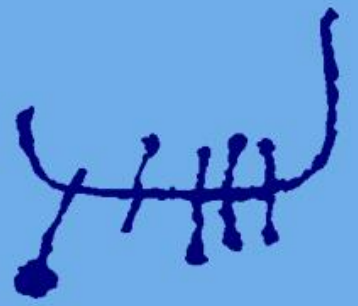




Klosterruinene på Selja - steinbrudd, forvitring og dokumentasjon 2010

Per Storemyr Archaeology & Conservation Services

**Klosterruinene på Selja -
steinbrudd, forvitring og
dokumentasjon**

Rapport:
2010_NO_Selja_stein_forvitring_dokumentasjon
27 desember 2010

Oppdragsgiver:
Riksantikvarens ruinprosjekt og
Selje Kommune
v/ utførende entreprenør
Bakken & Magnussen AS
Mellomila 40
N-7018 Trondheim

Per Storemyr
Archaeology & Conservation Services
Blumenstr. 11
CH-5200 Brugg

+41 (0) 43 311 97 50 (office)
+41 (0) 76 366 47 01 (mobile)

www.per-storemyr.net
per.storemyr@bluewin.ch

Forord

Helgeanlegget på Selja, med ruinene av Albanuskirken, klosteret, Sunnivakirken og Mikaelkirken, er et av Norges fremst kulturminner fra middelalderen. Det var svært sentralt plassert ved skipsleia, et viktig pilegrims mål og bispesete på 1100-tallet. Klosteret hadde sin storhetstid på 1200-tallet, men kom ut av bruk allerede før Reformasjonen. Som ellers i Norge startet den moderne interessen for anlegget på 1800-tallet og fra 1890-tallet ble det restaurert i flere omganger (Nybø 2000; Djupedal 1996; Enger 1949). Siden 2007 pågår det nye arbeider - disse har karakter av konserveringstiltak for å sikre murverk. Arbeidet er en del av Riksantikvarens program for konservering av ruiner fra middelalderen (Riksantikvaren, n d).

Undertegnades befatning med Selja ble utløst av Geir Magnussen i firma Bakken & Magnussen AS som utfører det pågående konserveringsarbeidet i nært samarbeid med Selje kommune og Riksantikvaren. Det var et ønske om å se nærmere på forvitring, proveniens til steinene som er benyttet på anlegget og komme med forslag til hvordan det pågående arbeidet og funn som blir gjort kan dokumenteres. Arbeidet skulle ha karakter av et forprosjekt.

Feltarbeid ble gjennomført i perioden 3. til 12. november 2010 - og det er først og fremst resultatene av dette som blir presentert i foreliggende rapport.

Foruten Geir Magnussen vil jeg gjerne takke John Cowell (Bakken & Magnussen AS) for et fantastisk flott opphold ute i havgapet! Dette var mitt første møte med Selja - og John, med sin entusiasme og kjennskap til stedet og konserveringsarbeidene, sørget for at oppholdet ble minneverdig.

Jeg vil også takke prosjektleder i Selje kommune, Bjørn Jensen, for en svært god mottakelse, for all litteratur og for alle historiske bilder (fra Riksantikvarens arkiv) som ble stilt til rådighet. Sveinung Hansen hjalp oss med å lokalisere regionale olivforekomster og tok oss med på tur til Vågsøy, mens Olav Olsen (fra Bø, nå 91 år gammel) berettet om sitt arbeid under restaureringen av klosteret da Cato Enger holdt på her ute før andre verdenskrig. Marit Nybø og Helge Askvik (Universitetet i Bergen) kom pr. e-post med innspill til spørsmål om olivinsteinens proveniens som de undersøkte i felleskap på 1990-tallet. Takk til alle!

Zürich i desember 2010
Per Storemyr

Sammendrag

Denne rapporten tar for seg funn og tolkninger fra et forprosjekt om stein, steinbrudd og forvitring i tilknytning til det middelalderske Helgenanlegget på Selja i november 2010.

Det ble funnet en olivinsteinforekomst i Skarevika på Raudeberg (Vågsøy) med stein som har større likheter med olivinsteinen på Selja enn stein fra forekomsten i Deknepollen (ved Måløy), som man hittil har antatt forsynte Helgenanlegget i middelalderen. Prøver er sendt til NGU for sporelementanalyse (proveniensanalyse). Både Raudeberg og Deknepollen bør undersøkes videre arkeologisk og geologisk.

Rett i nærheten av anlegget på Selja er det funnet to sikre og tre mulige gneis- og eklogittbrudd. Det viktigst er et unikt brudd for pinningstein definert av et lite bruddområde og en arbeidsplass der slik stein ble sortert og bearbeidet. Ett sikkert og to mulige brudd for uttak av gneis "heller" og -blokker ble funnet, likeså et mulig, lite eklogittbrudd rett ved klostermurene. Det blir spekulert på om eklogitt kan ha blitt produsert primært for bruk til ballaststein. Alle bruddene fortjener videre geologiske og arkeologiske undersøkelser.

Forvitringen på tårnet er undersøkt spesielt med tanke på saltforvitring og risiko for videre skader. Det blir konkludert med at salt spiller en rolle for forvitringen, men sammen med flere andre faktorer, bl.a. brannskaper, den kjemiske forvitringen av olivinsteinen og frost. Da forvitringen har utviklet seg lite i løpet av de siste 100 år (i følge historiske bilder), antas det at farene for sterk forvitring i fremtiden er minimale. Saltforvitringen bør undersøkes videre og det bør opprettes et enkelt system for overvåkning av forvitringen.

Et internettbasert system for dokumentasjon av de pågående konserveringsarbeidene og funn som blir gjort ved disse arbeidene er foreslått. Kjernen i systemet er basert på Google Maps.

Innhold

Forord	1
Sammendrag	2
Innhold	3
Innledning	4
Olivinstein benyttet på Helgenanlegget	5
Karakterisering	6
Proveniens: Undersøkelser i Deknepollen og på Raudeberg	8
Gråsteinbrudd på Selja	14
S. Klostervågneset	15
Yksnevika N: En unik perle av et pinningsteinbrudd	17
Klostermyran Ø.....	20
Yksnevika	21
Eklogitt ved klosteret	21
Forvitring på tårnet	22
Restaureringshistorie	22
Oversikt over skadene.....	23
Steinforvitring.....	26
Nedbrytning av olivinstein	27
Spesielt om saltforvitring	29
Spesielt om frostforvitring	32
Risiko for fremtidige skader	34
Dokumentasjon	36
Andre observasjoner	37
Forslag til videre arbeid	39
Olivinsteinbrudd	39
Gneisbruddene på Selja.....	40
Forvitring	40
Dokumentasjon	40
Kalkmørtel	40
Bibliografi	41
Appendiks 1: Saltanalyser	43
Appendiks 2: Klimastatistikk	44



Figur 1: Albanuskirken, tårnet og klosteranlegget på en svært regnfull dag i november 2010. Legg merke til bekken som går langt over sine bredder.

Innledning

Feltstudiene på Selja og i regionen omkring omfattet følgende temaer:

- Egenskaper og proveniens til olivinsteinen som er benyttet til kvaderstein og finere arbeider på Albanuskirken og Sunnivakirken.
- Lokalisering av lokale gråsteinsbrudd (gneis- og eklogittbrudd) benyttet til murer og hvelv, spesielt på Albanuskirken (med tårnet) og klosteranlegget.
- Forvitringen på tårnet, spesielt for å bedømme risiko for forvitring i fremtiden.

I tillegg ble det gjort en del observasjoner knyttet til mørtel og stein, samt tynnslipmikroskopering av olivinstein og analyse av saltprøver. Dette blir også beskrevet nedenfor.

Et forslag til dokumentasjon av konserveringsarbeidene og funn er utarbeidet. Dette er web-basert og befinner seg på www.per-storemyr.net (videre info fås ved å kontakte undertegnede).

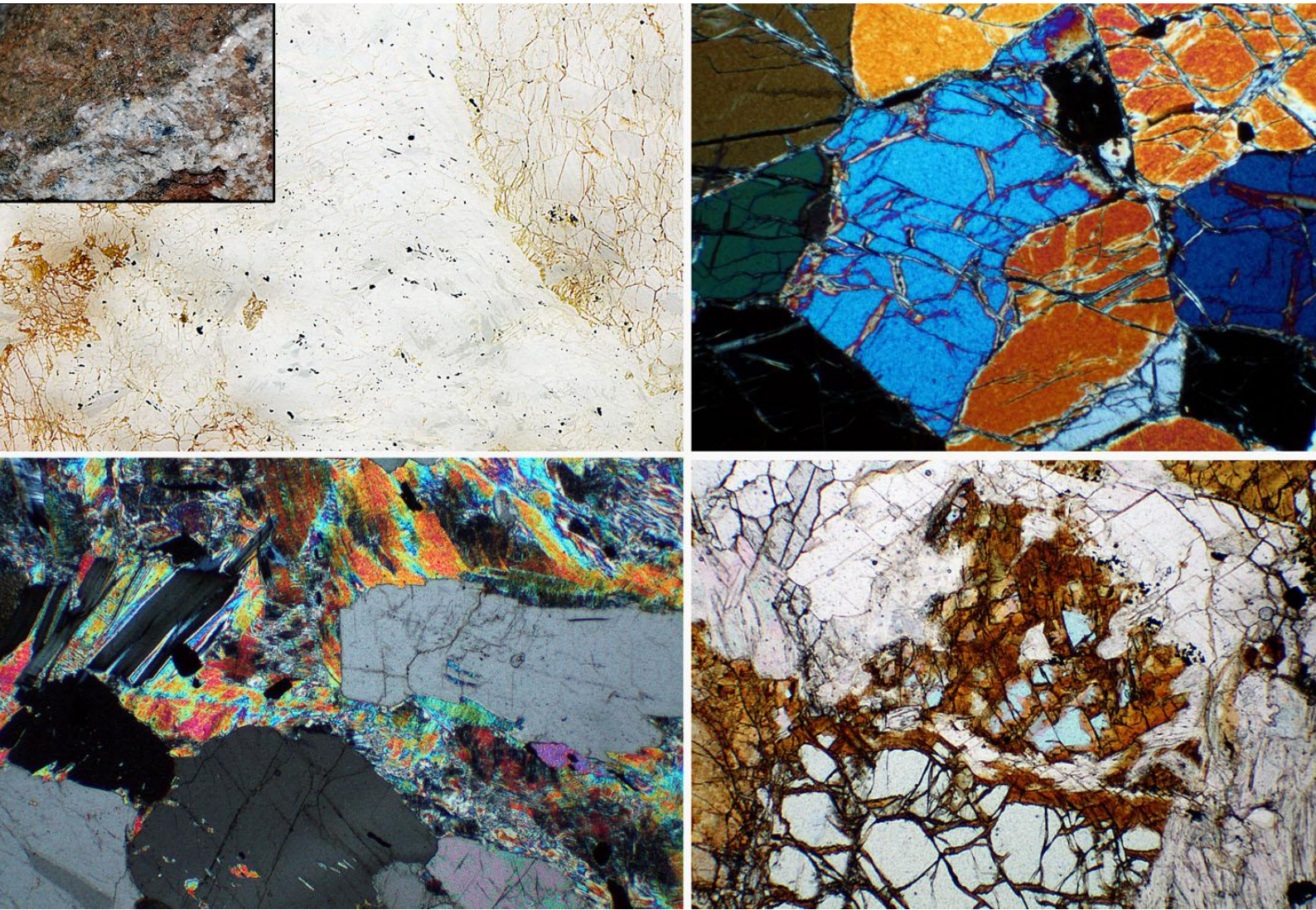


Figur 2: Et knippe olivinstein på Selja (Sunnivakirken, rekonstruert) som gir en god oversikt over variasjonene i steinen benyttet på anlegget. Rødlige felter inneholder for det meste olivin, hvite felter talk og magnesitt.

