble ombygd og

utvidet etter den første byggeperioden på 1100-tallet. Mens den mørke, harde vulkanske steinen ble benyttet i den første perioden, tok man i bruk pentameruskalken i den andre, og pluss på med mørk stein her og der, ganske sikkert gjenbrukstein fra det gamle koret. Det er vulkansk stein som preger kjernen av Oslofeltet, fra Vestfold og helt opp mot Mjøsa (Fig. 3). Vulkanismen fant sted i perioden perm (300-250 millioner år siden) ved såkalt «rifting» – storstilt oppsprekking av jordskorpa i Det baltiske skjold, fulgt av massiv vulkansk aktivitet. Dette er første del av prosessen når et kontinent deler seg. En sammenligning er Den østafrikanske rift, der det tilsvarende skjer i dag. Men mens vulkanismen i Oslofeltet etter hvert roet seg og kontinentet forble samlet, så

ser det ut til at Østafrika en gang i fremtiden vil skille seg fra resten av Afrika.

Vulkanismen skjedde ikke bare i kjernen av Oslofeltet, men også langs flankene. På Hadeland trengte flere vulkaner gjennom de gamle sedimentære lagrekkene, vi kjenner dem i dag som Brandbukampen, Sølvberget, Buhammeren, Kjekshustoppen og Ballangrudsæterhøgda (Fig. 3 og 4). Det dreier seg om «plugger», altså en del av tilførselsrørene til vulkanene. Vulkankjeglene med lava og tuff er for lengst erodert vekk – de kan ha vært så mye som 2000 meter høyere enn dagens landskap. Men vulkanismen ga ikke bare plugger og lava, den ga også svermer av tynnere, vulkanske ganger som trengte seg inn langs og på tvers av de sedimentære lagene (Fig. 6).

Det finnes et stort antall slike ganger på Hadeland, systemet er så intrikat at de aller fleste gangene ikke er markert på de geologiske kartene. Men når vi aner langstrakte forhøyninger i terrenget, kan det være et tegn på at det går en gang – tykk eller tynn – i området. En tykk forekomst har vi f.eks. på Helgum, rett sørvest for Granavollen (Fig. 4). Her antar Johannes Dons at den mørke steinen i Nikolaikirken kan ha vært brutt. En annen gang befinner seg rett nord for Tingelstad gamle kirke, som del av toppen (Grimshaugen) i museumsområdet til Hadeland Folkemuseum – der gravhaugen «Halvdanshaugen» ligger. Dette skal vi komme tilbake til.

Pluggene er dominert av *essexit*, mørk og grovkornet gabbro. Men det er store variasjoner i sammensetning og utseende til både pluggene og alle gangene. Vi finner både mørk *diabas* og lysere, grålig til dyp lilla *mænaitt*. Diabas er en gangbergart med samme kjemiske sammensetning som gabbro, men mer finkornet. Tilsvarende er *mænaitt* en mer finkornet utgave av syenitt (Fig. 6). Det må nevnes at diabas og flere andre vulkanske bergarter på Hadeland og i Oslofeltet

ellers ofte har spesifikke navn på grunn av små variasjoner i kjemisk/mineralogisk sammensetning; vi benytter oss i denne artikkelen av mer gjengse betegnelser.

Kornstørrelse og farge på de vulkanske bergartene et resultat av både sammensetningen til magmaet og hvordan avkjølingen foregikk: Jo langsommere, desto mer grovkrystallin blir bergarten. Det antas at *mænaitt* er gangbergarter fra Nordmarka, i kjernen av Oslofeltet, mens *diabas* kommer fra de senere utviklede vulkanene på Hadeland selv. Alle de vulkanske bergartene kan for øvrig være porfyriske; det vil si at de kan inneholde større mineraler (fenokrystaller) i en finkrystallin grunnmasse. Disse fenokrystallene kan bestå av f.eks. feltspat, zeolitt, amfibol og pyroksen. Slike mineraler forvitrer lett på overflaten og langs sprekker. Da ser steinen porøs og «hullet» ut.

Mangfoldet av vulkanske bergarter kan vi tydelig se på Tingelstad gamle kirke og på Søsterkirkene, spesielt på Mariakirken. Et tilsvarende mangfold kan vi oppleve bl.a. på Hovedøya kloster i Oslo. Her er også kalkstein (og sandstein) gjennomslått av vulkanske ganger (diabas). Alle disse steinene, og også istransportert markstein, var brukbare til bygging og dermed fikk klosteranlegget en mangfoldig «geologi».

Når en vulkansk plugg eller gang trenger seg gjennom et kalksteinslag blir kalksteinen sterkt oppvarmet, ofte så sterkt at den omvandles til marmor. Jo større pluggen eller gangen er, jo mer omfattende vil denne kontaktmetamorfosen eller «steikeprosessen» være. Dette fenomenet har gitt utgangspunkt for «Hadelandmarmor», bl.a. fra steinbruddet ved Buhammeren. Bruddet var i sporadisk drift fra slutten av 1800-tallet til langt inn på 1900-tallet. Vi kjenner også til at det fantes brudd og steinsag ved Olimb i Østre Jevnaker.



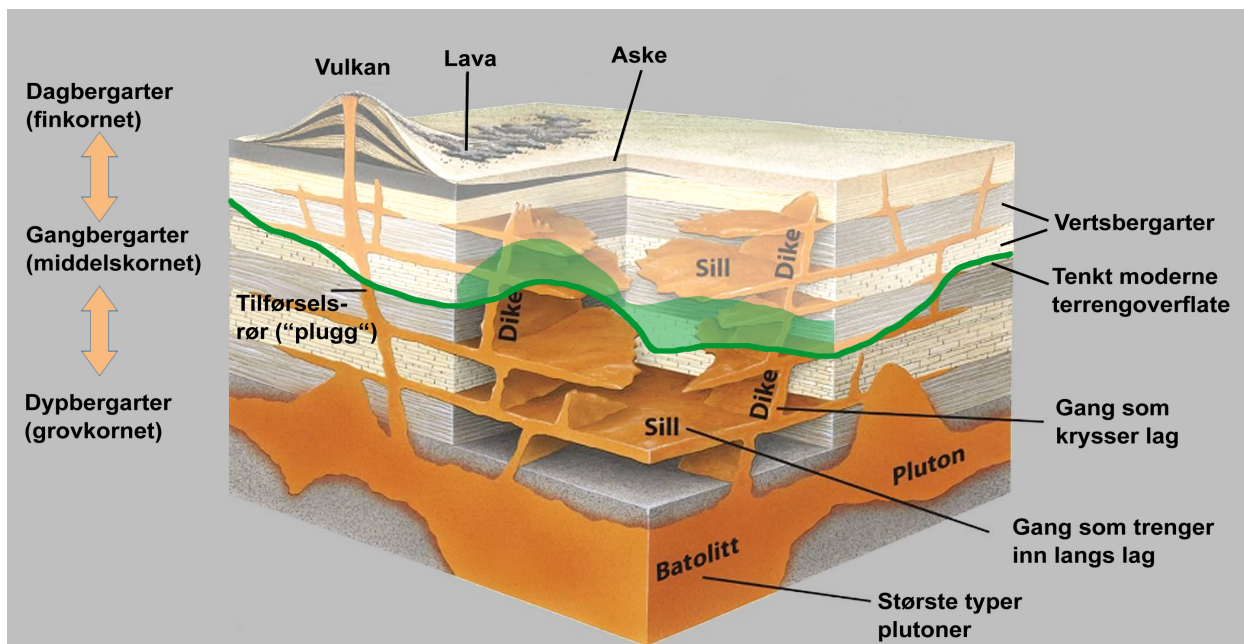


Fig. 6: Skjematisk snitt gjennom et vulkansk kompleks som trenger gjennom sedimentære bergarter (vertsbergarter). Vi ser hvordan tilførselsrør til vulkaner og ulike ganger har sitt utgangspunkt i magma (pluton, batolitt) nede i jordskorpen. Figuren er basert på Grotzinger og Jordan (2010).

