



Skålgroper? (Krusebyen, Vestby kommune)

Vurdering av 10 bergkunst- og mulige skålgropfelter i Viken fylke. Med innføring i tafoni-forvitring

Rapport fra befaring 30.8.-1.9.2021

Forfatter: Per Storemyr (95330460, per.storemyr@fabrica.no)

Oppdragsgiver: Viken fylkeskommune v/ Jone Kile-Vesik

Arendal, 16.12.2022. Rapport oppdatert 20.01.2025

Der ikke annet er angitt er bildene tatt av forfatteren

Innhold

1 Innledning	3
2 Tafoni	4
3 Andersnatten, Sigdal kommune (ID281782-0)	14
4 Dokka, Flesberg kommune (ID281646-0)	18
5 Langekjenn, Kongsberg kommune (ID100048)	23
6 Lierelgene, Lier kommune (ID170587)	25
7 Krusebyen, Vestby kommune (ID115541)	33
8 Ek, Vestby kommune (ID136555)	41
9 Rød, Fredrikstad kommune (ID75143)	44
10 Regimentsmyra, Fredrikstad kommune (ID215043)	47
11 Haugstenåsen, Fredrikstad kommune (ID141942)	49
Oppsummering og anbefalinger	52

1 Innledning

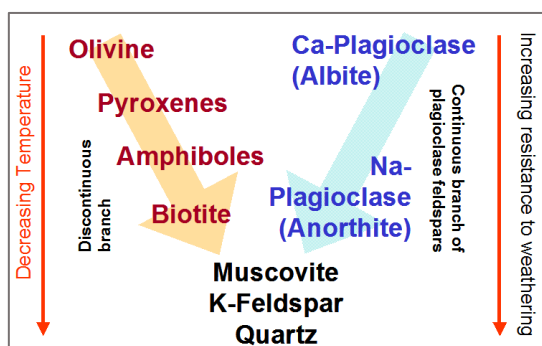
I månedsskiftet august-september 2021 inviterte Viken fylkeskommune v/Jone Kile-Vesik på «geologitur» til et utvalg bergkunstfelter og mulige skålgropfelter i Viken fk. Målet var å vurdere tilstand og forvitring på feltene – og spesielt undersøke om en del større og mindre gropfelter kan betraktes som menneskeskapte eller er et resultat av naturlig forvitring/erosjon. Følgende felter – fra Sigdal i nord til Fredrikstad i sør – ble besøkt (med hovedproblemstilling indikert):

- Andersnatten, Sigdal kommune (ID281782-0) – groper. Natur?
- Dokka, Flesberg kommune (ID281646-0) – groper. Natur?
- Langekjenn, Kongsberg kommune (ID100048) – ristninger/groper. Vurdering groper
- Lierelgene, Lier kommune (ID170587) – helleristninger. Vurdering forvitring
- Krusebyen, Vestby kommune (ID115541) – groper. Natur?
- Ek, Vestby kommune (ID136555) – groper. Natur?
- Medgårdsskogen, Larkollen, Moss kommune (ID283928) – bergmaleri? Moderne?
- Rød, Fredrikstad kommune (ID75143) – ristninger og groper. Natur? (groper)
- Regimentsmyra, Fredrikstad kommune (ID215043) – linjer i berget. Vurdering
- Haugstenåsen, Fredrikstad kommune (ID141942) – groper. Natur?

Alle lokalitetene, inkl. beliggenhet, historie, motiver, alder, tilstand og skjøtsel, er beskrevet i Askeladden. I foreliggende utgave av rapporten er ikke Medgårdsskogen inkludert.

Turen ble gjennomført i løpet av tre dager og det ble dermed liten tid på hver lokalitet. Alle tolkninger av geologi og forvitring er derfor av foreløpig karakter og arbeidet har ikke omfattet vesentlige litteraturstudier og analysearbeid. En vesentlig svakhet er dessuten at det ikke ble tid til å undersøke forvitring i omgivelsene til gropfeltene for å vurdere dem i et større perspektiv. Berggrunnsgeologien er i hovedsak hentet fra https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.

Bergkunsthåndboka¹ og artikkelen “Weathering of Norwegian rock art — A critical review”² gir viktig bakgrunnsinformasjon for vurderingene gjort i felt. Sistnevnte inneholder bl.a. informasjon om ulike mineralers sårbarhet overfor kjemisk forvitring, noe som er av betydning i foreliggende rapport. Kort fortalt: Mørke magmatiske og metamorfe bergarter med mineraler som amfibol, mørk glimmer (biotitt) og pyroksen, samt feltspatmineralene i plagioklasrekken, har generelt mindre motstand mot kjemisk forvitring enn lyse bergarter med mineraler som kvarts, kalifeltspat og muskovitt.



Figur 1: Bowens reaksjonsserie for magmatiske bergarter. Økende motstand mot kjemisk forvitring nedover.

Av betydning er også forståelse av tafoni-forvitring for å kunne vurdere om groper er naturlige eller skapt av mennesker. Derfor gis det en kort innføring i dette fenomenet i neste kapittel.