Olivinstein benyttet på Helgenanlegget

Helgenanleggets olivinstein er hovedsakelig benyttet som ganske tynne kvaderstein og dekorative elementer på Sunnivakirken (som er rekonstruert), Albanuskirken og tårnet. Avhengig av hvordan en tolker bygningshistorien (Nybø, 2000) er det mulig at olivinstein kun ble brutt under oppføring av den første Albanuskirken og Sunnivakirken omkring 1100 og senere under oppføringen av tårnet en gang etter 1120. Ved den store ombyggingen på 1200-tallet er det vel lite trolig at ny olivinstein ble brutt, idet kirken da ble oppført av gråstein (gammel olivinstein kunne evt. gjenbrukes).

Uttak av olivinstein har altså trolig vært begrenset i tid. Volum tatt ut er også relativt beskjedent. Selv om mye nå er borte (bl.a. gjenbrukt på 1500-tallet i Tycho Brahes observatorium i Danmark; Djupedal, 1996), noe som vanskeliggjør beregning, gir et raskt overslag som resultat at det neppe er benyttet mer enn i størrelsesorden 3-500 kubikkmeter olivinstein. Dette anslaget har som forutsetning at deler av de ytre og noen innvendige murer (kirkene og tårnet) opprinnelig var kledd med olivinstein.

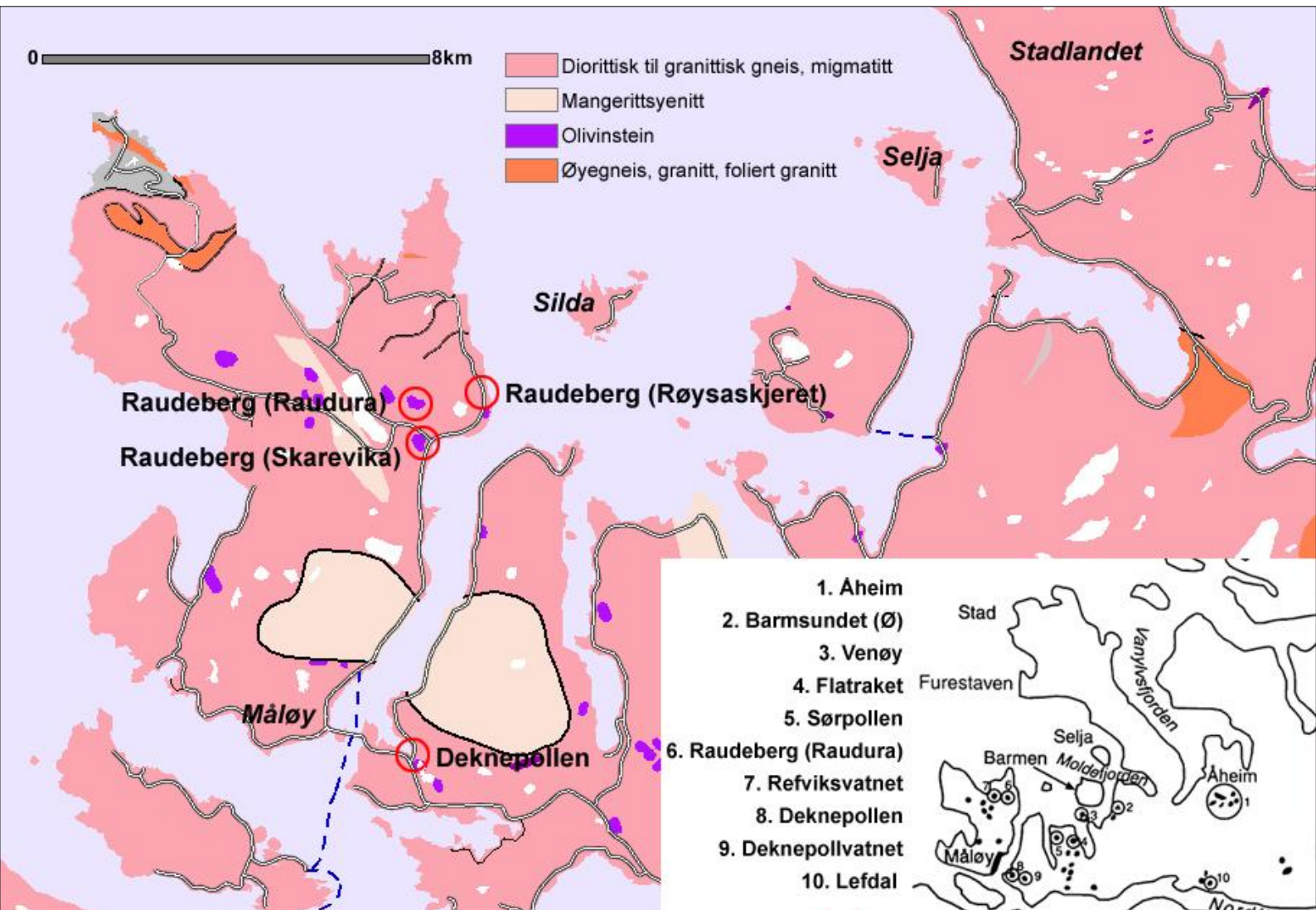


Figur 3: Mikroskopbilder av en typisk olivinstein på Selja (prøve fra steinhaugen nord for kirkegården, innfelt). Oppe, venstre: Lys åre med magnesitt og talk omgitt av olivin der brunfargen angir omvandling/riss langs og inne i enkelte olivinkorn. Svarte "prikker" er små oksidkorn. Oppe, høyre: Typisk utseende på relativt frisk olivin i dobbelt polarisert lys. Nede, venstre: Magnesitt (grålig) og talk (fargerik) sett gjennom dobbelt polarisert lys. Nede, høyre: Nedbrutt olivin sett i normalt lys. De rødbrune feltene består av iddingsitt. Bredden i bildet oppe til høyre er ca. 3 cm; i de øvrige tre bildene ca. 2,1 mm.

Karakterisering

Olivinstein (eller dunitt) skal i følge geologisk definisjon bestå av mer enn 90 % olivin; i så måte er ikke anleggets stein en olivinstein i klassisk forstand da den er metamorf (omvandlet) og inneholder relativt store mengder talk og magnesitt, spesielt i årer. En stein med store mengder talk og magnesitt kaller vi normalt for kleberstein, men i tilfellet Selja er det alt for mye olivin til stede til at begrepet kleberstein gir mening.

Det må bemerkes at den viktigste dannelsesmåten for kleberstein er ved "full" omvandling av dunitt eller andre mørke, magmatiske bergarter. Populært kunne vi derfor si at steinen på Selja er en



Figur 4: Forekomster av olivinstein i Nordfjord-området (kart: www.ngu.no). De innringede forekomstene ble besøkt under feltarbeidet. Det innfelte kartet fra Nybø (2000) viser hvilke forekomster som tidligere er undersøkt.

"umoden" kleberstein - en dunitt som gjennom den geologiske historien ikke har tatt "steget" helt ut til kleber.

Olivinsteinen på Selja er rødlig med grålige eller hvite årer, "rosetter" og "knuter" (Figur 2, Figur 3). De rødlig delene av består for det meste svakt serpentinisert olivin - dette vil si at den metamorfe omvandlingen har skapt små mengder serpentin mellom olivinkornene. Rødfargen kommer fra det komplekse mineralet iddingsitt (et jernholdig, leiraktig mineral) som er et typisk nedbrytningsprodukt fra olivin (Wikipedia, n.d.). Dette mineralet finnes mellom de enkelte olivinkorn og viser at nedbrytningen foregår fra utsiden av korene, eller i små riss inne i olivinkornene.

De grålige årene og "rosettene" består stort sett av magnesitt og talk. I noen tilfeller er visflaten til kvaderstein nærmest helt hvit/grå og ligner dermed kleber. Dette er imidlertid stein som er spaltet langs en åre og satt inn "på kløyven".



Figur 5: Deknepollen med Måløy i bakgrunnen. Olivinsteinforekomsten befinner seg i det bratte området over den hvite bygningen og utover mot vannet (jfr. Figur 6).

Proveniensen: Undersøkelser i Deknepollen og på Raudeberg

Det går rykter om at olivinstein skal finnes blant gneisen og eklogitten på Selja, men det er ingen som ennå har søkt etter en slik forekomst. Det vil ikke være forbausende om den skulle finnes, da Nordfjord-området og Sunnmøre er spekket med små og store forekomster av olivinstein (den nærmeste vi har funnet ligger rett over fjorden, 2,5 km nordøst for klosteret (koordinater ca. 308350 E, 6886955 N, UTM 32V). Dette er en svært liten forekomst uten spor etter steinuttak. Det er sannsynlig at en eventuell forekomst på øya også vil være svært liten siden ingen ennå har oppdaget noe spesielt.

Undersøkelsene til Marit Nybø, Helge Askvik og Harald Furnes på 1990-tallet konkluderte med at olivinsteinen på anlegget kommer fra Deknepollen ved Måløy (Nybø, 2000). Nybø og Askvik besøkte og prøvetok mange forekomster i Nordfjord, og Deknepollen var den eneste relevante som ved hjelp av geokjemiske sporelementanalyser kunne relateres til bygningene på øya (Figur 4, Figur 5).



Figur 6: Skisse av olivinsteinsforekomsten i Deknepollen. Mulig utgående er meget usikker. Flyfoto fra [www.fylkesatlas.no](http://norgeibilder.no) (<http://norgeibilder.no>).

Deknepollen ville ha vært nærmest ideal som steinbrudd; en forekomst rett i vannkanten og kun en fem timers seilas i smult farvann til Selja.

Som Nybø og Askvik kunne også vi ved besøket i Deknepollen konstantere at det ikke er bevart spor etter gammelt steinuttak. Eventuelle spor vil etter alt å dømme ha gått tapt ved bygging og utvidelse av veien langs bukta og diverse andre utbyggingsarbeider i det aktuelle området. Utgående av forekomsten ser ut til å fortsette helt ut til vannkanten og her finnes det både "moderne", store olivinsteinblokker og spor av noe som ligner flis etter steinbearbeiding (delvis under vann).

Det er ikke sikkert at et eventuelt uttak av stein i Deknepollen ville ha gitt mange spor i fjellskrenten et par titalls meter fra stranden. Dette er fordi fjellet er meget oppsprukket. Uttak av blokk kan derfor i stor grad ha funnet sted ved bruk av spett eller brekkjern-lignende verktøy.