## Murverk og stein i Tingelstad gamle kirke

Ut fra de siste dendrokronologiske dateringene behandlet i artikkelen til Morten Stige og Terje Thun i denne boken, er tømmeret til skipets tak felt i 1220-21, til korets tak mellom 1204 og 1217. Det skulle bety at korets murverk ble reist før skipets, slik det er vanlig for kirker i middelalderen og slik også Øystein Ekroll argumenterer i sin artikkel i boken. Men det er ytterst merkelig at vi ikke kan påvise forband mellom skip og kor utvendig, slik man heller ikke fant i 1961 da store deler av pusen var hogd bort. En ville ha forventet forband og en avtrapping av murene i østre del av skipet for å opprettholde stabiliteten i konstruksjonen før bygging av korbuen og resten av skipet. Dette forblir foreløpig et uløst problem. Vi holder oss i denne artikkelen til at koret ble bygd først, at kirkens murverk trolig sto ferdig omkring 1220

og til beskrivelser av kirken, av Søsterkirkene og av øvrige kirker i distriktet slik de fremkommer i Ekrolls artikkel, samt i arbeidene til Stige og Rosborn.

### Hvor kan vi se steinene?

Vi må regne med at kirken er murt opp med kistemur, med ytre og indre vanger og en kjerne med småstein og mørtel. I det ytre kan man i dag se all stein innimellom tilsynelatende tykke fuger. Fugene er spekket og reparert med moderne sementmørtel, smurt utover steinene; det er derfor fugene ser så tykke ut. Innenfor dette laget finner vi middelalderske fuger som er tynnere. De består av kalkmørtel med noe pinningstein (flate stein for å fylle ut). Ut fra bevarte rester av kalk på svært mange steiner, må vi gå ut fra at kirken var pusset eller slemmet tidligere, om ikke i middelalderen, så i alle fall senere. Det finnes ingen historiske bilder eller tegninger (før i

andre halvdel av 1800-tallet) som kan gi oss et hint om hvordan veggene så ut før pussen eller slemmingen ble borte.

Innvendig, nede i kirkerommet (koret og skipet), er veggene behandlet med hvittet kalkpuss. Her finner vi rester av kalkmalerier og en historie om overstrykning med slemming og hvitting og reparasjon som er langvarig og kompleks. Dette betyr at vi ikke kan bestemme steintyper i kirkerommet, vi kan bare anta at murverket gjenspeiler forholdene på utsiden. Oppe på de innvendige gavlene, øst i koret og øst i skipet (vest i skipet er det tregavl), ser vi imidlertid det middelalderske murverket i all sin uendrede prakt (Fig. 7). Her ser vi direkte 800 år tilbake i tid, med en kalkmørtel i fugene som er strøket utover steinene, litt som på utsiden i dag. Metoden var vanlig i middelalderen, på murer som ikke til daglig skulle ses og trolig også på yttermurer som ble slemmet.

Vi skal se at steinbruken i gavlene reflekterer det utvendige murverket på henholdsvis kor og skip. Når vi under beskriver steintypene på kirken, så må en være klar over at de vulkanske

bergartene er svært mangfoldige; de reflekterer den komplekse vulkanske geologien som vi har antydnet i tidligere avsnitt. Bergartene er vanskelige å beskrive og videre geologiske analyser kan gi andre navn enn våre feltbetegnelser. Disse betegnelser er sekkebetegnelse *diabas* (mørk grå, middelskornet til noe grovere) og *mænaitt* (grålig til dyp lilla, stort sett middelskornet). Begge kan også inneholde andre bergarter (diabas med gabbro og pyroksenitt), ha porfyrisk utseende og begge er ofte brunlig forvitret i overflaten og med «hullet» tekstur. Noen ganger er det vanskelig å skille mellom de to, da bruker vi *vulkanske stein*. Vi finner også enkelte, grovkornede stein som betegnes som *gabbro* (se også fig. 8).

### Sokkelen

Kirkens enkle og kraftige sokkel ligger direkte på kalksteinsberget. Sokkelen på koret og nordsiden av skipet er stort sett bygd av tuktet diabas, med *en eneste* stein av pentameruskalk i det sørøstre hjørnet og en del gneis helt ned mot bakken på sørsiden av koret. Sørsiden av skipet oppviser stort sett moreneblokker av ulik gneis, i tillegg



Fig. 7: Opprinnelig middelaldermurverk i korets østgavl (t.v.) og østsiden av skipets østgavl. Vi ser tydelig forskjellen mellom det irregulære murverket basert på vulkanske steiner til venstre og det mer regulære murverket basert på ortocerkalkstein med tydelige skiftegangar til høyre. Foto: Per Storemyr.