Takk til Jone Kile-Vesik, Sigrid Mannsåker Gundersen, Lars Hovland og Geir Amund Strandberg Sørgård fra Viken fylkeskommune for godt reisefølge og fine diskusjoner i felt!

¹ Bjelland, T. & Helberg, B.H. (Red.) 2006: Bergkunst. En veiledning i dokumentasjon, skjøtsel, tilrettelegging og overvåking av norsk bergkunst. Riksantikvaren.

² Olav Walderhaug & Eva M. Walderhaug (1998) Weathering of Norwegian rock art — A critical review, *Norwegian Archaeological Review*, 31:2, 119-139, DOI: [10.1080/00293652.1998.9965626](https://doi.org/10.1080/00293652.1998.9965626)

2 Tafoni

Tafoni er en samlebetegnelse for ulike former for groper som oppstår ved forvitring i spesielt sandsteiner og granittiske bergarter, men som også finnes i bl.a. mørkere magmatiske og metamorfe bergarter som f.eks. basalt, (meta)gabbro og amfibolitt. Gropene kan variere fra store, hulelignede åpninger med konkave former til spektakulære bikubemønstre (*honeycomb weathering*), men de kan også forekomme som mer unnselige, små groper, som har blitt gitt mange navn, bl.a. alveoler.³ Et fellestrekk er at gropene nær alltid opptrer i grupper, dvs. at selv om man kan snakke om en grop som en *tafone*, så vil en normalt finne sett av groper med lignende morfologi/geometri.⁴

Tafoni forekommer spesielt i kystnære strøk (ofte noen meter over fjæresonen) og i ørkenstrøk, dvs. i områder med dels helt bart berg og raske fluktuasjoner i temperatur, fuktighet og vindforhold, men kan også opptre i innlandsstrøk og høyt til fjells, og også i arktiske strøk. Normalt forekommer fenomenet i bergskrenter og på sterkt hellende berg, men ofte ser en at lignende gropdannelse fortsetter fra hellende berg og over på flatere berg i de umiddelbare omgivelsene. Om en kun finner groper på flatere berg snakker en ofte om *gnamma*⁵ – eller på norsk «gropforvitring».

Selv om biogeokjemiske prosesser sannsynligvis også spiller en rolle, så er det av vesentlig betydning at tafoni nesten uten unntak forekommer i områder med bart berg, dvs. med meget begrenset vegetasjon. Dette er viktig i et land som Norge, der mesteparten av berget er preget av vegetasjon; det kan bety at tafoni som opptrer i bl.a. innlandsstrøk eller et stykke fra kysten kan være «fossile», dvs. ha vært utviklet i et helt annet klima enn i dag. Enkelt forklart: like etter at landet ble isfritt, eller like etter at land steg opp fra fjorden/havet.

Dannelsesmekanismene er varierte og komplekse, men en fellesnevner er at saltforvitring har en vesentlig finger med i spillet. Det betyr at det må være salt tilstede i omgivelsene (f.eks. sjøsprøyt) eller saltet kan komme fra berget selv (f.eks. som resultat av oppløsning/forvitring). Det betyr også at klimaet må legge til rette for saltforvitring, dvs. at det må kunne forekomme krystallisasjon ved at relativ luftfuktighet med jevne mellom blir lav nok (som i ørkenstrøk, der det er svært tørt om dagen og dels fuktig om natten). Dessuten er dannelsen knyttet til differensiell forvitring, dvs. at bergartenes egenskaper – som små vekslinger i petrografi, tekstur/struktur og porøsitet – gir vekslende sårbarhet overfor forvitring. Det vil igjen si at gropene kan danne mønstre som reflekterer bergartens karakteristika.

De regelmessige mønstrene som ofte dannes har gitt opphav til teorier om at tafoni kan være et såkalt selvorganiserende geologisk system. Dette betyr bl.a. at forvitringen kan starte i små uregelmessigheter i berget for så å fortsette på akkurat disse stedene, selv om en (teoretisk) kunne forvente at også andre steder kunne blitt utsatt for det samme.

Man finner tafoni over hele verden, men altså spesielt knyttet til kystsoner og ørkenstrøk og til sandsteiner og granittiske bergarter. I Norge finnes det også mye tafoni-forvitring, men fenomenet er dårlig studert og rapportert. Et av de få arbeidene som finnes er knyttet til dels spektakulær dannelse i gabbroiske bergarter helt ut mot Atlanteren på Vågsøy (rett sør for Stad), der det også finnes

³ Om tafoni og begrepsforvirring, se: Defining tafoni: Re-examining terminological ambiguity for cavernous rock decay phenomena, <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0309133315605037>

⁴ Det finnes mye litteratur om tafoni, for en innføring, se her: <https://www.tafoni.com>, <https://en.wikipedia.org/wiki/Tafoni>