Den betydelige oppsprekningen sår en viss tvil om det i det hele tatt har vært mulig å drive ut god bygningsstein fra forekomsten. Dessuten finner man knapt stein i dagens utgående med de samme



Figur 7: Den største skrenten i olivinsteinens utgående i Deknepollen. Steinen er meget oppsprukket og mange sikringstiltak har vært nødvendige i den senere tid.

karakteristiske magnesitt/talk-årene og "rosettene" som i steinen på Selja. Talk forekommer bl.a. som "flak" langs skifrige horisonter eller rundt "boller" omgitt av sprekker. Over skrenten står det en moderne mur ved et bolighus; denne muren har olivinstein, etter alt å dømme av lokal proveniens. Steinen har lite magnesitt/talk, er noe skifrig og har en viss likhet med mindre vanlige varianter på Selja.

Det skal understrekes at vår befarings var av svært kort varighet og at det muligens kan befinne seg utgående vi ikke oppdaget omkring Deknepollen.

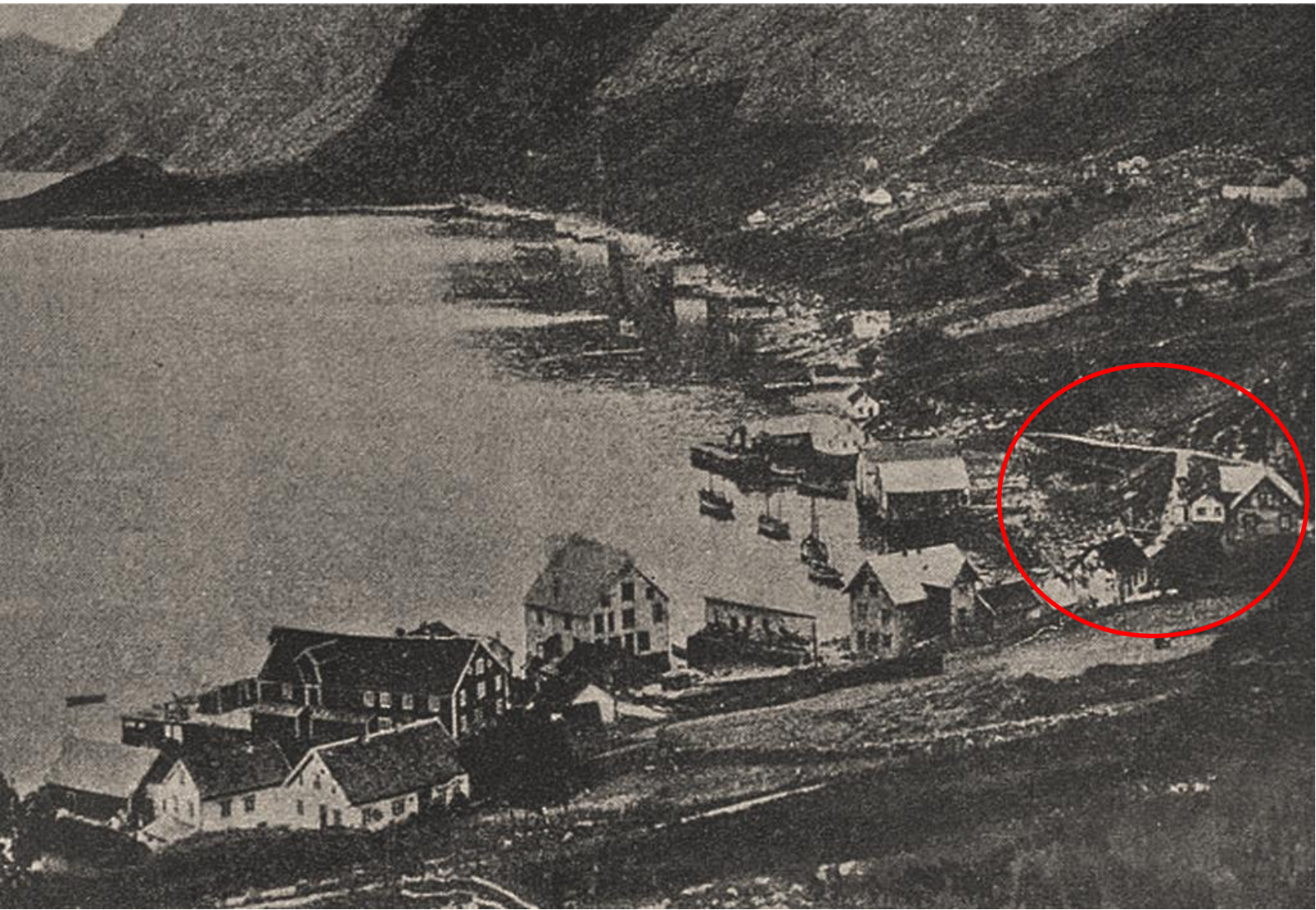
Nybø og Askvik undersøkte også forekomster ved Raudeberg på Vågsøy, ca. 5 km nord for Måløy - en bygd med tradisjoner fra bronsealder og jernalder. I en e-post til undertegnede 9.12.2010 kunne Askvik fortelle at de ikke besøkte forekomsten helt nede i bukta ved Raudeberg "sentrum" (Skarevika), hvilket betyr at de f.eks. kan ha vært i den karakteristiske "Raudura" i fjellsiden på nordsiden av Raudeberg. I sistnevnte er det olivinstein av en helt annen karakter enn på Selja.



Figur 8: Skisse av olivinsteinsforekomsten i Skarevika på Raudeberg. Mulig utgående er meget usikker. Flyfoto fra www.fylkesatlas.no (<http://norgebilder.no>).

Forekomsten i Skarevika (Figur 8) er imidlertid interessant da det her er stein som har store likheter med steinene på Selja. Vi finner de karakteristiske magnesitt/talk-årene, "rosettene" og ikke minst er forekomsten vesentlig mindre oppsprukket enn Deknepollen. Oppsprekkingsmønsteret følger et nærmest rektangulært system, noe som ville ha gjort det relativt enkelt å få ut blokker av tilsvarende dimensjoner som på Selja (relativt tynne, ofte lange og høye, se Nybø, 2000).

Nede ved vannet og et stykke opp i lia er forekomsten i dag fullstendig overbygget av havneanlegg og veier. Utbyggingen må ha startet før omkring 1900, da det fra den tiden kan ses veier (som fortsatt er tilstede) på gamle bilder (Figur 9). Bildene er ikke gode nok til å bestemme om det befinner seg et steinbrudd i vannkanten, men like over den y-formede veien (Figur 9) kan man fortsatt i dag se et stort innhukk i bergsiden som fører tankene til et steinbrudd. Vi observerte ikke spor etter gamle uttak her, men bergsiden er overgrodd med mose, gress, busker og trær - og det er heller ikke sikkert (som i Deknepollen) at brytningsspor vil være lette å se da uttak kan ha foregått langs sprekkene med spett- eller brekkjern-lignende verktøy.



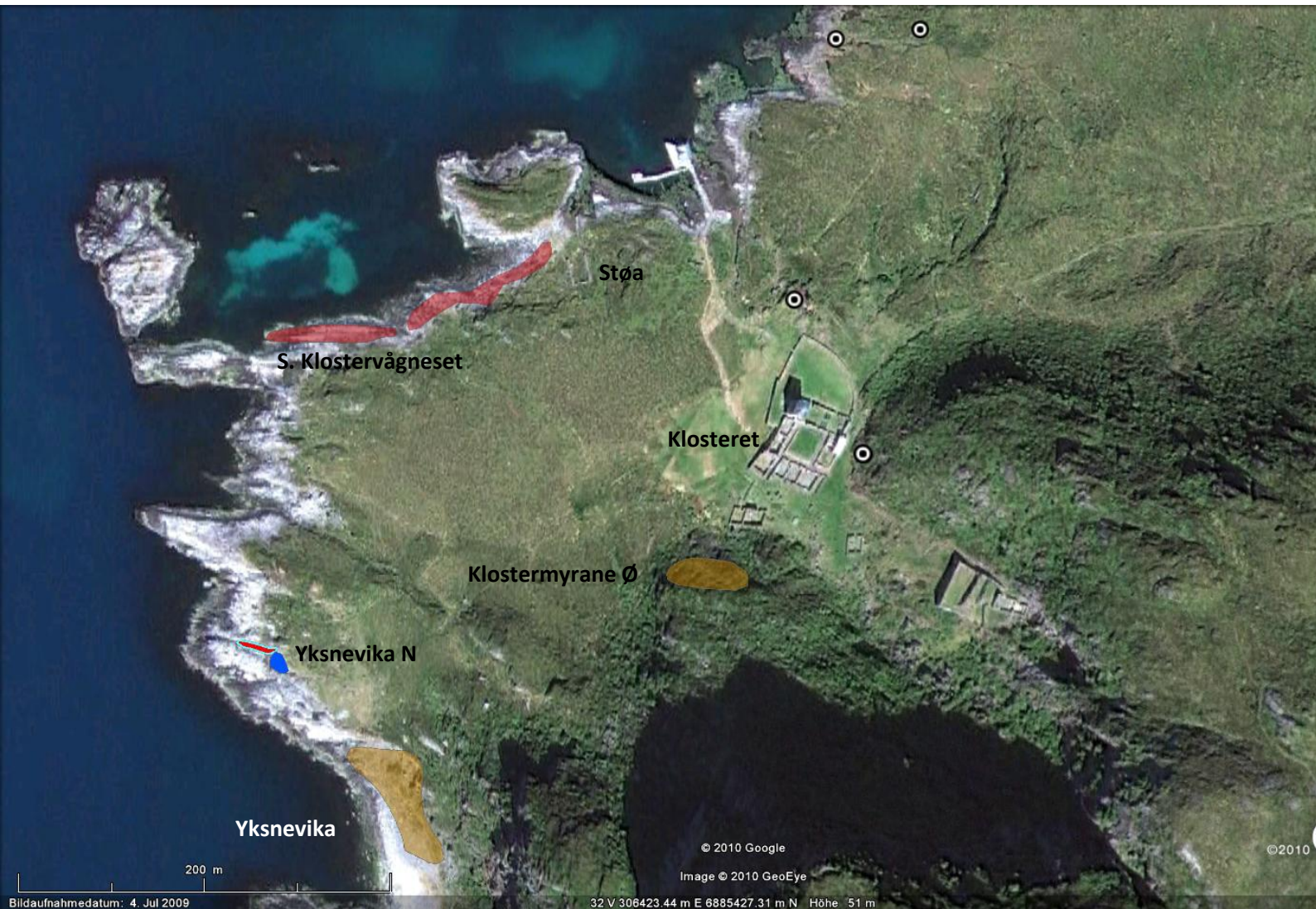
Figur 9: Raudeberg (Skarevika) omkring 1900. Den røde sirkelen angir hvor et eventuelt steinbrudd kan befinne seg; legg merke til at området var utbygget (vei) allerede for 100 år siden. Foto: Fylkesarkivet i Sogn og Fjordane (www.sffarkiv.no)

Over skrenten (Figur 8) er det innmark med grupper av trær. I en slik gruppe ligger det flere olivinsteinblokker av noenlunde samme karakter som på Selja nær fast fjell. Det finnes også en skrent nær et bolighus - en slags fortsettelse av skrentene ned mot veien. Det er kanskje i denne rekken av skrenter man eventuelt bør søke etter mulige spor av steinuttak.