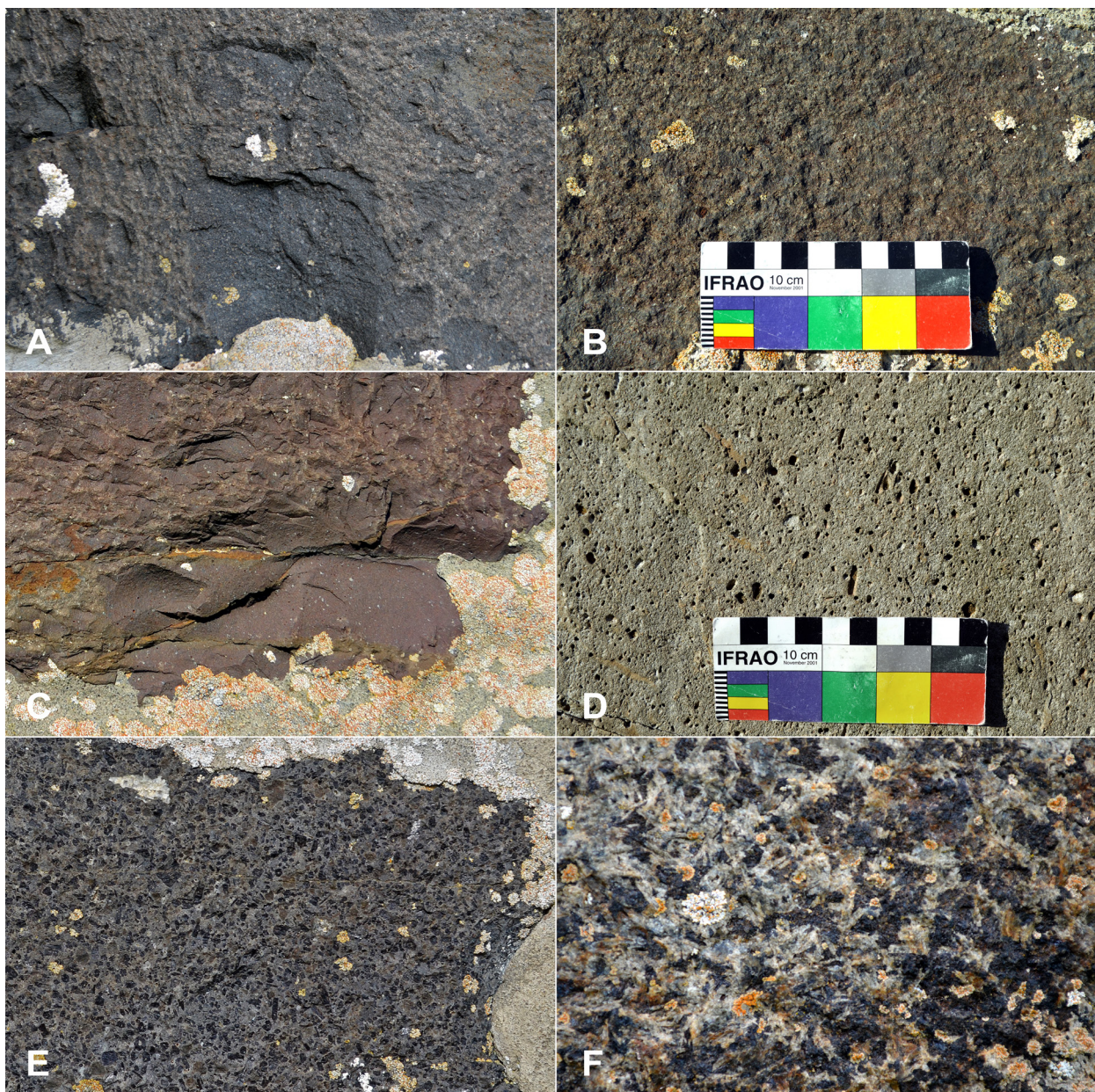


Fig. 8: Vulkanske stein i Tingelstad gamle kirke. A) Middelskornet diabas, den vanligste vulkanske steinen. B) Grovkornet gabbro, lite brukt. C og D) Fin- til middelskornet mænaitt, i «frisk» tilstand (C) og med porfyrisk tekstur, samt forvitret i overflaten (D). Slike steiner er omtrent like vanlig som diabas på kirken. E og F) Spesielle porfyriske og grovkornede gabbroer, uvanlige på kirken. Fotoene er mellom 10 og 20 cm i bredden. Foto: Per Storemyr

til to-tre heller av rød Ringerikssandstein (Fig. 9). Vestveggen sokkel er mer mangfoldig, med gneis og tuktede blokker av både ortocerkalkstein og diabas. Sokkelen som helhet er altså ikke ens-

artet. Spesielt er det verd å nevne gneisen, som er transportert med isen til Tingelstad-området og opprinnelig kommer fra grunnfjellet nord for Oslofeltet.





Fig. 9: Den framstående sokkelen på skipets søndre side. Vi ser ulike typer gneis med avrundede kanter og hjørner, noe som viser at de er istransporterte. Den røde steinen i midten er Ringerikssandstein. Foto: Per Storemyr

## Skipet

Kortreist stein finner vi i store deler av skipets murverk (Fig. 10). Det dreier seg spesielt om ortocerkalkstein (Fig. 11), bergarten kirken er fundamentert på. Ved opptelling av stein i vestveggen finner vi omkring 75% ortocerkalkstein, sørsiden har omkring 50% og nordsiden kanskje noe mindre. Oppe på gavlen mellom kor og skip kan det dreie seg om mer enn 50% ortocerkalkstein. Skipet ser altså i sin helhet ut til å ha blitt bygget med noe mer enn 50% ortocerkalkstein. Det er viktig å merke seg at mange ortocerkalksteiner er nokså brune i overflaten og på avstand lett kan mistolkes for vulkanske stein (se under). Ortocerkalkstein kan ha litt jernsulfid («kis») i seg som ved forvitring gir en brunfarget overflate.

Den store andelen av ortocerkalk i skipet gir murverket et nokså regelmessig preg i skiftegangene (Fig. 10). Det er fordi kalksteinen, slik vi ser den i omgivelsene til kirken, er utpreget lagdelt. Det var altså ikke så vanskelig å kile og brette ut



Fig. 11: Ortocerkalkstein. Bildet til venstre er fra en blokk ved Hadeland Folkemuseum (hentet fra Røykenvika). Her ser vi langsnitt av de kremmerhusformede skallene til ortoceras-blekkspruten. Til høyre tverrsnitt av to individer i en blokk på skipet i Tingelstad gamle kirke. Foto: Per Storemyr.

stein, og tukte den, slik at den ble lang og flat, med en høyde på 15-30 cm. Det er ortocerkalken som bestemmer karakteren til murverket i skipet; et nokså regelmessig bruddsteinsmurverk slik vi finner det i mange romanske kirker i Norge. Oppe på loftet over koret får vi et spesielt fint inntrykk av det regelmessige murverket i skipsgavlen (med mye ortocerkalkstein), sett mot det mer «rotete» murverket i korgavlen, som er dominert av diabas og mænaitt (Fig. 7).

Det er ikke enkelt å bestemme de øvrige 50% av steinene i skipets murverk, annet enn at alle er vulkanske og en blanding av diabas og mænaitt, samt litt gabbro, alle med eller uten porfyrisk tekstur. Mange av bergartene har dessuten utpreget overflateforvitring. Det vil si at de er nokså lysebrune og porøse i overflaten, spesielt knyttet til oksidasjon av små mengder av sulfidmineraler og forvitring av fenokrystallene i steinene.

Alle hjørner på skipet har uregelmessige, nokså grovt hogde kvadre (Fig. 12), på langt nær så





Fig. 10: Skipets søndre fasade. I deler av veggene med mye ortocerkalkstein, er det et nokså regelmessig murverk.  
Foto: Per Storemyr.

forseggjorte som på Nikolaikirken (jfr. fig. 14); dette gjelder både ortocerkalkstein og vulkansk stein. Tilsvarende gjelder for de to portalene, men ikke det lille vinduet på sørsiden. Her er det som i øvrig murverk kun brukt kombinasjoner av lett tuktet (hjørner, kanter) og svært grovhogd stein (overflater). I all hovedsak ser det ut til at steinene er brutt i fast fjell, men det finnes en del noe uformelig vulkansk stein, spesielt i de nedre deler av murverket, som kan ha blitt samlet på marken og eventuelt blitt splittet.

### Koret og sakristiet

Koret og sakristiet har mye mindre ortocerkalkstein enn skipet og finnes fortrinnsvis i de øvre deler av koret og spesielt ute på østgavlen (Fig. 13).



Fig. 12: Detalj av skipets sørvestre hjørne. D=diabas, M=mænaite, O=ortocerkalk. Legg merke til uregelmessige hoggespor på alle de tre typene stein når de er brukt som hjørnestein. Foto: Per Storemyr.





Fig. 13: Korets sørvegg. De nedre delene framstår med ganske regelmessig murverk, de øvre delene er mer uregelmessige. Muren består i stor grad av diabas og mænaitt, men det finnes en del ortocerkalkstein blant steinene med brunlig forvitret overflate. Foto: Per Storemyr.