⁵ Se f.eks. Paradise, 2013, Tafoni and Rock Basins (gnammas, solution pits), https://www.academia.edu/3567316/Tafoni_and_Rock_Basins_gnammas_solution_pits

gnamma i omgivende øyegneis.⁶ Dessuten er tafoni påtruffet i alt fra sandsteinsskrenter i Stjørdal til gneislandskap i Nord-Norge, bl.a. på bergkunstlokaliteten ved Skavberg i Troms.⁷ Mange steder er det overganger mellom tafoni og mer klassisk differensiell forvitring. I Norges biland i Antarktis, Dronning Maud Land, er store tafoni-forekomster den senere tid studert av norske forskere. I tillegg til salt, er her også vindens og frostens virkninger undersøkt.⁸

Undertegnede har den siste tiden undersøkt omfattende forekomster av tafoni på Sørlandskysten, spesielt på Tromøya og Mærdø utenfor Arendal. Disse forekomstene er relevante for forståelse av gropene som ble påtruffet under befaringene i Viken, spesielt fordi det i umiddelbar tilknytning til mer spektakulær tafoni i brattkanter finnes en mengde unnselige gropdannelser der brattkantene «flater ut».⁹

Tafonien på Tromøya (Hove-Spornes-Botne) og Mærdø finnes hovedsakelig i det nær vegetasjonsfrie ca. 50 m brede beltet med bratte svaberg i fjæresonen rett ut mot Skagerrak, og rett i framkant av raet. Typisk høyde for dannelsen over høyvann og de verste brenninger er 3-10 m, innenfor flater svabergene typisk ut og vegetasjon, først lav og gress, tar over. Dette dreier seg altså om tafoni som har blitt dannet i løpet av de siste ca. 2000 år, da svabergene her kom opp av havet.

Bergartene er prekambriske, sterkt metamorfoserte, migmatittiske granittiske gneiser og amfibolitter. De mørkere amfibolittene opptrer typisk som tykkere og tynnere bånd i den lysere røde og ofte båndede gneisen – og det er først og fremst, men ikke utelukkende, i amfibolittene at tafoni trer fram. Her tar den mange former i sterkt hellende berg, fra klaser og grupper med runde, både grunne og dype hull, til avlange fodypninger og små huler med overheng. Tafonidannelsen er stort sett tett knyttet til den steiltstående kløven (foliasjonen) i berget, dvs. at en ofte ser avlange groper langsetter kløven.

Men det opptrer også enklere groper eller grupper av groper på svakt hellende og nær horisontalt berg, både i amfibolitt og granittisk gneis. Mange av disse kan ved første øyekast se ut som menneskeskapte. Men ser en nærmere etter, er det alltid klar tafoni med lignende former i umiddelbar nærhet. En kan altså snakke om groper i randsonen til klare tafonidannelser; om en velger gi betegnelsen «gropforvitring», *gnamma* eller tafoni blir en smakssak.

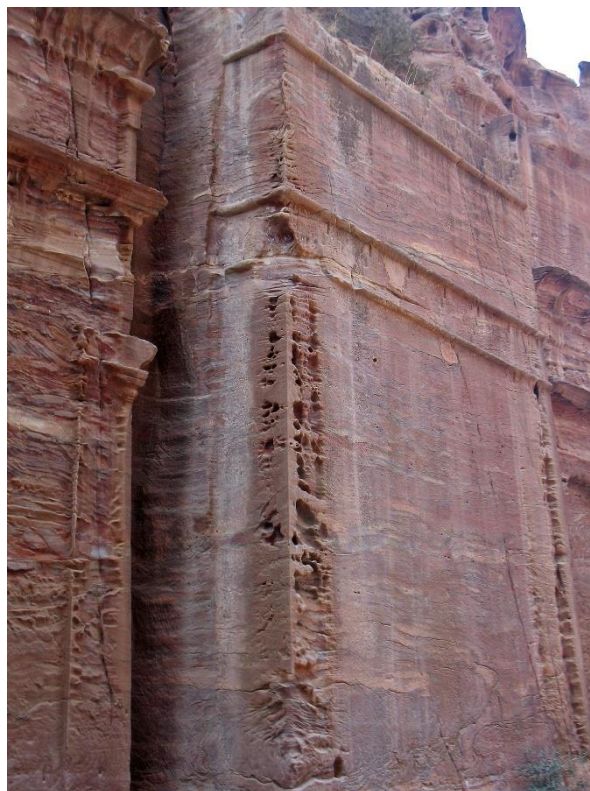
Begynnende undersøkelser i høyere lende i Tromøy-Arendalsområdet har identifisert mange naturlige groper, men ikke klar tafoni. Det kan være mange grunner til dette. Først og fremst er det vanskelig å se større flater med bart berg på grunn av den fremherskende, tette vegetasjonen, også med mye mose og lav på berget. Derest er den biologiske forvitringen i området intens, spesielt rotsprenging har gjort terrenget helt annerledes enn ute ved havet. Dessuten er bergartene her tydeligvis temmelig følsomme overfor (biogeokjemisk?) forvitring og formene i sletter berg er ofte rundlige og «utydelige», og sjelden eller aldri med f.eks. bevarte isskuringsstriper (det siste gjelder for øvrig også berg i fjæra). Alt i alt skal en nok lete en stund før en eventuelt finner «lommer» med sikker, reliket tafoni som er eldre enn den som nå dannes helt ute ved kysten.