Ut fra de visuelle observasjonene synes det som om Raudeberg er en vesentlig mer lovende lokalitet som kilde til steinene på Selja enn Deknepollen; transportveien er også en times tid kortere. At Deknepollen ga god match på de geokjemiske analysene som ble foretatt på 1990-tallet (Nybø, 2000) trenger ikke å bety at dette er kilden. Flere forekomster kan ha tilsvarende geokjemisk signatur; dette nevner da også Nybø i sitt arbeid: Forekomstene på Åheim gav noenlunde samme signatur som Deknepollen, men ble forkastet på grunnlag av diverse geologiske karakteristika og den problematiske transportveien (rundt Stad eller over Stadlandet). Når dette er sagt er det jo slett ikke umulig at det kan være flere kilder til steinene på Selja. Men både denne hypotesen og hypotesen om Raudebergs egnethet trenger naturligvis videre undersøkelser.



Figur 10: Olivinsteinforekomsten på Raudeberg med oversikter og detaljbilder av steinen sammenlignet med karakteristiske stein på Selja.



Figur 11: Oversikt over sikre og mulige steinbrudd på Selja. **Lys rød:** Gneisbrudd i form av relativt tykke heller. **Lys oransje:** Mulige gneisbrudd i form av heller og rektangulære blokker. **Rød med lys blå rand:** Tynne skifer, brukt til pinningstein. **Blå:** Arbeidsplass for pinningsteinproduksjon. Sirkler med prikk: Eklogittforekomster. Kart: Inntegnet i Google Earth.

Gråsteinbrudd på Selja

Alle tidligere forfattere (bl.a. Nybø 2000 og Enger 1949) har med rette foreslått at steinen til gråsteinsmurene i både romansk og gotisk periode ble funnet på Selja selv. Man har også slått fast at eklogitt i murkjernene kommer fra øya. Det er imidlertid ikke tidligere gjort noen forsøk på å lokalisere steinbruddene. Dette er ikke uvanlig; det er svært få av de hundrevis av gråsteinbrudd som må ha blitt benyttet til middelaldersk kirke- og klosterbygging som er funnet (eller lett etter) i Norge. På grunn av lite vegetasjon ligger forholdene godt til rette for å finne lokale brudd på Selja - og i løpet av to dagers undersøkelse fant vi da også to sikre og tre mulige brudd (Figur 11).

Området omkring Helgenanlegget domineres av båndet gneis. Vi har ikke utført noen geologisk undersøkelse, men det synes som om området sør og vest for anlegget har den potensielt beste stein for byggeformål. Her er står gneisen ofte med lett fall mot nordvest, den spalter opp i alt fra



Figur 12: Steinbruddet på S. Klostervågneset. Den beste steinen befinner seg i overkant av bildets midtpunkt.

desimeter til omtrent en centimeter tykke "plater" og "heller", fargen er grålig med mørkere og lysere bånd, ofte med innslag av rødlige slirer (større ansamlinger av kalifeltspat). Generelt er gneisen altså relativt sterkt foliert med trolig mest granodiorittisk sammensetning. Grensen mot mindre egnet stein synes å gå i skaret oppover moti Sunnivahola. Dette er vel en forkastningssone og på nordsiden av denne har gneisen en noe mer "kaotisk" struktur; her finnes også mange små eklogittforekomster som store "knuter" i gneisstrukturen. To eklogittforekomster ligger rett ved siden av klosteret.

Det er sannsynlig at løs stein rundt klosteret og i fjæra ble "samlet" i stort monn som del av byggeprosessen. Derfor kan en trolig ikke forvente å finne store gråsteinbrudd i området.

S. Klostervågneset

S. Klostervågneset har det største, sikre steinbruddet. Det ligger i fjæra omkring 200 m fra klosteret, fra den gamle båtstøa og ca. 150 m utover mot neset. Her spaltes gneisen i egnede tykkelser for gode blokkstein av tilsvarende dimensjoner som man spesielt finner på tårnet.



Figur 13: Blokkuttak med flere kilehull ved S. Klostervågneset.

Etter alt å dømme er det tatt ut flere "lag" med "heller" i deler av steinbruddet (Figur 12). I dag står det igjen flere skarpe steinkanter fra brytningen og det er mange spor etter kiling langs foliasjonen (Figur 13). Det kan se ut til at man har utført ordentlig kiling ved hjelp av forarbeidete, grunne kilehull, men også meisel-lignede redskaper kan ha vært i bruk for enkel kiling uten forarbeid. Tverrsprekker i steinen har blitt utnyttet og de ønskede blokkene har trolig brukket naturlig i bakkant under kileprosessen, evt. ved hjelp av spett- eller brekkjern-lignende verktøy. Vi har ikke funnet sikre spor av kiling på tvers av foliasjonen (kløven).

På S. Klostervågneset, nær den middelalderske støa, finnes i tilknytning til steinbruddet en stein med et borhull tvers gjennom. Det er vanskelig å si om hullet er boret manuelt eller med hydraulisk verktøy, men det vil uansett være langt yngre enn hva vi antar er alderen på steinbruddet (middelalder). Borhullet kan ha tilhørt en senere bryningskampanje eller være noe så enkelt som til bruk for ankring, men det setter naturligvis et spørsmålstegn ved den antatte alderen på bruddet. Utdrevet stein vil ha vært brukt til enten klosterbygningene (i middelalderen) eller til senere båtstøer i området. Vi har ikke funnet spor av støer rett ved bruddet (unntatt den middelalderske støa). Andre



Figur 14: Pinningsteinbruddet i Yksnevik N. I forgrunnen den skifrige gneisen som tjente til råstoff; i bakgrunnen (pil) produksjonsplassen for pinningstein.

støer nær klosteret, på nordsiden av Klostervågen er imidlertid bygget med stein tatt ut rett ved de respektive støene. En foreløpig konklusjon er dermed at det nyoppdagede steinbruddet kan dateres til en eller flere perioder fra oppføringen av Helgenanlegget. Etter alt å dømme ser vi her en flik av organisert middelaldersk drift på gråstein.

Yksnevik N: En unik perle av et pinningsteinbrudd

Snaue 200 m sør for gneisbruddet finner vi et annet brudd - eller rettere sagt et produksjonssted for pinningstein. Dette er et helt unikt steinbrudd/produksjonssted og tilsvarende har etter meg bekjent aldri før vært beskrevet i litteraturen.

Det er ikke å undres over at det finnes et eget brudd for pinningstein på Selja. Under oppføringen av klosteret og ombyggingen på 1200-tallet har man hatt behov for store mengder "småstein" som kunne fylle ut mellomrommene mellom de store hellene som er benyttet i de indre og ytre vangene i



Figur 15: Pinningsteinbruddet i Yksnevik N, produksjonsplassen. Hullet i forgrunnen ble gravd for å få et inntrykk av tykkelse og stratigrafi. Tykkelsen på laget av produksjonsavfall er 20-30 cm. Innfelt: gotisk murverk med bruk av pinningstein i østveggen til Albanuskirkens sakristi.

det gotiske murverket. "Småsteinene" som ble valgt var i stor grad tynne, flate skiferbiter (flis) av gneis som ble lagt oppå hverandre i ofte svært brede ståfuger og også fylte ut rommet i liggfugene. I tillegg ble det benyttet ymse formater der mellomrommene var for store for bruk av flate pinningstein. Begrepet "pinningstein" er kanskje ikke helt dekkende for måten slike ble benyttet i det gotiske murverket, all den tid "pinning" vanligvis benyttes om svært tynne skiferbiter i liggfuger. Likevel har vi valgt å holde oss til dette begrepet da det på en god måte gir assosiasjoner til det spesielle murverket på Helgenanlegget.

Pinningsteinbruddet befinner seg et fåtall meter fra produksjonsplassen (Figur 14, Figur 15). Her er gneisen utpreget skifrig, mer sådan enn på noe annet sted vi har observert omkring klosteret, noe som viser at plassen ble valgt med omhu. Enkelte steinbiter kunne lett brytes løs med håndmakt eller hammer og bringes over til arbeidsplassen for sortering og enkel videre bearbeiding, som å slå av spisse hjørner.



Figur 16: Terrassen under Sunnivakirken før Cato Engers restaurering på 1930-tallet. Et ras av stein! Foto: Riksantikvaren (T303_01_0088) Innfelt: Østveggen til tårnet (indre vestvegg til Albanuskirken) med rekonstruerte deler i småfallen gneis.

Produksjonsplassen måler kun ca. 6 x 5 m, men siden tykkelsen på avsetningene er i størrelsesorden 20-30 cm, ligger det faktisk kanskje så mye som 5 kubikkmeter gneisflis her. Det må utføres videre undersøkelser for å bekrefte eller avkrefte dette anslaget, men det kan være liten tvil om at vi ser konturene av en organisert produksjon av pinningstein for byggingen av Helgenanlegget.

Hvis da bare dateringen er korrekt! Dateringsspørsmålet er spesielt knyttet til at man under restaureringen av Helgenanlegget i første halvdel av 1900-tallet rekonstruerte store deler av murverket ved hjelp av små, flate gneisbiter i sementmørtel (Figur 16). Det er med andre ord mulig at man benyttet pinningsteinsbruddet under rekonstruksjonen. I følge Olav Olsen på Bø (østsiden av Selja), som over lang tid deltok i arbeidet under Cato Enger før andre verdenskrig, drev man ikke ut stein fra fast fjell på den tiden, men brukte det man fant omkring klosteret. Her var det enorme mengder stein, spesielt knyttet til rasmasser fra den gamle terrassen (Figur 16). Produksjon av



Figur 17: Klostermyran Ø. Mulig steinbrudd ved bergflatene rett ved siden av klosteret. Innfelt oppe: Spor av sannsynlig uttak av "heller". Innfelt nede: "Heller" i vangen i gotisk murverk i klosteret

småfalne gneisbiter til rekonstruksjon var et eget arbeid. Vi kan dermed med relativt stor sikkerhet slå fast at pinningsteinsbruddet er fra middelalderen.

Det skal legges til at rett ved siden av bruddet skal NIKU ha observert mulige hustufter. Så vidt vites er det disse som er markert på kartet i Riksantikvarens kulturminnesøk (www.kulturminnesok.no)

Klostermyran Ø

Rett sør for klosteret befinner det seg et ca. 30 m langt søkk eller innhukk i fjellsiden. Her er det på sørsiden god, helleformet gneis med mulige spor etter kiling (Figur 17). Hele søkket eller deler av det kan dermed godt representere et steinbrudd benyttet for f.eks. gotisk murverk, helleganger og gulv.

Det kreves etter alt å dømme arkeologisk utgravning, f.eks. i form av en grøft på tvers av søkket for å få bekreftet at det dreier seg om et steinbrudd.



Figur 18: Yksnevika med mange gneisblokker som naturlig spalter til brukbar bygningsstein.

Yksnevika

Yksnevika ligger nær pinningsteinsbruddet og utmerker seg med en mengde blokker som har spaltet til egnet bygningsstein (Figur 18). Det er svake spor etter kiling flere steder i vika, spesielt i de vestlige deler. Kanskje vi her ser mer et sted der stein ble sortert og samlet enn et virkelig steinbrudd?