Et overslag er ca. 10%. Siden mangfoldet av vulkanske bergarter har nokså uensartet form, betyr dette at murverket er mindre regelmessig enn på skipet. Skiftegangene er bare i få tilfeller gjennomgående. Men vi finner i hovedsak de samme typer vulkanske bergarter som på skipet, fra litt gabbro, til mye diabas og mænaitt, samt noen som skiller seg ut ved porfyrisk tekstur. Som på skipet er hjørne- og portalsteinene noe rudimentært hogd, også steinene til nisjen på østveggen. Vinduene har ikke fint hogde stein og det øvrige murverket er behandlet som på skipet. Det smale sakristiet har tak av store heller innvending. Hellene er stort sett

kalkslemmet og det er vanskelig å bestemme dem.

Om vi ser kirken under ett, så er det altså en økende bruk av ortocerkalkstein fra koret (10%, spesielt østgavlen utvendig), mot skipets nord- og sørvegger (snaue 50%), østgavlen på skipet (ca. 50%) og til sist vestveggen (75%). Dette kan passe med den gjengse oppfatningen om at koret ble bygd før skipet, dvs. at det kan ha blitt mindre og mindre tilgang på vulkansk stein, som det jo er mindre av i nærheten av kirken enn ortocerkalkstein. De vulkanske steinene opptrer i avgrensede ganger, ortocerkalksteinen er «overalt».

\*



Sven Rosborns forslag om at vulkansk stein fra Nikolaikirken skal ha vært gjenbrukt på Tingelstad kirke er for *steinhoggingens* del ikke forenlig med observasjonene våre. Det er benyttet diabas av ymse kvalitet begge steder, men det er ingen stein i Tingelstad som er så fint, rettvinklet hogd som på Nikolaikirken, der steinene også er jevne etter bearbeiding av overflaten med breiøks eller breimeisel. Dette gjelder også pentameruskalk (Fig. 14, jfr. fig. 12). Murverkskarakter og steinbearbeiding på Tingelstad er kanskje mer forenlig med hva en kan observere på Mariakirken på Granavollen. Men man kan teoretisk tenke seg at det har blitt ført ubearbeidet stein fra Granavollen (eller steinbruddet på Helgum, se under), som så har blitt rudimentært bearbeidet på Tingelstad.

### Kalkmørtel

Kalkmørtelen i fugene på gavlene oppe på loftet er fast og velbevart, men med litt overflateforvitring i korgavlen. Det er en middels «feit» mørtel, litt brunlig i fargen, med et kalkinnhold på trolig noe mindre enn 50%, noe som var vanlig i middelalderen. Tilslaget er av middels grov sand, med et assortert utvalg av lett avrundede mineral- og bergartskorn, forenlig med avsetning fra breelver. De nærmeste større sandforekomstene er avsatt fra breelver og i sidemorener ned mot Randsfjorden.

### Materialvolumer

Før vi begir oss ut på tolkning av hvor steinene kan være brutt, vil det være nyttig å gjøre et anslag over mengden stein og mørtel som faktisk er benyttet til byggingen. Vi benytter Morten Stiges arbeid på Værnes kirke som inspirasjon og hjelp. Ut fra Faye-Lunds oppmålinger av Tingelstad fra 1901 er det beregnet at skipets murvolum er ca. 335 kubikkmeter (muråpninger er trukket fra). Trekker vi fra ca. en tredjedel for murkjerner med mørtel



Fig. 14: Kvadre med regelmessige hoggespor på Nikolaikirken (koret). Spesielt på pentameruskalken (over) kan vi ane «tverrstripen», som er et resultat av jevn hogging med breimeisel eller breiøks. Mønsteret er ikke så tydelig på den mørke diabasen. Det er fordi den er mye hardere og fordi små biter har en tendens til å løsne under hogging (negl som målestokk). Foto: Per Storemyr.

og mindre stein («rubble»), samt fugemørtel, kan vi regne med at det er benyttet ca. 225 kubikkmeter byggestein. Tilsvarende tall for koret med sakristiet er ca. 150 og 100 kubikkmeter. Totalt får vi altså i størrelsesorden 325 kubikkmeter tuktet og tilhogd byggestein og omkring 160 kubikkmeter småstein og mørtel til murkjerner og fuger. Regner vi med at det er 50% ortocerkalkstein på skipet og 10% på koret får vi totalt ca. 115 kubikkmeter kalkstein og 210 kubikkmeter vulkansk stein (tuktet og tilhogd).

Omregnet gir dette 260 tonn kalkstein, 545 tonn vulkansk stein, 215 tonn småstein til murkjerner, 80 tonn kalk og 60 tonn sand til mørtel. Her har vi benyttet 2,5 som egenvekt for kalkstein, 2,8 for vulkansk stein, 2,7 for småstein, 1,5 for sand og 2 for herdet/karbonatisert mørtel, samt et forhold mellom kalk og sand i mørtel på 1:1.



Vi kan videre regne dette om til framkjørte sledelass med okse eller hest til kirken. Men merk at det ikke var nødvendig å kjøre fram stein som muligens har blitt brutt rett rundt kirken. Et sledelass i middelalderen kan ha tatt i størrelsesorden 3-400 kg, vi beregner 400 kg. Da får vi følgende tall: 712 lass med kalkstein, 1362 med vulkansk stein, 540 lass med småstein og 150 lass med sand. Det er litt verre å beregne transport av kalk, da man jo enten kan ha transportert kalkstein for brenning ved kirken eller brent i en ovn lengre vekk (f.eks. på Granavollen). Dermed må vi ta hensyn til at brent kalk bare har 56% av vekten til kalkstein. Om kalken ble brent ved kirken får vi 200 lass framkjørt kalkstein, ved brenning annet sted 112 lass.

Totalt vil da antall framkjørte lass være omkring 3000 når en også tar med svinn ved byggingen; av dette er det ca. 2600 lass stein. Til sammenligning gikk det ifølge byggregnskapet med 6731 lass stein til bygging av den ca. 3 ganger større Orkdal kirke i 1892-93. Vi antar at hvert lass var av omtrent samme størrelse som vi har regnet med. Dette betyr at utregningene over i *størrelsesorden* skulle stemme.

Å brenne 80 tonn kalkstein er ikke en svært stor jobb. Man kan regne med at ovnene i middelalderen var ganske store, som en typisk norsk bondeovn på 1800-tallet, kanskje tok de omkring 15 tonn. Det vil si at 5-6 brenninger kan ha vært nok. Sammenligner vi igjen med Orkdal kirke, der man kjøpte kalk på markedet, gikk det med 452 tønner brent kalk og 67 tønner sement. For enkelhets skyld slår vi dette sammen til 100 tønner brent kalk. En tønne kalk vil ha veid omkring 196 kg, dvs. at det i Orkdal gikk med ca. 175 tonn kalkstein til brenning. Også dette tallet indikerer at våre utregninger for kalkforbruk i *størrelsesorden* er korrekte, når vi tar med i betraktning at mørtelen på 1800-tallet normalt hadde mer sandtilslag enn i middelalderen.

Vi kjenner ikke til middelalderske kalkovner nær Tingelstad, men på grunn av alle kalkforekomstene har Hadeland en rik tidlig-moderne og moderne kalkbrenningshistorie. Det ble brent i større ovner for industrielt bruk bl.a. omkring Lunner og Grua, på Jevnaker og oppover mot Toten. Pentameruskalken og gastropodkalken var de foretrukne råmaterialene. Dessuten fantes det flere bondeovner som dekket mer lokale behov, f.eks. til husbygging.