⁶ Se artikkelen "Rapid post-glacial bedrock weathering in coastal Norway"
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X21004116>

⁷ Geologi, forvitring og skjøtsel på bergkunstlokalitetene ved Skavberg (Tromsø kommune) og Tennes (Balsfjord kommune), Notat fra befaring 16.-17.8.2022, Rapport til UiT Norges arktiske universitetsmuseum, Per Storemyr, Fabrica kulturminnetjenester as, 33 s.

⁸ Se bloggen <https://geoforskning.no/fjellvegger-som-ligner-en-sveitserost/>, og artikkelen:
<https://www.journals.uchicago.edu/doi/epdf/10.1086/718805>

⁹ Det ser ikke ut til at tafoni på Sørlandskysten er vitenskapelig undersøkt tidligere. Men den har opptatt reisende geologer: <https://strand-und-steine.de/reiseberichte/reisen/norwegen/tromoy/tromoy.htm>



Figur 2: Venstre: Tafonihule i granittboulder på Korsika. Den kjente norske geologen Hans H. Reusch var for øvrig den første som benyttet begrepet tafoni, nettopp etter undersøkelser på Korsika på 1880-tallet (se <https://books.google.no/books?id=qr8bAAAAMAAJ&hl=no&pg=PA65#v=onepage&q=tafoni&f=false>). Høyre: Tafoni på tempelfasade hogd ut i sandsteinsberget i Petra, Jordan.



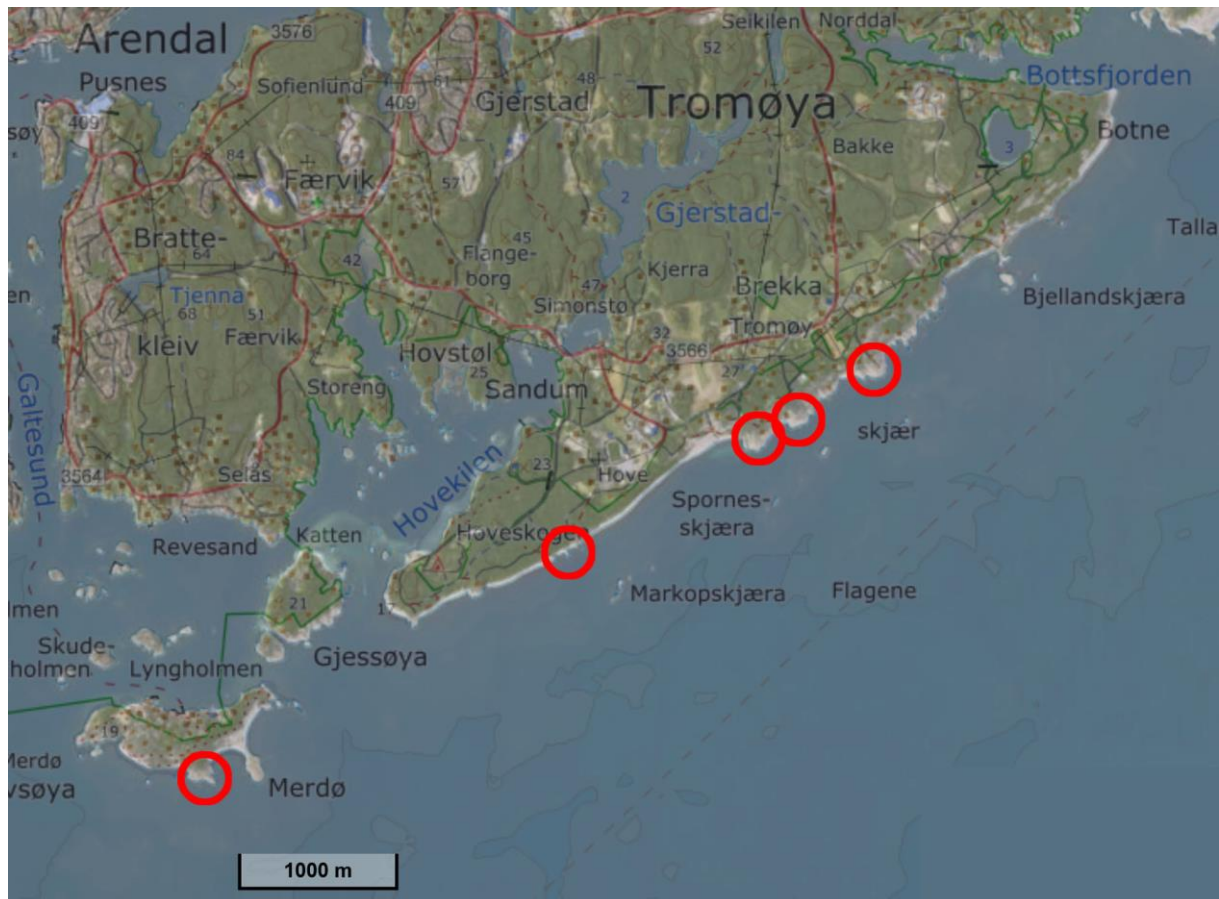
Figur 3: Klassisk tafoni (honeycomb weathering) i basaltberg langs kysten nord for Torshavn på Færøyene. Hele landskapet er her langs kysten preget av tafoni, ikke bare de mindre gropansamlingene.