Eklogitt ved klosteret

De to små eklogittforekomstene helt inntil klosteret (Figur 11) er sannsynlige kilder til den store mengden eklogitt som er benyttet i murkjernene (og i meget liten grad i vanger). I så fall må altså steinene ha blitt tatt ut av fast fjell, noe det er svake spor etter bak Albanuskirken. Hvis eklogitt er tatt ut fra fast fjell, kan man stille spørsmålet om hvorfor man gikk til et slikt skritt når det måtte finnes masse annen, egnet (løs) gneis i området. Var det noe symbolsk ved den fargesterke steinen? Eller er det mer nærliggende å tenke på en sammenheng med produksjon av ballast, f.eks. stein som ble til overs fra slik produksjon? Eklogitt er svært tung og har historisk blitt mye benyttet som ballast. Eller trengte man tyngde i murverket?



Figur 19: Et forfallent klosteranlegg og tårn, tegnet i 1867 av F. W. Schiertz.

Forvitring på tårnet

Tårnet er den eneste strukturen som har overlevd noenlunde intakt etter at klosteret gikk ut av bruk. Det er en romansk struktur, trolig bygget en eller annen gang mellom 1120 og 1160 inntil den daværende Albanuskirken, før denne ble ombygget. Følger en Marit Nybø (2000) ser det ikke ut til at tårnet har vært utsatt for større, senere ombygginger. Det ble imidlertid påvirket av brannen i 1305(?).

Restaureringshistorie

Fra omkring reformasjonstiden til Rivertz' restaurering i 1913 må tårnet ha stått uten tak. Tegninger fra 1800-tallet gir et levende bilde av tilstanden (Figur 19); på store deler av fasadene var det ytre murlivet borte, sannsynligvis som et kombinert resultat av naturlig nedfall og aktiv fjerning. Det grodde friskt på murkronen og vann og frost har hatt uhindret tilgang til hele tårnstrukturen.



Figur 20: Restaurert murverk på nord- og vestsiden av tårnet. Skisse basert på observasjoner og fotos fra tiden omkring restaureringen i 1913. Blå piler angir potensielle lekkasjesteder. Foto fra en dag etter sterkt regnvær.

Tårnfoten må ha blitt støttet opp med nytt murverk en gang før ca. 1890, men det var først og fremst Rivertz som omkring 1913 sørget for en grundig restaurering, da det åpne, ytre murlivet ble gjenmurt, stort sett ved hjelp av småfallen gneis eller flis i sementmørtel (Figur 20, Figur 21). Slik ble det nye murverket god skilt fra det gamle. Etter 1913 har det ikke blitt utført store restaureringsinngrep. Cato Enger supplerte noe murverk på 1930-tallet og det har vært utført spekking med sementmørtel trolig i flere omganger. Den nåværende konserveringen har kun hatt som mål å fjerne gammel sementmørtel, erstatte denne med kalkbasert mørtel og ellers stabilisere skadet murverk.

Oversikt over skadene

På bakgrunn av at tårnet sto til nedfalls i 500 år må dagens tilstand betraktes som relativt god. Det eneste virkelig påfallende er det skadde utseende til olivinsteinen i gavlveggen til skipet (som



Figur 21: Restaurert murverk på sør- og østsiden av tårnet. Skisse basert på observasjoner og fotos fra tiden omkring restaureringen i 1913. Blå piler angir potensielle lekkasjesteder. Foto fra en dag etter sterkt regnvær.

samtidig er østveggen i tårnet). Den nåværende utsiden ser mest skadet ut, men også innvendig er det mye forvitring. I tillegg er olivinsteinen i buen i tårnets andre etasje og diverse profilstein rundt vinduer sterkt skadet. Det samme kan man si om mye murverk i gneis på innsiden av tårnet, spesielt i toppetasjen, men dette er mindre påfallende enn når det gjelder olivinstein.

Lite påfallende, men ikke mindre viktig, er også vanninntrenging og regelrette lekkasjer i deler av murverket, spesielt i området omkring vindeltrappen og generelt i det nordvestre hjørnet. Det er vanskelig å nøyaktig bestemme hvor de enkelte lekkasjer har sin opprinnelse, men generelt må det dreie seg om sprekker i fugene og tildels også gamle, ikke gjenmurte stillashull. I tillegg virker



Figur 22: Istapper nederst i vindeltrapp.



Figur 23: Omfattende kalkskorper i portalen på vestveggen. Disse har blitt dannet suksessivt siden restaureringen i 1913 og er fremdeles "aktive". Det renner vann her i regnvær (se istappen).

det som om det er flere lekkasjer i gesimsområdet.

Ikke minst må en ta hensyn til at kondensasjon kan skape svært mye fukt her ute i havgapet, spesielt når mild luft kommer inn etter kuldeperioder (spesielt høst og vår). Det er også verd å merke seg at all sementen som ble brukt under restaureringene øker faren for fuktproblemer forårsaket av kondensasjon, spesielt når slik fukt blir "fanget" bak en vange murt med tett sement (som ikke "puster" eller er diffusjonsåpen slik en kalkmørtel er).

På flere steder ute, men til en viss grad også inne (spesielt på den tynne nordveggen i første etasje), forekommer det kalkskorper (Figur 23). Dette er kalkspat som typisk har blitt felt ut fra ikke-karbonatisert kalsiumhydroksid i sementmørtel når vann har rent gjennom murverket. Kalkskorpene er en indikasjon på tidligere eller nåværende lekkasjer, men vanninntrengning kan ofte ha foregått langt unna der fukten kommer ut og skorpene dannes.



Figur 24: Sterkt forvitret olivinstein på den innvendige delen av tårnets østportal (skipets vestportal).

Steinforvitring

Våre observasjoner tyder ikke overraskende på at den mest intense steinforvitringen forekommer på murverk som har vært sterkest utsatt for brann. Dette gjelder spesielt østveggen ute og inne og flere deler av murverket i andre og tredje etasje. Det er sannsynlig at både murverket som sådan (med fuger) og de enkelte stein ble utsatt for frostforvitring gjennom den lange tiden da tårnet sto uten tak (dette var i "Den Lille Istid" som hadde et noe kaldere klima enn i dag). Men forvittringsformene som kan observeres tyder mer på at det er salt som har bidratt mest til forvitringen.

Former som typisk dannes av saltforvitring er bl.a. sammenhengende, større og mindre groper i steinen, noen ganger som såkalt *tafoni* (f.eks. Boxerman, n d), og "avrunding" av steinene. Slike former er fulgt av pulverisering av steinoverflaten, dvs. at overflaten mister enkelte mineralkorn eller "sander". Førstnevnte er typisk på olivinsteinen (Figur 24), den andre formen forekommer både på olivinstein og gneis, men er mest typisk på sistnevnte når den har vært utsatt for brann.



Figur 25: Brent olivinstein i tårnets tredje etasje. Legg merke til at fargen ytterst er blitt intenst rød og at det ytterste laget flaker av. Legg også merke til avrundingen av gneisblokkene. Dette er et tegn på saltforvitring.

Nedbrytning av olivinstein

Saltforvitring skal beskrives i detalj i neste underkapittel. Her skal vi først poengtere at olivinstein teoretisk ikke er en spesielt holdbar stein; olivin er faktisk det mineralet som geologisk sett er minst bestandig overfor atmosfærisk nedbrytning (vann, luft, oksidasjon). Dette gir seg utslag i kjemiske forandringer og spesielt dannelse av nedbrytningsproduktet iddingsitt langs korngrenser og inne i olivinkorn (Figur 3). Iddingsitt er en viktig faktor når det gjelder den røde fargen på olivinsteinforekomster i naturen. I vårt tilfelle var altså olivinsteinen tildels forvitret før den ble tatt i bruk på Selja. Men uten sterk brannpåvirkning er det sannsynlig at den videre forvitring hadde gått langsommere enn hva vi kan observere på tårnet (Figur 25). Her er det bare å ta en titt på olivinstein som ikke har vært påvirket av brann eller som har blitt delvis omhugget og gjenbrukt (f.eks. på Sunniva-kirken). Nå har vi videre den "paradoksale" situasjon at olivinstein er kjent som en varmebestandig stein som brukes i en rekke industriprosesser. Her dreier deg seg imidlertid spesielt om det høye



Figur 26: "Dråpetesten" på en liten bit olivinstein: På den lyse talk/magnesitt åren blir dråpen stående lenge, på de gulbrune olivinpartiene suges den opp umiddelbart. Sistnevnte er altså vesentlig mer porøs.

smeltepunktet til olivin (1800 grader). Differensiell varmpåvirkning i en brannsituasjon vil etter alt å dømme kunne gi opphav til mikrosprekker som dermed vil ha betydning for videre forvitringsprosesser.

En kompliserende faktor er at vi har å gjøre med en omvandlet olivinstein med et høyt innhold av magnesitt og talk, spesielt som sprekkefyllinger. Talk er svært varmebestandig, men magnesitt (magnesiumkarbonat) vil oksideres under sterk varmpåvirkning (som kalkspat) og det vil dannes magnesiumoksid. Akkurat som hos brent kalk vil magnesiumoksidet etter brannen reagere med vann og luftens karbondioksid til magnesiumhydroksid og videre tilbake til magnesitt. Men hele denne prosessen vil være fulgt av volumforandringer og dermed (mikro)oppsprekking.

Som om ikke alt dette er komplekst nok, må vi også betone at olivinstein med talk/magnesittårer som *ikke* har vært utsatt for brann tendensielt vil vise sterkest forvitring i de olivinrikeste partiene, også i naturlige forekomster (Figur 10). Dette har etter alt å dømme sammenheng med stein-