## Steinbruddene

Om all byggesteinen til Tingelstad kirke, inklusive småstein og kalkstein til kalkbrenning, hadde blitt tatt ut i ett brudd, ville vi ha kunnet se det som et regelmessig innhugg i en fjellskråning på f.eks. drøye 25 x 5 x 5 m med en liten skrottpipp i forkant. Det er et passe stort brudd. Men siden vi vet at steintypene i kirken er mangfoldige og ikke kan ha vært tatt ut i ett brudd, er det naturligvis ikke et slikt brudd vi skal lete etter.

## Steinbrytning i middelalderen

Vi vet noe mer, nemlig at det ikke er så ofte at stein til kirkebygging ble tatt ut i veldefinerte, dypere brudd i norsk middelalder. Vi kjenner faktisk bare til slike brudd for uttak av myk stein som kleberstein og klorittskifer, spesielt omkring Bergen og Trondheim, der det var stor byggeaktivitet, samt for uttak av enorme mengder handelsvarer som kvernstein, baksteheller og klebergryter. Det er sannsynlig at det også i Oslo fantes slike dypere brudd i ortocerkalkstein, det kan vi se av regelmessige merker etter uthakking av stein som er bevarte på Akershus festning fra 1500-tallet, f.eks. på Skarpenords bastion (Fig. 15). Slik uthakking («kanalhugging») finner vi også i kleberbrudd og øvrige brudd i myke bergarter og det kreves et organisert, veldefinert brudd for å få det til – når



*Fig. 15: Merker etter opprinnelig uthakking av ortocerkalkstein i steinbrudd, ved hogging av kanaler omkring steinblokken. Slik brytning var kun vanlig i myke steintyper. Skarpenords bastion, Akershus Festning. Foto: Per Storemyr.*

man trenger hundrevis eller tusenvis av stein. I dag er bruddene i Oslo dessverre ødelagt av ny infrastruktur og derfor kan vi ikke få mer detaljerte innblikk i hvordan steinbrytningen foregikk her i middelalderen.

Om steinene var hardere, så var det uråd å hogge dem ut ved bruk av hakker; de måtte brekkes eller kiles ut. Slike metoder ble også benyttet for kalkstein. I svakt hellende eller flatt terreng brakk og kilte man ut brukbar stein nær overflaten over større arealer. Det er fordi det er enklere å benytte seg av bergets åpne sprekker og kløv, enn å gå lengre ned, der sprekkeene er færre og kløven ikke lenger like åpen. Vi har gode eksempler på slik brytning fra uttak av gneis til Selja kloster (Fig. 16), brytning av marmor i Sparbu og utenfor Fosen til Nidarosdomen, brytning av ortocerkalkstein til Ringsaker kirke og Mjøskastellet, samt sandstein til Hovedøya kloster. I alle disse tilfellene har man drevet ut stein med spett og kiler over til dels betydelige arealer uten å gå lengre ned i berget enn en meter eller to. Det kan være vanskelig å

oppdage slike spor under jord og vegetasjon.

Om terrenget hadde (ikke altfor høye) langstrakte brattskrenter med egnet stein, var det enda enklere. Hvis sprekker og kløv er medgjørilige, kan man drive ut blokker med spett og kiler, uten at vi i dag nødvendigvis vil kunne se merker etter brytning. Vi har eksempler bl.a. fra Reinskloster på Fosen. Lignende brytning drev man også i stort monn på 1800-tallet og fra denne tiden er det ofte enklere å bekrefte bruddvirksomhet. Stikkordet er de karakteristiske hullene etter håndboring, både for kruttsprengning og kiling. Dette hadde man ikke i middelalderen. Samtidig medførte slik brytning at eventuelle spor etter tidligere uttak forsvant.

Selvsagt ble det også benyttet (kløvd) markstein (morenestein) og stein fra urer og strender i middelalderen. Men det er nok mindre vanlig enn en skulle tro, om man da ikke hadde f.eks. rydningsrøyser eller gamle gravhauger tilgjengelig. Det er tidkrevende å samle stor stein fra større arealer. Fantet det en god kilde i fast fjell var denne å foretrekke.

### **Markstein i Tingelstad**

Som vi har sett er en del av sokkelen bygd med istransportert markstein av gneis. Den kan komme fra åkerrydding i nærheten – eller kanskje er det rester fra en tidligere gravhaug på kollen? Dette er jo en perfekt plassering av en gravhaug, ikke minst sett på bakgrunn av det historisk svært rike landskapet på Hadeland.

Det finnes også sannsynlige markstein av vulkanske bergarter. Noen slike stein, kanskje 5-10%, skiller seg ut med uregelmessige, litt avrundede, polygonale sidekanter. De kan ha forekommet som løse stein på marken, fraktet kort med innlandsisen, funnet f.eks. ved åker-rydding. Men de kan også ha ligget løse i nedkant av de vulkanske gangene omkring Tingelstad.





Fig. 16: Steinbrudd i gneisformasjon i vannkanten rett ved Selja kloster. Her har man kilt ut blokker langs kløv og sprekker i overflaten. Slik kan man forestille seg mange middelalderbrudd som i dag er dekket av jord og vegetasjon. Foto: Per Storemyr.

### Lokale vulkanske stein

Vi har lokalisert to vulkanske ganger i umiddelbar nærhet av kirken, nær vertikale ganger som kutter den sedimentære lagrekken. Den ene (V1, fig. 17) ligger i brattkanten ned mot museet rett nord for kirken. På grunn av jordsmonn og vegetasjon er det ikke mulig å bedømme tykkelse/størrelse på gangen, men den er – som vanlig for slike ganger – godt oppsprukket i overflaten (Fig. 18). Oppsprekkingsmønsteret er delvis rektangulært og det vil uten tvil ha vært mulig å benytte slik stein som bygningsstein. Det dreier seg om en mørk, porfyrisk diabas med store krystaller av amfibol eller pyroksen. Overflatene til eksponerte stein er forvitret; det finnes en brunlig rand på opp mot 1 cm, der også fenokrystallene er delvis forvitret bort. Slik og lignende stein finner vi mange av på Tingelstad gamle kirke, noen er brunforvitret i overflaten, andre ikke. Vi antar derfor at denne gangen er en av kildene til vulkansk stein på kirken (Fig. 19).

Den andre gangen (V2, fig. 17) definerer Grimshaugen, der Halvdanshaugen ligger, i museumsområdet. Haugen er betydelig og derfor kan

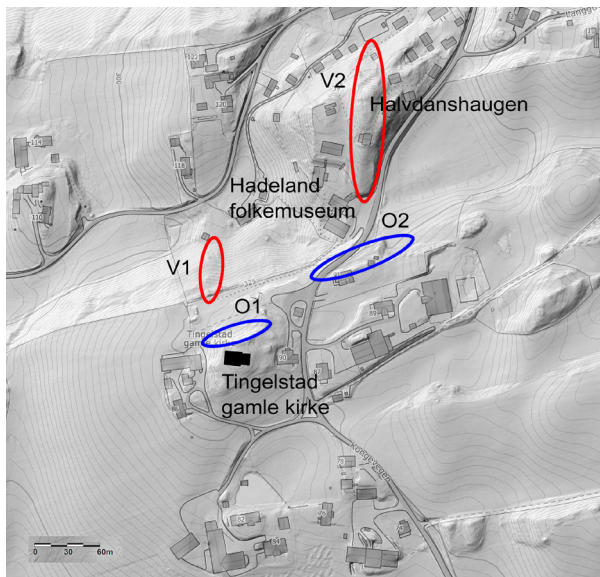


Fig. 17: Mulige steder for uttak av stein omkring Tingelstad gamle kirke i Middelalderen. Røde omriss er vulkansk stein, blå ortocerkalk. Kart basert på laserscanning fra fly (LiDAR), kilde: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn>.

gangen også være ganske bred, selv om det også her på grunn av jordsmonn og vegetasjon ikke er mulig å bestemme utbredelse. På nordsiden av haugen er det en brattkant med oppsprukket stein som utvilsomt kan ha egnet seg til bygging (Fig. 18). Her finner vi også en diabas, med brunlig, forvitret overflate, men det er ikke observert porfyriske varianter. Slik stein er vanlig på kirken, og det vil nesten være rart om den ikke har blitt benyttet. Vi antar at haugen har betydelige mengder stein.