Figur 4: Tafoni i enkelte, mindre motstandsdyktige lag i svakt metamorf sandstein i Stjørdal. Her er det med andre ord også typisk differensiell forvitring, i og med at mer motstandsdyktige lag ikke utvikler tafoni.



Figur 5: Tafoni i granatglimmergneis over/på bergkunstlokaliteten Skavberg i Troms.



Figur 6: Tafoniforekomster undersøkt av undertegnede på Tromøya og Mærdø (røde sirkler). Bakgrunnskart fra www.norgeskart.no



Figur 7: Velutviklet tafoni i gneis på Tromøya (Spornes). Både den granittiske gneisen og den mørkere amfibolitten har tafoni. Legg merke til hvordan gropene og småhulene følger foliasjonen i gneisen.



Figur 8: Tafoni på nær horisontalt berg, amfibolittisk åre i granittisk gneis, Spornes, Tromøya.



Figur 9: Mærdø. Nesten alle svaberg er preget av tafoni, først og fremst de hellende bergflatene. Granittisk gneis og amfibolitt.



Figur 10: Tafoni utviklet som grunne, individuelle groper (granittisk gneis, Mærdø).



Figur 11: Venstre: Tafoni utviklet som intens, grunn gropforvitring nær parallelt med foliasjonen på lett hellende berg. Høyre: Tafoni som langstrakte groper som følger den steiltstående foliasjonen, både på nær flatt berg og i brattkanter. Amfibolittiske årer i granittisk gneis, Spornes, Tromøya.



Figur 12: Forvitningsgroper i amfibolitt med tynne, kryssende kvartsårer. Ikke velutviklet tafoni, mer differensiell forvitring, men dype tafonigroper befinner seg rett ved siden av. Spornes, Tromøya.



Figur 13: Grunne groper i tilknytning til klar tafonidannelse i umiddelbare omgivelser. Amfibolittisk åre i granittisk gneis, Spornes, Tromøya.



Figur 14: Liten gruppe av små groper (ca. 5 cm diameter), delvis dekket av lav. Kan til forveksling se ut som skålgroper, men tilhører en større ansamling av klar tafoni rett i forkant og ned mot rullesteinsstranda. Amfibolittisk åre i granitisk gneis, mellom Hove og Spornes, Tromøya



Figur 15: Venstre: Liten tafonigrop, 3-4 cm i diameter. Nede i gropa ser en at de enkelte mineralene har løsnet fra hverandre (granittisk gneis, Mærdø). Høyre: Det er ikke vanlig å kunne se salt i bunnen av tafonigroper, saltkrystallene er ofte for små til at en kan se dem og en må være på rett sted til rett tid – når det er tørt nok. Her er velutviklede krystaller av halitt (natriumklorid, koksalt) dannet ved fordampning av sjøvann i ei grop i fjæresonen i Hyllestad, gropa er ca. 5 cm i diameter. Her dreier det seg ikke om tafoni, men bildet antyder hvor mye salt som faktisk kan krystallisere i slike små groper, gitt at værforholdene er gunstige (tørt etter at mye vann har skylt opp).



Figur 16: Gropdannelser på flatt (oppe til høyre) og bratt berg, Ugleboknuten utenfor Arendal, ca. 130 moh. Skagerrak kan anes i horisonten. Gneis (migmatitt). Store deler av brattkanten er dekket av groper og furer som kan anes under laven, og rett over kanten fortsetter gropene; de ser omtrent ut som menneskeskapte skålgroper. Det kan her dreie seg om tafoni dannet for flere tusen år siden og som nå er «nedforvitret» på grunn av biogeokjemiske prosesser.

Beskrivelsen av tafoni og spesielt bildene over har ikke relevans til alle de besøkte lokalitetene under befaringene i august/september 2021. De mest relevante lokalitetene er:

- Dokka, Flesberg kommune (ID281646-0) – groper. Natur?
- Krusebyen, Vestby kommune (ID115541) – groper. Natur?
- Ek, Vestby kommune (ID136555) – groper. Natur?
- Haugstenåsen, Fredrikstad kommune (ID141942) – groper. Natur?

Som vi skal se, har andre gropfelt (Andersnatten og Rød) andre utfordringer når det gjelder tolkning av dannelsen.