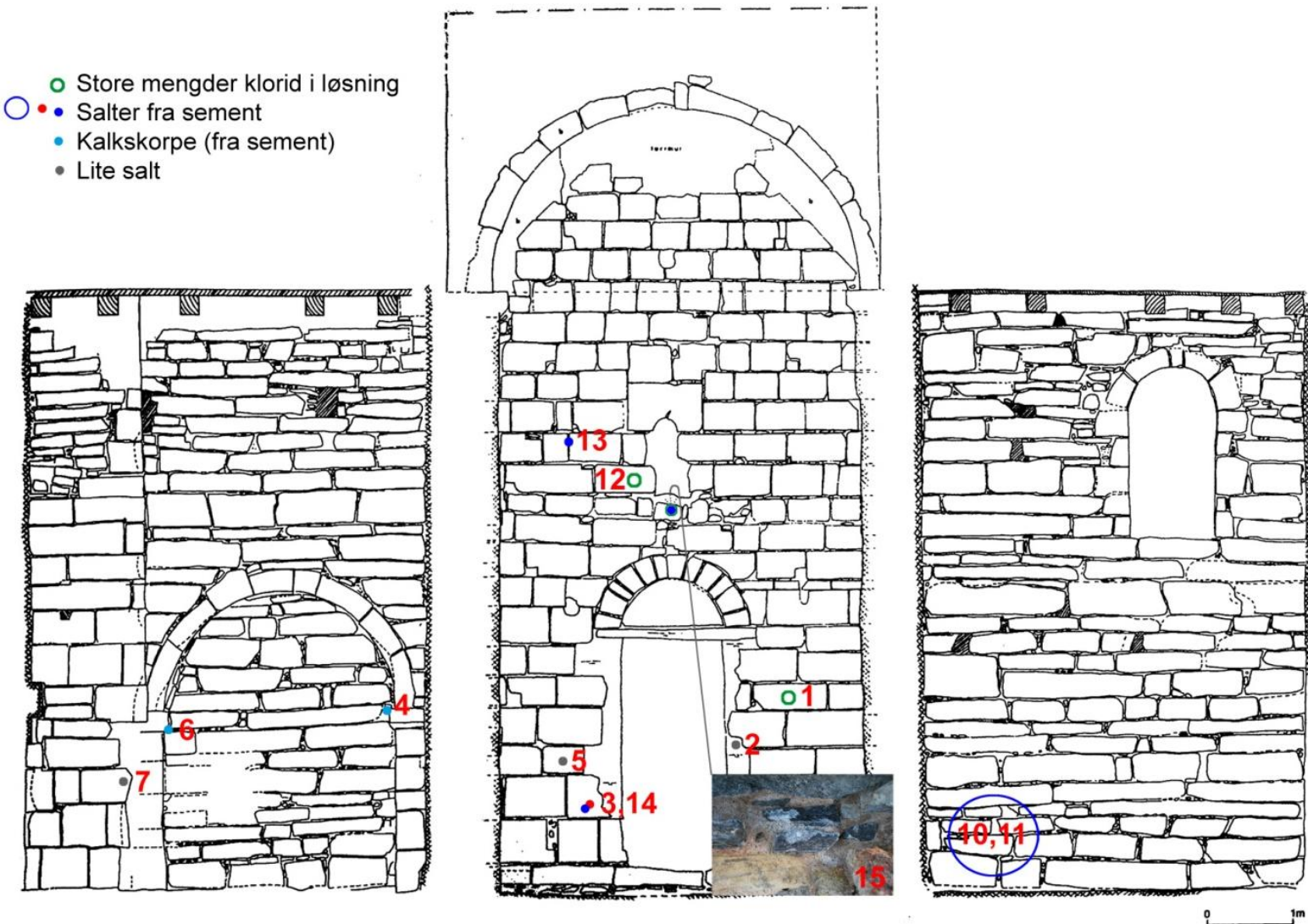
Figur 27: Forvitring av olivinstein på utsiden av tårnets østvegg (skipets indre vestvegg). De grålige "rosettene" består av talk og magnesitt - de olivinrike partiene i steinen har forvitret nærmest fullstendig bort.

struktur, omdannelse av olivin til iddingsitt og at olivinrike partier generelt er mer porøse enn talk/magnesittårene.

Det siste kan man enkelt teste ved å plassere en dråpe vann på henholdsvis olivinpartiene og talk/magnesittårene (Figur 26): På førstnevnte vil dråpen forsvinne med en gang, på årene vil den bli stående i kanskje flere minutter. At olivinrike partier lett suger opp vann - og dermed saltløsninger - er et viktig fenomen når det gjelder saltforvitring i denne steintypen. På Selja er det årene som "står" ut, mens olivinpartiene har "forvitret ned" (Figur 27).

Spesielt om saltforvitring

Svært forenklet finner saltforvitring sted når et salt i en vandig løsning krystalliserer nær overflaten på en stein og sprenger deler av denne bort (enkeltn mineraler, mineralaggregater, mindre flak, se beskrivelse i Storemyr, 1997). Saltforvitring finner stort sett sted på mer eller mindre beskyttede steder, f.eks. innendørs og vegger vendt bort fra slagregnsiden; i vestlige deler av Norge altså typisk



Figur 28: Oversikt over prøver og saltanalyser i de indre deler av tårnets førsteetasje. Se appendiks 1 for detaljer. Grunnlagsplanene er reproduisert etter Nybø (2000).

på østvegger. Der regnet står på vil saltet vaskes bort (eller trenge inn gjennom sprekker og porene i steinen; vel å merke bare når det gjelder svært porøse stein).

En lang rekke salt kan finnes på bygninger og bidra til nedbrytning av disse. Globalt har det vært vanlig å betrakte halitt (natriumklorid, koksalt) som et sentralt bidrag til saltforvitring i kystmiljøer. Dette er naturligvis på grunn av at sjøsprøyt vil inneholde sine 3 % av dette saltet (se f.eks. Chabas & Jeannette, 2001; Mottershead, 1998; Smith et al., 2004). I tillegg vil den opprinnelige kalkmørtelen på Selja kanskje ha bidratt med natriumklorid. Dette er fordi den inneholder skjellsand (se under) og dermed kan ha vært hentet fra sjønære steder (teoretisk også fra strender).

Under arbeidet tok vi 13 saltprøver på østveggen og tilgrensende vegger i første etasje (Figur 28). I alle prøvene var det klorid til stede - i tre av dem sågar store mengder. Men det fantes ingen tegn til halitt, altså natriumklorid i krystallin form. Dette er lett å forklare med at været var for fuktig da vi tok prøvene. For at halitt skal kunne krystallisere må relativ luftfuktighet (teoretisk, og stort sett også



Figur 29: Saltene thenarditt og mirabilitt (natriumsulfater) fører til avskalling av små flak i gneis på tårnets østvegg innvendig. Disse saltene stammer fra bruken av Portlandsement under restaureringene av tårnet. Bildebredde ca. 10 cm.

i praksis) være lavere enn ca. 75 %; det var den til dels også etter at regnværet tok slutt. Dette gjelder imidlertid luften; til tross for at vinden sørger for rask opptørking var fuktigheten nær og i veggene langt over dette nivået (det var fuktflekke på veggene). Med andre ord: for at halitt skal kunne krystallisere og forvolde skade på murverket på Selja kreves det relativt lange tørkeperioder. Spørsmålet er når slike potensielt kan finne sted. Et blick på klimastatistikken for de siste 6-7 årene indikerer at lengre perioder uten regn og samtidig med lav nok relativ luftfuktighet kan opptre på våren (dette er typisk for kystklimaer i Norge). Fra et teoretisk perspektiv kan man derfor tenke seg at det finner sted krystallisasjon av halitt i enkelte vårsesonger. Dette ville i alle fall kunne forklare forvittringsformene som nær sagt alle gir inntrykk av at det har funnet sted saltforvitring over lang tid. Uten å ha observert at slik krystallisasjon faktisk skjer forblir dette naturligvis en hypotese.

Klorid er bare ett av saltene som opptrer på Seljas tårn. I tillegg finnes det natriumkarbonater (trona, natritt og thermonatritt) og natriumsulfater (mirabilitt og thenarditt) og sannsynligvis litt nitrat. De



Figur 30: Forvitret olivinstein i buen i tårnets øverste etasje. Legg merke til hvordan nettverket av tynne årer (talk/magnesitt) står frem fra den mer forvitrede "grunnmassen" av olivin.

førstnevnte saltene kan generelt krystallisere i langt fuktigere vær enn halitt (Figur 29). Da både olivinsteinen og kalkmørtelen sannsynligvis ikke bidrar mye til opprinnelsen av disse saltene, må sementen som er benyttet ved restaureringen være hovedkilden. Dette er et svært velkjent fenomen. Det er klart at disse saltene kan ha bidratt mye til forvitringen gjennom de nesten 100 år de har vært tilstede på tårnet. Men, som vi skal se nedenfor, har ikke skadene (på utsiden) utviklet seg veldig mye i denne perioden. Derfor kan tilstedeværelsen av disse saltene på ingen måte forklare mesteparten av forvitringen vi i dag kan observere.

Spesielt om frostforvitring

Frostskader vil teoretisk kunne oppstå når et materiale (stein, mørtel) er nær sagt mettet med fukt og temperaturen inne i materialet samtidig er lav nok til at vannet i porene kan fryse og utvide seg. Frostskader kan med andre ord ikke oppstå bare ved at den omgivende temperaturen synker til under nullpunktet, men forekommer typisk ved sterk nedkjøling etter en fuktig periode.



Figur 31: Et av de aller første bildene av Helgenanlegget, tatt av C. Abel omkring 1890 (Riksantikvaren).

Salt, typisk sett natriumklorid, bidrar til senkning av frysepunktet (jfr. salting av veier og gater). Siden det er mye klorid i murverket på Selja må en kunne anta at dette vil bidra til senking av frysepunktet også her. Derfor må en videre anta at det kreves temmelig sterk nedkjøling etter svært fuktige perioder for at frostskafer skal kunne oppstå. Et blick på klimastatistikken (appendiks 2) forteller at dette skjer svært sjelden på Selja, i høyden et par ganger i året. I "Den Lille Istid" med sitt høydepunkt på 1600- og 1700-tallet vil det etter alt å dømme ha forekommet noe oftere, da middeltemperaturen var 1-2 grader under dagens nivå (om "Den Lille Istid" i forvitningsperspektiv, se Storemyr, 2004; 2010).

Frostskafer har generelt blitt antatt å manifestere seg som avskalling og oppsprekking, altså relativt "store" skader, men da slike skader er ytterst vanskelige å bestemme empirisk, er det lite i veien for at også "mindre" skader, som pulverisering av overflater, kan forekomme. Som konklusjon: Det er fullt mulig at frost kan ha en finger med i spillet når det gjelder steinskadene på Selja, men potensielt vil dette ha vært viktigere i "Den Lille Istid" enn i dag - også fordi murverket på tårnet da sto uten tak og dermed var mye mer utsatt for fukt.

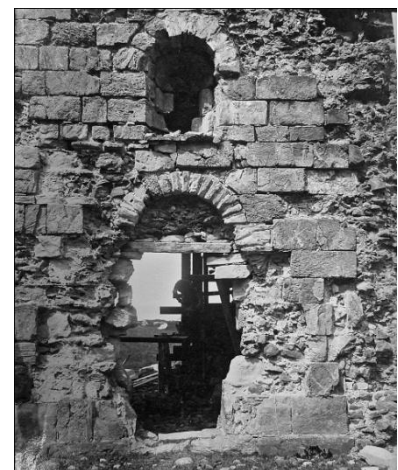


Figur 32: Skipets vestportal etter restaureringen i 1913 (foto: RA) og i 2010. Piler viser noen av endringene.

Risiko for fremtidige skader

Den korte tiden som sto til rådighet for undersøkelsene innebar at det ikke var mulig å kartlegge tårnets skader i detalj og derfor har vi bare kunnet legge frem hypoteser for hva som er årsakene til forvitringen. Det synes klart at brann, tiden tårnet sto uten tak, løselige salter, frost - og ikke minst den naturlige (kjemiske) forvitringen av olivin alle på sitt vis har bidratt til forvitringen, men det kan også finnes ytterligere årsaker, så som biologiske faktorer.