Disse to gangene kan ha levert mye vulkansk stein til kirken. Det kan ha blitt plukket, brukket og kilt ut i overflaten over større områder. Jord, vegetasjon og forvitring gjør at vi i dag ikke kan se spor av steinuttak. Og vi savner mænaitt og de få mer grovkornede gabbroene vi finner på kirken. Det er fullt mulig at det finnes slike ganger i nærheten av kirken. Vi må huske på at landskapet, slik det var for bare noen tiår siden, kan ha vært vesentlig mer åpent i middelalderen enn i dag. I



Fig. 18: To vulkanske ganger omkring Tingelstad gamle kirke som kan ha levert stein til byggingen. Til venstre: i brattkanten rett nord for kirken, en porfyrisk diabas (V1 i fig. 17). Til høyre: Nordsiden av Halvdanshaugen, en diabas (V2 i fig. 17). Innfelte fotos av steintypene. Foto: Per Storemyr.

så fall vil det ha vært lettere å lokalisere egnede steinforekomster. En annen ting er at mange små, gamle steinbrudd kan ha blitt borte på grunn av steinbrytning i senere tid. Det er ikke få hus og fjøs omkring Tingelstad og på Hadeland som har betydelige grunnmurer. De reflekterer tonnevis med stein som er tatt ut på aller enkleste måte rundt gårdene. Restene av en låve og ei låvebro ligger rett nordøst for kirken; her ligger det flere tonn med brukbar stein.

### Regionale vulkanske stein – steinbruddet på Helgum

Den mørke vulkanske diabasene som er benyttet som fint tilhogde kvaderstein til store deler av Nikolaikirken på Granavollen, er ved øyesyn

nokså lik steinen i den vulkanske gangen på Grimshaugen/Halvdanshaugen ved Tingelstad. Rosborn og Dons mener å ha lokalisert det vulkanske steinbruddet til Nikolaikirken. Det ligger på gården Helgum, på flere langstrakt åser, i dalen kun 300 m sørvest for Granavollen (Fig. 4 og 20). Her er det en betydelig gang/et lag av mørk gabbro/diabas, som Brøgger i 1933 kalte en pyroksenitt. Han anslo forekomsten til å være 500 m lang og 150 m bred. Våre undersøkelser indikerer også at dette med stor sikkerhet er kil-den til den mørke steinen på Nikolaikirken og deler av Mariakirken.

Dette er trolig det første oppdagede *hardsteinsbruddet* i Norge som er benyttet til fint hogd kvaderstein i middelalderen. Utbredelse, opp-





Fig. 19: Detalj av blokk av porfyrisk diabas på Tingelstad gamle kirke (høyre) og spisskantet prøve fra vulkansk gang rett ved kirken (V1 i fig. 17). Det er store likheter mellom steinene. Legg merke til forvitringen og brunfargen i overflaten. Foto: Per Storemyr.

sprekkingsmønster – og ikke minst alle tegn til innhogg og «trappetrinn» – viser at det etter alt å dømme har blitt brekt og kilt ut mye stein her. Våre observasjoner tyder så langt på at man ikke har gått dypt ned, men nøyd seg med å bryte i overflaten (Fig. 20). Senere har man hogd steinen til kvader, trolig på byggeplassen. En slik forekomst sender tankene til middelaldersk bruk av tilsvarende vulkansk stein i andre deler av Europa. Ikke minst til Auvergne i Frankrike og til Rhindalen i Tyskland, to vulkanske områder med kirkestein en uten videre kan sammenligne med. Uten at det er noen sammenheng i byggestil, så skal en huske på at Nikolaikirken nok har det fineste, mest presise middelalderske murverket hogd i *hardstein* i Norge. Man må faktisk til de vulkanske områdene på kontinentet for å finne paralleller.

Lokale tradisjoner vil også ha det til at den nokså grovkrystalline, mørke gabbroen i vulkanpluggen Sølvsberget, 3-4 km vest for Tingelstad og Granavollen, kan ha vært en kilde til stein i middelalderen. Dette kan man ikke utelukke, i og med at det oppover sørsiden av Sølvsberget, langs turstien, finnes en mengde løse, lett tilgjengelige steinblokker av samme karak-

ter som vi finner på f.eks. Nikolaikirken. Geologien er tilsvarende – men det vil nok ikke ha vært særlig rasjonelt å frakte stein fra et vanskelig tilgjengelig sted som ligger 4 km unna, når en kan finne det samme mye nærmere. En bonde med gård rett under Sølvsberget vil imidlertid kunne ha hatt god nytte av all denne fine steinen.

### Ortocerkalkstein

Omkring 35-40% av bygningssteinene i Tingelstad er ortocerkalkstein. De er flate og fine og definerer det regelmessige murverket i skipet, der de er brukt mest. Slik er det ofte der ortocerkalkstein er brukt, i bl.a. Oslo (Gamle Aker kirke, Akershus festning) og på Ringsaker. Ortocerkalkstein er en god byggstein, både til kvader og tuktet stein. Det er uten videre mulig at den lille brattkanten, bare 10-12 m fra nordveggen til kirken kan ha vært en «leverandør» av slik stein (O1, fig. 17). Her er det fin stein rett under et tynt jordsmonn. Men det er for mye jord til at man kan gjøre en god bedømmelse.

Drøye 100 m øst for kirken støter vi på nok en brattkant med ortocerkalkstein (O2, fig. 17). Og når vi går turer i landskapet og sjekker alle kart, så ser vi at det finnes mange brattkanter og innhogg i små koller omkring Tingelstad. Mange har de ortocerkalkstein. Det finnes med andre ord et vell av muligheter for brytning av ortocerkalkstein i nærheten av kirken. Men akkurat som for vulkanske ganger, så er kalksteinen overgrodd og vanskelig å se. Dessuten er den også benyttet til mange hus- og fjøsmurer etter middelalderen; eventuelle middelalderske spor vil nok i dag være vekk.