3 Andersnatten, Sigdal kommune (ID281782-0)

Denne lokaliteten, med hundrevis av grunne groper, ligger omkring 430 moh. langs turstien på den sør-sørvestvendte skråningen opp mot Andersnatten og dekker en strekning på omkring 50 m eller mer. Langs turstien er det helt bart svaberg, noe som gjør at berget vises særlig godt her, sammenlignet med de delvis bare mose- og lyngbegrodde bergflatene ved siden av. Det har ikke alltid vært slik; gamle flybilder viser at stien var mindre synlig for noen tiår tilbake. At den nå er så synlig vil ha å gjøre med tråkk, kanskje skjøtsling og muligens vannavrenning.

I nedre deler, der stien kommer ut av tettere skog, finnes det hundrevis av små runde til mer uregelmessige groper i berget (diameter 2-6 cm, dybde 0,2-1,5 cm) og også en del avlange furer. Noen titalls meter videre oppover stien blir gropene mindre hyppige for etter hvert å tilsynelatende forsvinne helt. Selv om det er vanskelig å observere på grunn av mose og lyng, virker det ikke som om gropene er særlig hyppige i et belte på ca. 50 m på hver side av stien. Det er kun dette lille området som er observert, men innenfor kan det altså synes som om gropene har en ganske begrenset utbredelse. En vet naturligvis ikke om det kan være flere gropansamlinger under mose og lyng utenfor observasjonsområdet; at de er funnet akkurat langs stien har åpenbart å gjøre med at det går mange mennesker på tur langs det bare berget.

Berget består i alminnelighet av prekambrisk (1250-1150 mill. år) granittisk til granodiorittisk gneis, stedvis med hypersten (pyroksen), selv om sistnevnte ikke har blitt observert i særlig grad langs turstien. Hovedfoliasjonen er varierende, men i hovedsak går den omtrent N-S med nokså steilt fall. Berget er langs turstien gjennomsett av pegmatitter med uregelmessig form, men primært følger de foliasjonsretningen.

Innlandsisen trakk seg tilbake herfra for drøyt 10 000 år siden og etterlot en og annen flyttblokk langs turstien. Det er ikke godt bevarte isskuringsstriper på berget, men lite forvitrede partier i pegmatittene viser at skuringsretningen følger vestsiden av Andersnatten og er orientert omtrent NV-SØ. Dette er den samme retningen en kan ane i den forvitrede overflaten av gneisen, der en finner parallelle diffuse furer, som er tolket som «rester» av dypere skuringsstriper.

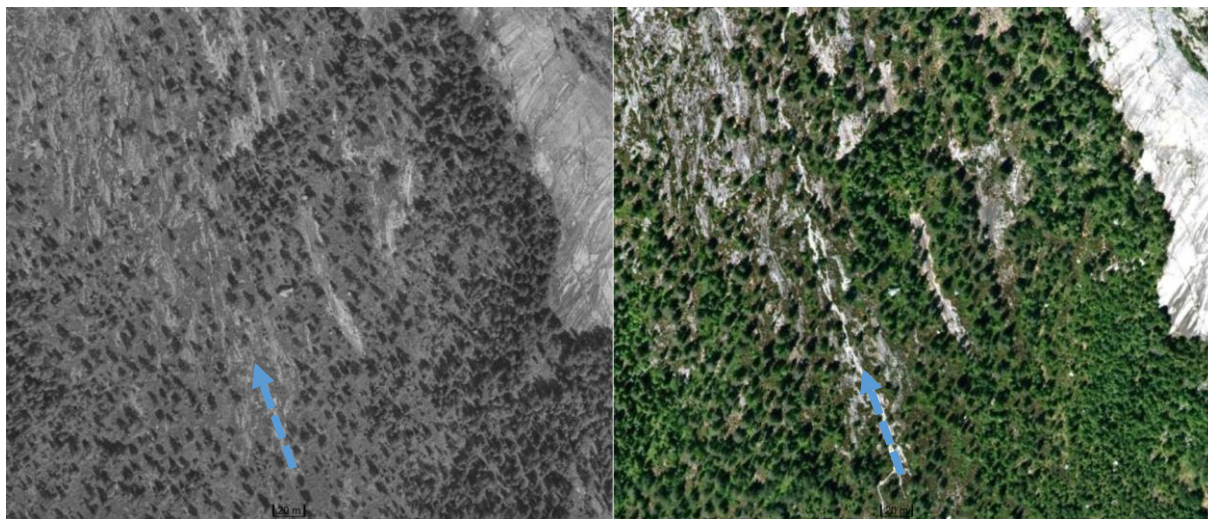
Forvitringen av gneisen har vært betydelig i overflaten og under tynn mose ved siden av stien er det ofte godt med fin grus fra nedbrytningen. Flaking i overflaten forekommer også. Selv om det er de mørke mineralene (glimmer, amfibol) som forvitrer mest, er forvitringen sett på litt avstand stort sett jevn, dvs. at den pga. gneisens relativt homogene fremtoning vanligvis ikke følger noe spesielt mønster. Det er annerledes i pegmatittene, der forvitringen i stor grad følger grove glimmerpartier, noe som gir pegmatittene en «opphakket» overflatetekstur. Tilsvarende gjelder noen tynne soner med mye glimmer langs foliasjonen.