Til tross for at vi ikke i detalj kjenner forvitringsårsakene, er det likevel mulig å si noe om risikoen for fremtidige skader. Dette er fordi vi kan benytte gamle fotos for å bedømme hvor raskt forvitringen har utviklet seg de siste omtrent hundre år og projisere inn i fremtiden ved hjelp av ulike scenarioer for



Figur 33: Skipets vestportal før restaureringen i 1913. Foto: RA



Figur 34: Forvitret murkjerne på tårnets østre fasade (skipets vestre vegg innvendig).

klimautviklingen og naturligvis også for hvordan man forventer at tilsyn og vedlikehold vil bli. Spesielt ved hjelp av detaljbilder av skipets vestportal (tårnets østportal) kan vi slå fast at forvitringen siden restaureringen i 1913 har utviklet seg langsomt (Figur 32). Tilstanden til olivinsteinene har endret seg ytterst lite; de fleste (små) forandringer kan observeres i feltene der murkjernen står åpen. Her er kalkmørtelen noe mer forvitret i dag og enkelte mindre stein har falt ut (se også Figur 34). Det er altså åpenbart at restaureringen(e) har hatt en svært positiv effekt. På de øvrige ytre fasadene er bildet det samme: i løpet av de siste hundre år kan det knapt observeres endringer. Vi vet imidlertid ikke hvordan tilstanden har utviklet seg på innerveggene, da det for disse ikke finnes historiske bilder. Noen stor forskjell i forvitringshastighet i forhold til hva som er observert på den relativt værbeskyttede østveggen er imidlertid lite sannsynlig.

Når nå den pågående konserveringen etter alt å dømme vil både forbedre tilstanden og virke preventiv i forhold til muligheter for videre skader (fjerning av sement, tetting av lekkasjer), så skulle det være liten grunn til bekymring i de neste 100 år. Man kan forutse at tilsyn og vedlikehold vil bli ytterligere forbedret og også at klimaet trolig vil utvikle seg positivt for tårnet og anlegget som sådan.



Figur 35: Dokumentasjon ved hjelp av Google Maps. Klikk på bildet og kartet åpner seg i Google Maps.

Alle prognoser peker i retning av varmere forhold og det vil bety mindre frost her ute i havgapet. Blir det tørrere, spesielt på våren, kan vi oppleve en intensivering av saltforvitring (halitt), men her er usikkerheten stor. Saltforvitring er også påvirket av vanninntrengning, og når lekkasjer blir sjeldnere på grunn av bedret vedlikehold vil potensialet for saltskader synke. Sterknedbør og noe hyppigere sterk vind vil på den annen side øke mulighetene for katastrofale skader, som f.eks. at taket blåses bort. Muligheten for slike skader er imidlertid også sterk knyttet til godt tilsyn og vedlikehold (om klimaendringer og forvitring, se f.eks. Haugen, 2008a; 2008b; Ibenholt, 2009; Storemyr, 2004; 2010)

Dokumentasjon

Som nevnt i innledningen er det i prosjektet også lagt frem et forslag til dokumentasjon av utførte konserveringsarbeider og funn som gjøres under arbeidet. Det var en forutsetning at dokumentasjonen skulle være internettbasert. Forslaget som er fremlagt befinner seg på en



Figur 36: Den ubeskyttede kjernen i skipets nordmur består av "grov" kalkmørtel og store mengder eklogitt.

passordbeskyttet side på www.per-storemyr.net (kontakt undertegnede for mer detaljer). Her er det med eksempler beskrevet en løsning basert på mulighetene som tilbys i Google Maps (Figur 35). Kjernen i forslaget er altså kartbasert (grunnplaner for ruinen/ruinene) og interaktivt, dvs. at både brukere og publikum kan lokalisere en bygningsdel og legge inn/se på beskrivelser, bilder og videoer. I tillegg legges det ut overordnede beskrivelser og rapporter (i html- og pdf-format). Hvis et slikt system blir valgt, forutsetter det naturligvis en internettportal og en egnet host.

Andre observasjoner

Nybø (2000) fikk utført diverse analyser fra mørtelen på klosteret, bl.a. i forbindelse med dens sammensetning (Kvande & Waldum, 1998) og et forsøk på å datere den (med C14). Sistnevnte forsøk slo feil, spesielt fordi det ble påvist skjellsand i mørtelen. Våre observasjoner bekrefter til dels at mørtelen inneholder skjellsand, men at det er store variasjoner fra mur til mur; noen murer, f.eks. den åpne på nordsiden av skipet, ser ikke ut til å inneholde veldig mye skjellsand.



Figur 37: Mørtel fra klosteret med skjellsand (piler viser skjellfragmenter). Det høyre bildet viser en brent marmorbit fra muren på skipets nordside.

Sistnevnte mur har relativt store mengder brente marmorbiter i mørtelen (biter som ikke er smuldret ved lesking). Dette skulle vel bety at kalken har sin opprinnelse fra fast fjell og ikke er tilvirket fra en rik skjellsand. Det finnes ikke marmorforekomster i rimelig nærhet sør for Selja, altså er det sannsynlig at kalken kommer fra en eller flere av forekomstene nord for Stadlandet, f.eks. på Sandsøya, Voksa og Breidvik ved Larsnes (Vogt, 1897). Her er det en rik kalkbrenningstradisjon fra forekomster som varierer fra grovkornet marmor til mer finkornet, krystallinsk kalkstein. Hvis dette er tilfelle, ville transporten naturligvis vært relativt vanskelig.

Selv om marmorbitene er sterkt preget av brenning, virker det å dreie seg om en relativt finkornet stein med utpreget foliasjon, kanskje heller en krystallinsk kalkstein enn en marmor. Men egenkapene kan bare mer nøyaktig bestemmes ved videre analyser (mikroskopi). Brenningen kan ha gjort det umulig å proveniensbestemme steinen, noe som uansett vil være tidkrevende og vanskelig, da de nærmeste forekomstene i så fall må undersøkes og analyseres (mikroskopi, isotopanalyser). Men kanskje er det et forsøk verd?



Figur 38: Fra pinningsteinbruddet i Yksnevik N: små gneisplater er brutt ut av det skifrige berget.

Forslag til videre arbeid

Arbeidet på Selja hadde karakter av et forprosjekt og som rapporten har vist, gjenstår det en del arbeid innen alle områdene som ble undersøkt:

Olivinsteinbrudd

Prøver fra Raudeberg, Deknepollen og Helgenanlegget er allerede sendt til Norges geologiske undersøkelse for analyser (spesielt sporelementanalyser) for å belyse proveniensen til olivinsteinen. Hvis mulig, bør disse analysene sammenholdes med de tidligere analysene utført av Nybø/Askvik/Furnes. Avhengig av resultatene, kan en tenke seg eventuelle videre analyseprogrammer og nærmere arkeologiske og geologiske undersøkelser omkring forekomstene (Raudeberg og Deknepollen). Første del av slike undersøkelser vil være overflatekartlegging, et eventuelt neste steg enklere gravning.

I tillegg bør man foreta leting etter et eventuelt lite olivinsteinbrudd på Selja.

Gneisbruddene på Selja

Gneisbruddene på Selja har stor verdi som noen av de aller første (mulige) middelalderske gråsteinbrudd beskrevet i Norge. Videre undersøkelser kan derfor sette middelalderens byggeprosesser i et nytt og bedre perspektiv. Det hadde naturligvis vært ønskelig å finne og undersøke gråsteinsbrudd også i tilknytning til andre ruinanlegg for å kunne sammenligne med Selja (et anlegg som peker seg ut er Reinskloster, der mulige gråsteinbrudd er kjent).

Undersøkelser som kan utføres på Selja inkluderer:

- Karakterisering av steinene på Helgenanlegget og enkel geologisk undersøkelse av området rundt for kanskje å kunne nøyaktig kildebestemme steinene.
- Arkeologiske undersøkelser av steinbruddene, med enkel sjaktning i to av dem (pinningsteinbruddet i Yksnevika N og Klostermyrane Ø) for karakterisering, mulig datering og evt. funn.
- Forsøk på å rekonstruere brytning og logistikk (teknikker, transport etc.).

For **eklogittforekomstene** kan man også tenke seg nærmere feltundersøkelser, samt en vurdering av hypotesen om at bruken på Helgenanlegget kan ha sammenheng med produksjon av ballast.

Forvitring

Forvitringsundersøkelsene bør suppleres med:

- Mer nøyaktig kartlegging av hele tårnet innvendig og i forhold til mulige lekkasjepunkter utvendig.
- Opprettelse av noen få monitoring-testfelter hvor forvitringen kan følges gjennom mange år.
- Observasjon av forvitring og saltutblomstringer om våren (eller generelt i langvarige, tørre perioder)

Dokumentasjon

Forslaget som er fremlagt må diskuteres av de involverte parter og videre arbeid planlegges.

Kalkmørtel

Hvis ønskelig kan det settes opp et program for videre undersøkelse av kalkmørtelen som bl.a. kan inkludere proveniens til sand (skjellsand) og kalk.

Bibliografi

- Boxerman, J. (n.d.). Tafoni. Retrieved from <http://www.tafoni.com/Welcome.html>.
- Chabas, A., & Jeannette, D. (2001). Weathering of marbles and granites in marine environment: petrophysical properties and special role of atmospheric salts. *Environmental Geology*, 40(3), 359-368. Springer Berlin / Heidelberg. doi: 10.1007/s002540000157.
- Djupedal, T. (1996). *Selja - Kulturhistorisk handbok*. Førde: Selja Forlag.
- Enger, C. (1949). Helligdommen på Selja. *Fortidsminner*, 31.
- Haugen, A. (2008a). Saltkrystallisasjon i stein og mørtel - Tilpasning til klimaendringer i norske kommuner. Retrieved from http://www.klimakommune.no/kulturarv/Saltkrystallisasjon_i_stein_og_m_rtel.shtml.
- Haugen, A. (2008b). Frostsprengning av bygningsmaterialer i kulturminner - Tilpasning til klimaendringer i norske kommuner. Retrieved from http://www.klimakommune.no/kulturarv/Frostsprengning_av_bygningsmaterialer_i_kulturminner.shtml.
- Ibenholt, H. (2009). Bygningsarv og klimaendringer. Retrieved from http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Klima_og_kulturarv/Konferanse/Foredrag/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=112656.
- Kvande, T., & Waldum, A. M. (1998). *Analyse av gamle kalkmørtler. Samling av prøveresultater. Prosjektrapport 239*. Oslo. Retrieved from <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/Prosjektrapport239.pdf>.
- Mottershead, D. N. (1998). Coastal weathering of greenschist in dated structures, South Devon, UK. *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, 31(4), 343-346. doi: 10.1144/GSL.QJEG.1998.031.P4.07.
- Nybø, M. (2000). *Albanuskirken på Selkja. Klosterkirke eller bispekirke?* (PhD thesis.). Bergen: University of Bergen.
- Riksantikvaren. (n.d.). Ruinprosjektet. Retrieved from <http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Ruinprosjektet/>.
- Smith, B. J., Baptista-Neto, J. A., Silva, M. A. M., McAlister, J. J., Warke, P. A., & Curran, J. M. (2004). The decay of coastal forts in southeast Brazil and its implications for the conservation of colonial built heritage. *Environmental Geology*, 46(3-4), 493-503-503. Springer Berlin / Heidelberg. doi: 10.1007/s00254-004-1051-y.
- Storemyr, P. (1997). *The Stones of Nidaros: An Applied Weathering Study of Europe's Northermost Medieval Cathedral*. Retrieved from http://perstoremyr.files.wordpress.com/2010/07/1997_storemyr_the_stones_of_nidaros.pdf.