### Pentameruskalk, ringerikssandstein og kontaktmetamorf marmor

Det er mulig at *en eneste* liten stein av pentameruskalk tidligere har vanskeliggjort tolkningen av



Fig. 20: Den store vulkanske diabasgangen på Helgum, 300 m sørvest for Granavollen. Den ligger som en forhøyning i terrenget, med små koller og dalsøkk. På mange steder er det spor etter at stein er tatt ut langs sprekker i overflaten. Trolig dreier det seg om brudd slik vi kan se dem på Selja (jfr. fig. 16). Foto: Ragnar Knarud.

steinbruken i Tingelstad – steinen på hjørnet i koret (Fig. 21). Pentameruskalk kan bare komme fra de geologiske formasjonene vest for Buhammeren (sørvest for Granavollen). Med den betydelige bruken i Nikolaikirken, er det naturlig at man har ment denne steinen viser kontakten mellom kirkebyggingen på Tingelstad og Granavollen og at dermed også andre (vulkanske) stein kan komme derfra. For hvordan skal en ellers forklare denne lille steinen, i den utkragede sokkelen på det sør-østre hjørnet av koret?

Det er en nær rektangulær stein, men med avrundede kanter og hjørner. Den er slitt, nærmest polert i overflaten og har ingen synlige merker etter steinhogging, slik vi finner dem på pentameruskalk i Nikolaikirken. Steinen skiller seg ut med sin lyse farge og vakre fossiler og er plassert på et veldig synlig sted. At den er slitt betyr kanskje at den har gitt en invitasjon til å sette seg ned på den?

Det er en merkelig stein som vi ikke har noen god forklaring på. Kan det dreier seg om en lokal form for *spolia* (spesielle, ofte symbolske stein satt inn i kirker, internasjonalt spesielt antikke stein). Kan det skjule seg en spesiell historie bak den fine blokken? Kom den hit under eller etter byggingen?

Vi må i denne forbindelse huske på at hjørnene i koret har vært utsatt for skader og reparasjoner.

De få hellefragmentene av rød ringerikssandstein i sokkelen på sørsiden av skipet (Fig. 9) kan man kanskje tolke som *spolia*. Det finnes en god del flere slike hellefragmenter brukt på Nikolaikirken og man har ment de stammer fra ødelagte runesteiner. En runestein i ringerikssandstein står fortsatt på kirkegården på Granavollen, mens en av de mest kjente, Dynnasteinen, fra gården Dynna sør i Gran, befinner seg på Kulturhistorisk Museum i Oslo. En støpt kopi står i friluftsmuseet på Hadeland Folkemuseum. Runesteinene kan ha vært sentralt produsert og distribuert fra et verksted ved de store forekomstene av ringerikssandstein ved nordenden av Tyrifjorden/Sundvollen/Steinsfjorden. Slik kan det også ha kommet steiner til Tingelstad, et helt naturlig sted for oppsetting av runestein. Og det kan meget vel ha vært et bevisst valg å gjenbruke symbolske fragmenter i kirkens sokkel.

Bruken av kontaktmetamorf marmor i Tingelstad er svært begrenset og har nok ingen spesiell historie annet enn at den kanskje ble med på lasset fra uttak av vulkansk stein. Som vi har sett dannes slik marmor på grensen mellom kalkstein og inntrengende vulkanske bergarter; derfor er





*Fig. 21: En enslig blokk med pentameruskalk i sokkelen på det sørøstre hjørnet av koret i Tingelstad gamle kirke. Hvorfor er denne fine steinen plassert akkurat her? Foto: Per Storemyr*

det mye slik stein på Hadeland, men ofte er den for oppsprukket til at den egner seg til bygging.

## Vulkaner og blekkspruter

Vår gjennomgang av Tingelstad gamle kirke viser at den trolig ikke hadde den nære kontakten «på steinfronten» med Granavollen og Nikolaikirken som det tidligere har blitt foreslått. Kirken er fundamentert på både vulkaner og blekkspruter – den er bygd med lokal vulkansk stein og ortocerkalkstein med flotte fossiler. For å finne ut av hvilken

innflytelse Søsterkirkene og Granavollen kan ha hatt, trengs det mer inngående geologiske analyser (proveniensstudier), noe som også kan hjelpe til i videre tolkning av hele byggeprosessen. Det trengs dessuten sikrere datering av Søsterkirkene. De har ikke uavhengig, naturvitenskapelig kronologi. Kan det være samtidighet i byggearbeidene på Tingelstad og Granavollen?

Vi vet nå at det ble brukt i størrelsesorden 3000 lass med stein og kalk til byggingen, stort sett fra de nære omgivelsene. Med nok arbeidsfolk og håndverkere kunne man ha reist hele kirken på noen få år. Men hvem sto for steinbrytningen og for frakten? Tingelstad kan ha vært sognekirke og vi vet lite om hvordan organisasjonen var på slike små kirker, i motsetning til f.eks. fylkeskirker og domkirker. Var det som for fylkeskirkene arbeid i grenseland mellom plikt og dugnad for lokale bønder? Hvem var de spesialiserte kalkbrennerne, murerne og steinhoggerne? Tømrerne? Byggmesteren? Var det en slags bygghytte på Granavollen som hadde hånd om noe av arbeidet? Vi får ikke svar på slike spørsmål før også materialbruken på de større og mer forseggjorte Søsterkirkene blir undersøkt i detalj.

## Takk til

Vi vil gjerne takke deltakerne på Grubleseminaret 14-16. september 2017 for fine diskusjoner, hjelp til å forstå Tingelstad kirke og nyttige kommentarer til manus. En spesiell takk til Grethe Johnsrud for hjelp med leting etter steinbrudd.

## Sluttnoter

1. Se øvrige artikler i boken.
2. Stige 2007: 57.
3. Bugge 1932: 206.
4. Rosborn 2007, 2014.
5. Se notat fra Dons 1990, Riksantikvarens arkiv.
6. Rosborn 2014: 122.
7. Om bruk av stein i norsk middelalder, se Storemyr 2015a: 117-126.
8. Generelle beskrivelser av Oslofeltets geologi er tuftet på Nakrem og Worsley 2007 for de sedimentære bergartene og Larsen et al. 2007 for de vulkanske.
9. Se Storemyr 2015a: 117-126.
10. Se NGUs database for mineralressurser, forekomst nr. 532-601 ([http://aps.ngu.no/pls/oradb/minres\\_deposit\\_fakta\\_ny.Main?p\\_objid=9672&p\\_spraak=N](http://aps.ngu.no/pls/oradb/minres_deposit_fakta_ny.Main?p_objid=9672&p_spraak=N)).
11. Knaruds observasjoner.
12. For Mjøskastellet og litt om Ringsaker, se Storemyr og Meyer 2016, for Hovedøya, se Storemyr 2015b, for Ringsaker, se Grubleseminarets kommende bok om Ringsaker kirke, for øvrige kirker, se Storemyr 2015a.
13. Spesifikt om Hadelands sedimentære geologi og kalksteinsforekomster, se Holtedahl 1912: 46-50; 1932: 107-133. Se også NGUs berggrunnskart ([http://geo.ngu.no/kart/berggrunn\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/)).
14. Se også notat fra Dons 1990, Riksantikvarens arkiv.
15. Se Stige 2000 og Rosborn 2014.
16. Se notat fra Dons 1990, Riksantikvarens arkiv.
17. Brøgger 1933: 14-38.
18. Betegnelsen mænaitt kommer fra vannet Mæna, rett vest for Brandbukampen på Hadeland.
19. Se bl.a. Brøgger 1933.
20. Storemyr 2015b: 66-89.
21. Se NGUs database for mineralressurser, forekomst nr. 534 - 601 ([http://aps.ngu.no/pls/oradb/minres\\_deposit\\_fakta\\_ny.Main?p\\_objid=24305&p\\_spraak=N](http://aps.ngu.no/pls/oradb/minres_deposit_fakta_ny.Main?p_objid=24305&p_spraak=N)).
22. Se notat av Odd Helland, Riksantikvarens arkiv, 1961.
23. Se Stige 2000 og Rosborn 2014.
24. Dette kan ses på bilder av utgravinger langs veggene. Bildene befinner seg i Riksantikvarens arkiv.
25. Tilsynelatende ser det ut til at disse porene er luftblærer i steinen, men ved nærmere øyesyn er det fortsatt rester etter de mørkere fenokrystallene i bunnen av porene.
26. Merk at stein ikke er hogd på visflaten når den fra naturens side er flat og fin.
27. Rosborn 2014: 122.
28. Det finnes en diabasblokk på Tingelstad som en kan mistenke er delvis rektangulært hogd og med fint bearbeidet visflate. Denne steinen befinner seg rett over blokken av pentameruskalk i det sørøstre hjørnet på koret. Men steinen er såpass forvitret at det er vanskelig å komme til en entydig konklusjon.
29. Storemyr 2015a: 107-116.
30. Se NGUs løsmassekart ([http://geo.ngu.no/kart/losmasse\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/)).
31. Stige 2016.
32. Stige 2016: 178.
33. Lelandi 1993: 66.
34. Se diskusjon i Stige 2016: 178 om sledelass ved arbeider som ligger nær Orkdal i tid: Malmtransport ved Røros kobberverk (478 kg) og steintransport ved bygging av Røros kirke på 1700-tallet (320 kg).
35. Se bl.a. Kittelsen 2005.
36. Leland 1993: 66.
37. Kittelsen 2005: 32-33.
38. Se bl.a. Holtedahl 1912: 46-51.
39. Se bl.a. Helmen 1953: 482.