Det er også annerledes langs de nedre deler av turstien. For her er forvitringen utviklet langs de diffuse isskuringsfurene og knyttet til alle de grunne gropene i berget, noe som gir gneisen et dels bølget utseende på overflaten. Gropene forekommer ofte som «tog» langsetter isskuringsfurene på tvers av foliasjonen eller skrått mot denne, men de kan også være mer langstrakte og i endel tilfeller følger de omtrent foliasjonen (om det da ikke finnes en sekundær isskuringsretning?). Men i hovedsak er altså gropene verken avhengig av gneisens foliasjon eller spesielle petrografiske fenomener. Dette kunne tyde på at gropene var menneskeskapte, men så forvitret at det ikke er mulig å se spor av hogging/bearbeiding.

Imidlertid er det altså en sammenheng mellom isskuringsfurene og «groptog», og dette viser nok at gropene er formet av forvitring. Forklaringen kan være at isskuringen har skapt nokså regelmessige, små sår i bergoverflaten, f.eks. sigdbrudd. Gitt at berggrunnen, som her, er temmelig følsom overfor

forvitring, vil slike «sår» være de naturlige angrepspunktene for mer intens forvitring, da berget her vil være mer (mikro)oppsprukket enn rett ved siden av. Forvitrimmekanismene kan være komplekse, der kjemisk oppløsning av spesielt feltspat og glimmer, biologiske faktorer og kanskje frost virker sammen.

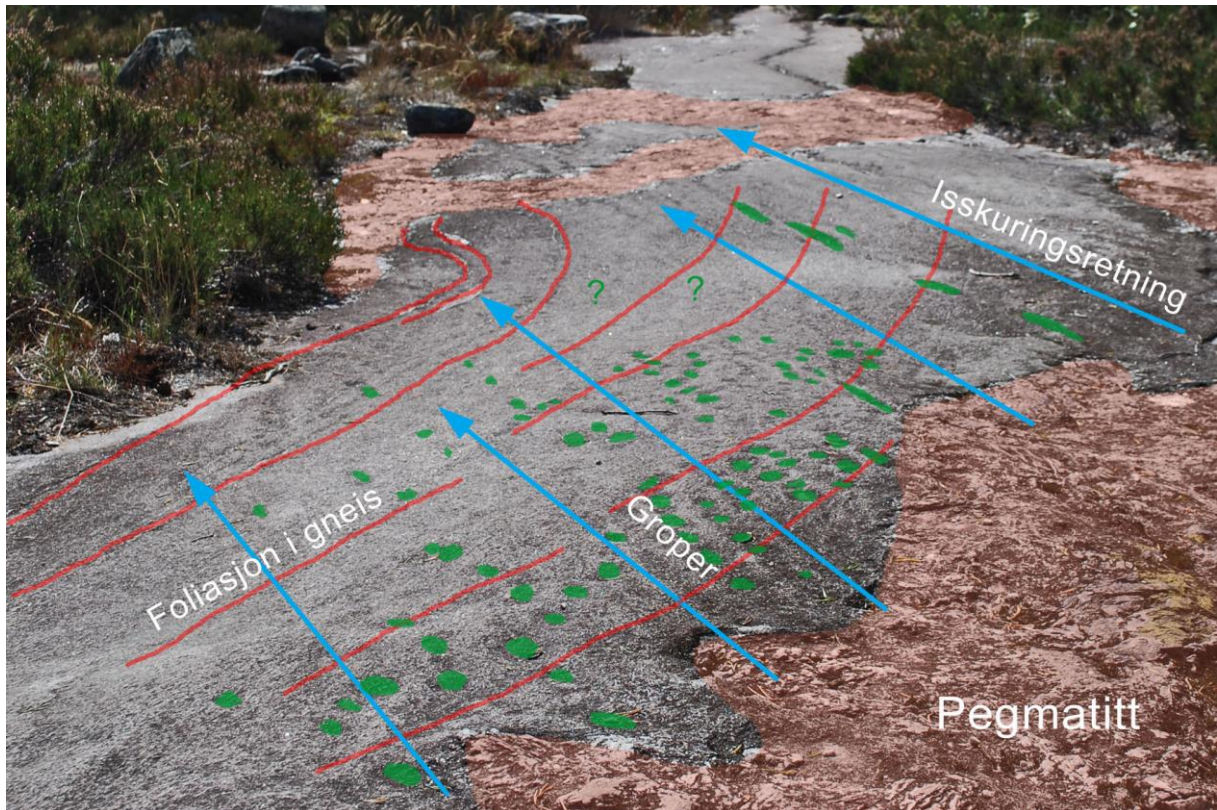
Som alltid vil det være behov for fordypende undersøkelser for å være helt sikker på denne forklaringen. Spesielt vil det være nyttig å forsøke å forstå hvorfor gropene tilsynelatende avtar i hyppighet oppover langs stien. Dessuten vil det være viktig å se om en kan finne tilsvarende fenomener i området omkring turstien. Hvis det finnes flere gropansamlinger knyttet til isskuring blir konklusjonen om at gropene er naturskapte sikrere (men også vice versa).