- Storemyr, P. (2004). Weathering of soapstone in a historical perspective. *Materials Characterization*, 53(2-4), 191-207. doi: 10.1016/j.matchar.2004.06.015.
- Storemyr, P. (2010). Fra "Luftangrep" til klimaendring: Forvitring på Nidarosdomen i historisk og politisk kontekst. In K. Bjørlykke, Ø. Ekroll, & B. Syrstad Gran (Eds.), *Nidarosdomen – ny forskning på gammel kirke* (pp. 164-191). Trondheim: Nidaros Domkirkes Restaureringsarbeiders forlag. Retrieved from http://perstoremyr.files.wordpress.com/2010/09/2010_storemyr_luftangrepforvitringnidarosdomen1.pdf.
- Vogt, J. H. L. (1897). *Norsk marmor*. Kristiania (Oslo): Norges geologiske undersøgelse. No. 22, Aschehoug. Retrieved from http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2006083100016.
- Wikipedia. (n.d.). Iddingsit. Retrieved from <http://de.wikipedia.org/wiki/Iddingsit>.

Appendiks 1: Saltanalyser

Prøver og analyser Selja. Analysemetoder beskrevet i Storemyr (1997). Analysene utført ved CSC Conservation Science Consulting i Fribourg (CH).

Prøve		Salttyper (mikroskopi)		Anioner bestemt med Merckoquant strips a)			pH	Kommentarer
Nummer	Type	Salt 1	Salt 2	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻		
7.11.2010, svært fuktig vær, snøvær, murene delvis våte av regnvann og evt. kondens								
Selja 1	Pulver			xxx	x	x	7	Forvitret feltspat og kvarts, få tegn til salt
Selja 2	Pulver			x	x	-	7	Forvitret feltspat og kvarts, få tegn til salt
Selja 3	Pulver	Mir		x	x	xxx	7	Store korn, knapt i ferd med å omvandles
Selja 4	Skorpe	Kal						Alt bruser vekk i 2M HCl
Selja 5	Pulver			x	x	-	7	Olivinkrystaller, delvis omvandlet. Mulig svake tegn til gips
Selja 6	Skorpe	Kal		-	-	-		Alt bruser vekk i 2M HCl
Selja 7	Pulver			x	x	-	7	Kun talk og litt olivin
10.11.2010, tørre vær, kaldere, murene stort sett uttørket, men høy fuktighet nær overflatene								
Selja 10	Pulver	Ter	Ten	x	-	xxx	11	Ter kan teoretisk være tro
Selja 11	Pulver	Ter	Ten	-	-	xxx	11	Ter kan teoretisk være tro. Trolig litt gips til stede
Selja 12	Pulver			xxx	xx	xxx	7	Kvarts, feltspat, talk? Gips trolig til stede
Selja 13	Pulver	Ten		-	x	xxx	7	Fint pulver med 1 ordens int. farger.
Selja 14	Pulver	Ten		-	x	xxx	7	Fint pulver med 1 ordens int. farger.
Selja 15	Pulver	Tro		xxx	-	xxx	11	Korte trona-nåler, mulig gips til stede

Forklaringer:

Mir = Mirabilit; natriumsulfat med krystallvann (Na₂SO₄•10H₂O)

Ten = Thenarditt; natriumsulfat (Na₂SO₄)

Kal = Kalkspat; kalsiumkarbonat (CaCO₃)

Ter = Thermonatritt; natriumkarbonat med krystallvann (Na₂CO₃•H₂O)

Tro = Trona; natriumhydrogenkarbonat med krystallvann (Na₃H(CO₃)₂•2H₂O)

Gips; kalsiumsulfat med krystallvann (Ca₂SO₄•2H₂O)

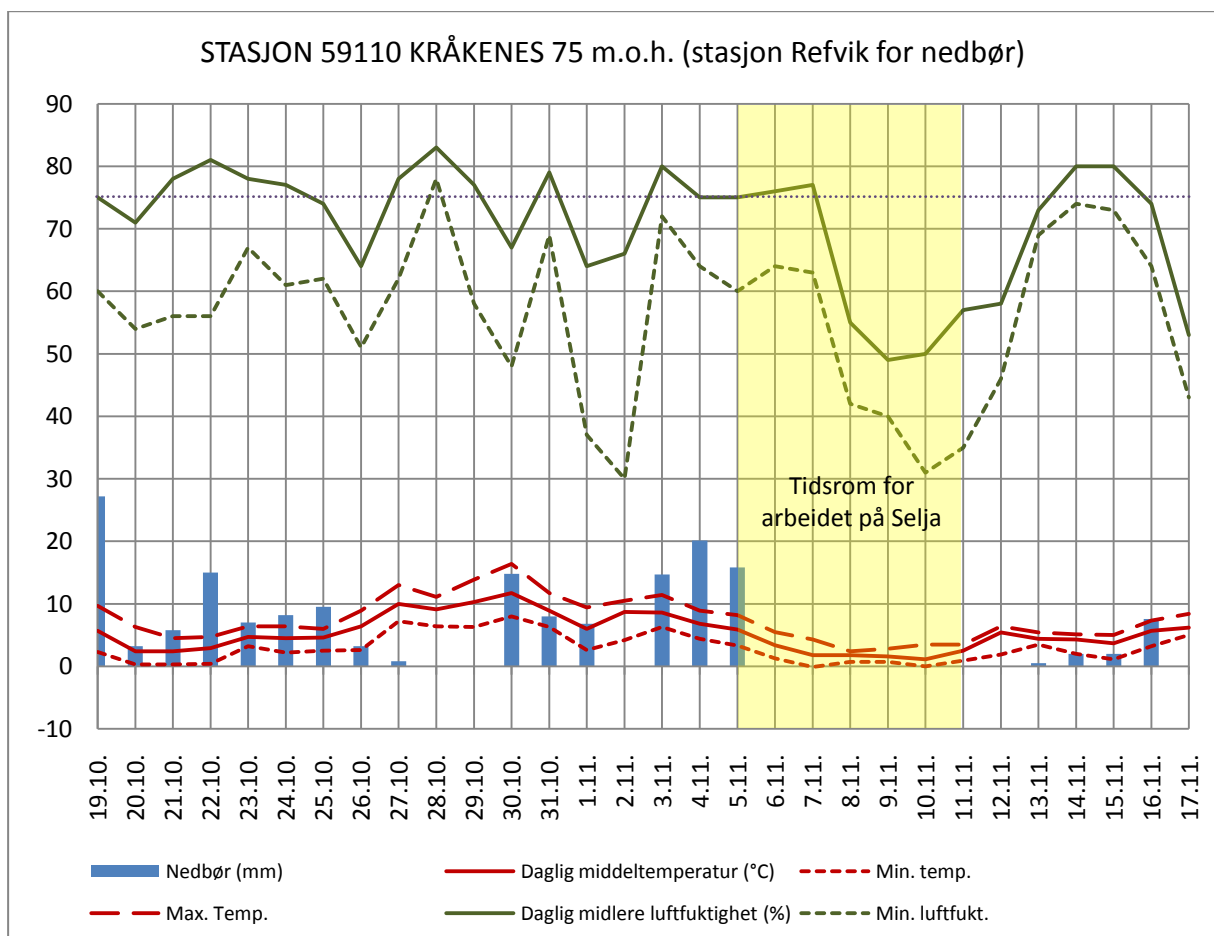
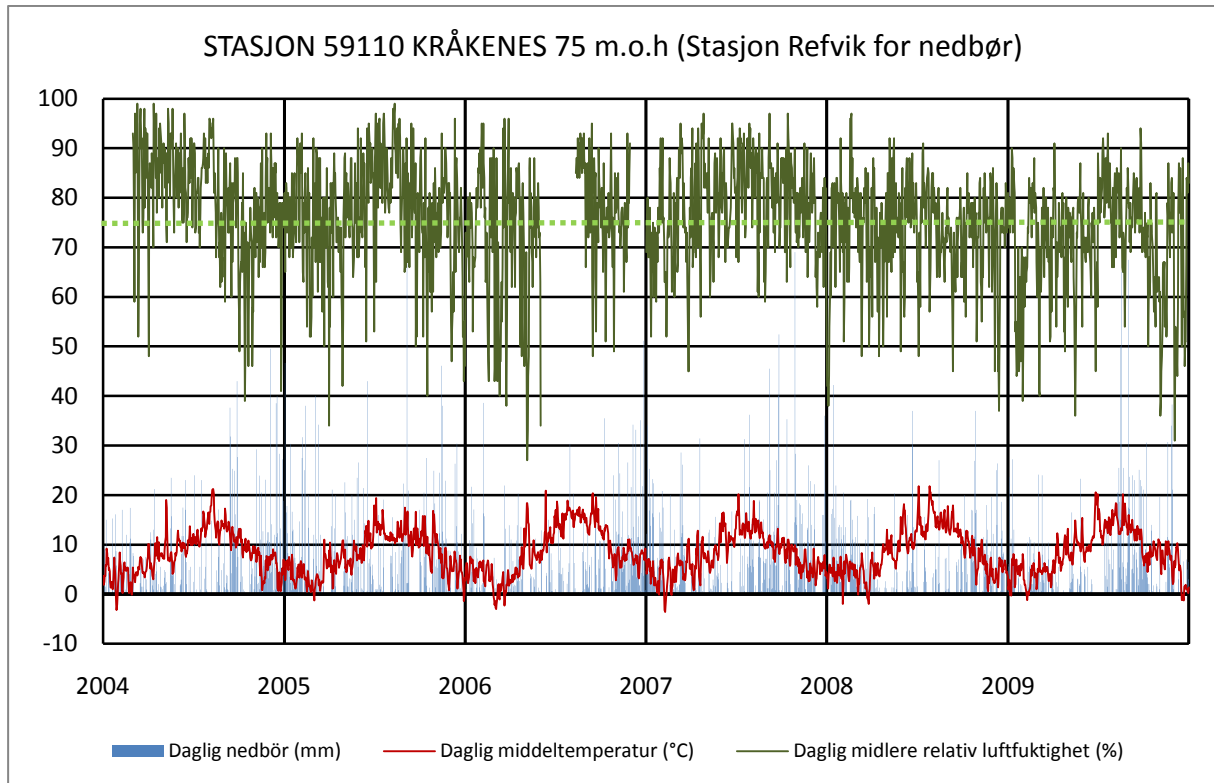
a) Mengde anioner kun vurdert etter erfaring (x = lite, xxx = mye)

Resultatene i prøvene Selja 3 og Selja 15 ble verifisert ved hjelp av infrarød spektroskopi (FTIR) ved CSC Conservation Service Consulting i Fribourg (CH)

Vanlige kilder til de aktuelle saltene (se Storemyr 1997):

- Thermonatritt og trona: Utfellinger fra Portlandsement og betong.
- Mirabilit og thenarditt: Reaksjoner mellom thermonatritt/trona og sulfat i murverket. Sulfat kan komme fra stein eller sement/betong. Olivinstein har lite sulfat.
- Kalkspat: Utfellinger fra Portlandsement, spesielt fra ukarbonatisert kalk (kalsiumhydroksid). I noen tilfeller kan også kalken i kalkmørtel være kilden.
- Gips: Fra sulfidmineraler i stein (og sjeldnere fra mørtel). Olivinstein har lite sulfidmineraler.

Appendiks 2: Klimastatistikk



Alle data hentet fra www.eklima.no. Stasjonene benyttet ligger lenger ute ved kysten (ytterst på Vågsøy) enn Selja og vil bl.a. gi noe høyere temperatur og mindre nedbør enn på Selja