40. Se bl.a. Storemyr 2015a, Baug 2015 og Hansen og Storemyr (red.) 2017.
41. Storemyr 2015b: 47-57
42. Storemyr 2015a: 219-223, 175-181
43. Se Storemyr og Meyer 2016: 16-18. Se også Grubleseminarets kommende bok om Ringsaker kirke.
44. Storemyr 2015b: 66-89
45. Storemyr 2015b: 90-113
46. Se Ekrolls artikkel i denne boken.
47. Rosborn 2014: 124, se også notat fra Dons (1990), Riksantikvarens arkiv.
48. Geologisk en såkalt lakkolitt.
49. Brøgger 1933: 29-30.
50. Det er funnet en mulig steinhoggeplass nord for Nikolaikirken, se Rosborn 2014: 124.
51. Storemyr 2015: 85-89.
52. Mange middelalderkirker i Norge har tilsvarende presist kvadermurverk, men det er laget av myk stein, typisk kleberstein (det beste eksemplet er Nidarosdomens kor og skip) og også kalkstein (med Gamle Aker kirke som tronende høyt oppe).
53. Se Ekrolls artikkel i boken.
54. Rosborn, 2014: 44, 61-62.
55. Se Stylegars internett-artikkel «Hendigste møy på Hadeland», 2009 (<http://arkeologi.blogspot.com/2009/10/hendigste-my-pa-hadeland.html>)
56. Se Ekrolls og Brendalsmo/Sollunds sine artikler i denne boken.

## Litteratur og kilder

- Baug, I., 2015: *Quarrying in Western Norway: An archaeological study of production and distribution in the Viking period and Middle Ages*. Oxford, Archaeopress.
- Brøgger, W. C., 1933: Essexitrekens erupsjoner. Den eldste vulkanske virksomhet i Oslofeltet. *NGU* 138.
- Bugge, A., 1932: Kirkene i gammel og ny tid. I: *Hadeland. Bygdenes historie I*. Hadeland bygdebokkomité, s. 183-284.
- Grotzinger, J. og Jordan, T., 2010: *Understanding Earth*, 6th Edition. New York, W.H. Freeman and Company
- Hansen, G. og Storemyr, P. (red.), 2017: Soapstone in the North: Quarries, Products and People. 7000 BC – AD 1700. *UBAS University of Bergen Archaeological Series*, 9
- Helmen, A., 1953: Frå det daglige liv på Hadeland i gamle dager. I: *Hadeland. Bygdenes historie IV*. Hadeland bygdebokkomité, s. 399-530.
- Holtedahl, O., 1912: Kalkstensforekomster i Kristianiafeltet. *NGU* 63.
- Holtedahl, O., 1932: Fjellgrunnen på Hadeland. I: *Hadeland. Bygdenes historie I*. Hadeland bygdebokkomité, s. 107-132.
- Kittelsen, K. H., 2005: *Brent kalk. 900 år med kalkbrenning i Asker og Bærum*. Asker og Bærum Historielag.
- Larsen, B. T., Olaussen, S., Sundvoll, B. og Heeremans, M., 2007: Vulkaner, forkastninger og ørkenklima. I: Ramberg, I. B., Bryhni, I. og Nøttvedt, A. (red.): *Landet blir til. Norges geologi*. Trondheim, Norsk Geologisk Forening, s. 284-327.
- Leland, E., 1993: Orkdalskjerka på Grøtte i 900 år. I: *Orkdalskyrkja på Grøtte i 900 år*. Orkdal, Orkdal menighetsråd.

- Nakrem, H. A. og Worsley, D., 2007: Jordas eldste oldtid. I: Ramberg, I. B., Bryhni, I. og Nøttvedt, A. (red.): *Landet blir til. Norges geologi*. Trondheim, Norsk Geologisk Forening, s. 148-177.
- Ramberg, I. B., Bryhni, I. og Nøttvedt, A. (red.), 2007: *Landet blir til. Norges geologi*. Trondheim, Norsk Geologisk Forening.
- Rosborn, S., 2007: *Studier i Norges äldsta stenbyggnadskonst. Systerkyrkorna och Stenhuset på Granavollen*. Fotevikens Museum.
- Rosborn, S., 2014: *Søsterkirkene og Steinhuset på Granavollen*. Studier i eldre norsk steinbyggerkunst. Stiftelsen Steinhuset på Gran.
- Stige, M., 2000: Søsterkirkene på Gran. I: Ekroll, Ø., Stige, M. og Havran, J. (red.): *Kirker i Norge. Middelalder i Stein I*. Oslo, ARFO.
- Stige, M., 2007: Gamle Tingelstad kirke. *Hadeland Folkemuseum og Tingelstad gamle kirke*. Randsfjordmuseene AS, s. 44-62.
- Stige, M., 2016: Å reise kirke – håndverkere, materialer og ressursbruk. I: Stige, M. og Pettersson, K. E. (red.): *Værnes kirke – en kulturskatt i stein og tre*. Stjørdal, Stjørdal historielag.
- Storemyr, P., 2015a: *Nidarosdomens grunnfjell. En reise i steinbryternes fotspor fra Det gamle Egypt til Europas nordligste katedral*. Trondheim, Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeiders Forlag.
- Storemyr, P., 2015b: *Steinbruddslandskapene ved middelalderens klostre på Selja, Hovedøya og Rein*. Rapport til Riksantikvaren. Hyllestad, Per Storemyr Archaeology & Conservation Services.
- Storemyr, P. og Meyer, R., 2016: *Mjøskastellet og Valdisholm: Vurdering av stein og steinbrudd*. NIKU Oppdragsrapport 81/2016 til Riksantikvaren. Oslo, Norsk institutt for kulturminneforskning.