Figur 17: Lokaliteten (blå pil) i 1969 og relativt nylig (udatert). En ser hvordan vegetasjonen har endret seg. Flyfoto fra <https://kart.finn.no/>



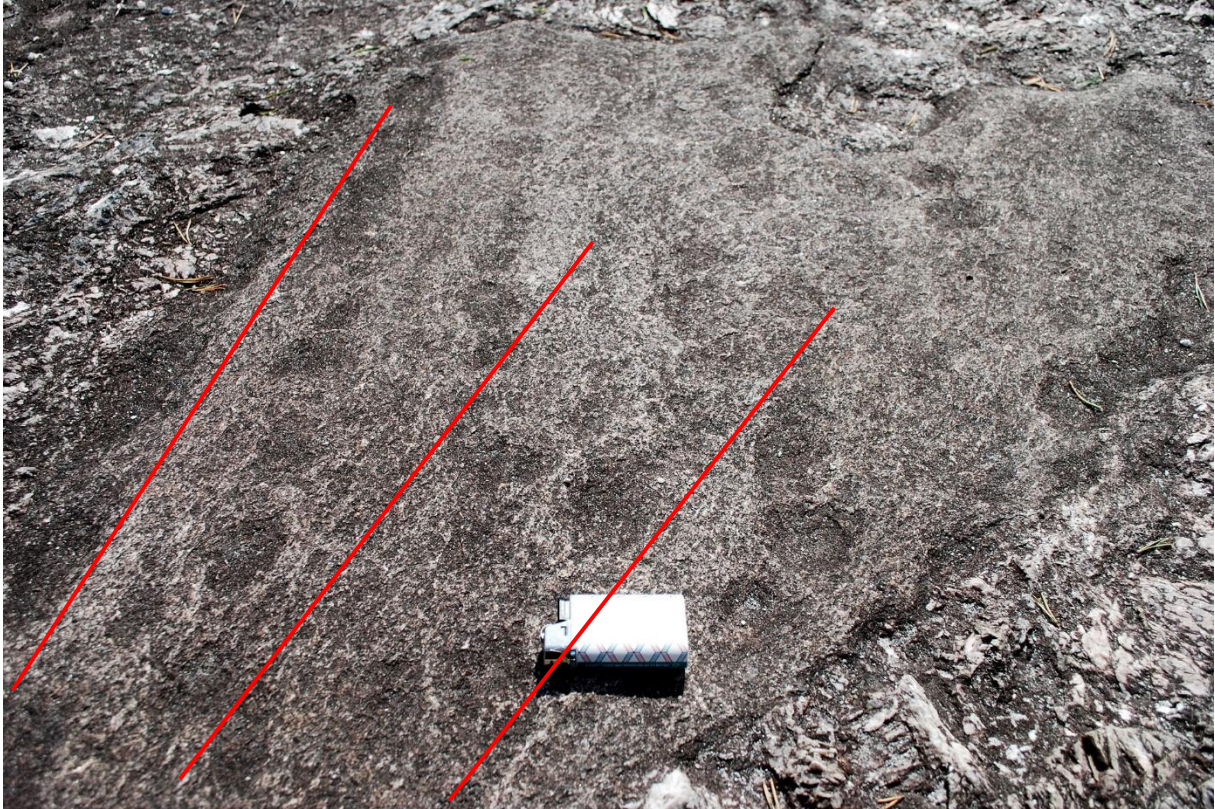
Figur 18: Generelt inntrykk av turstien med nær helt bart berg.



Figur 19: Sammenhengen mellom berggrunn, foliasjon, isskuringsretning og groper/groptog og furer i berget.



Figur 20: Som over, men med noe mindre klar sammenheng mellom isskuringsretning og groper



Figur 21: Gropene er utviklet som «tog» litt på skrå av foliasjonen i berget og sannsynligvis langs isskuringsretningen. (Gropene har for øvrig ikke større mengder glimmer/mørke mineraler enn gneisen for øvrig; det mørke i bunnen av gropene er organiske bestanddeler.)

4 Dokka, Flesberg kommune (ID281646-0)

Her dreier det seg om svaberg på Fønsetskogen, Dokka, som dels fremstår med betydelige ansamlinger av litt avlangt eller ovalt utformede, dels svært dype groper, med diameter opp til og over 10 cm. Et spesielt trekk er at mange av gropene, noen sikkert 7-10 cm dype, i bunnen er utviklet med små «huler» som i de fleste tilfeller «stikker inn» i sørlig retning.

I dag står svabergene tydelig fram på enga ved gården, men for bare noen tiår siden sto det et fjøs med låve på det nå helt ombygde stedet. Låven og låvebroa dekket partier av svabergene, så ved tolkning av gropene må en ta hensyn til at det har vært mye aktivitet, kanskje gjennom flere århundrer, fra både mennesker og dyr akkurat her.

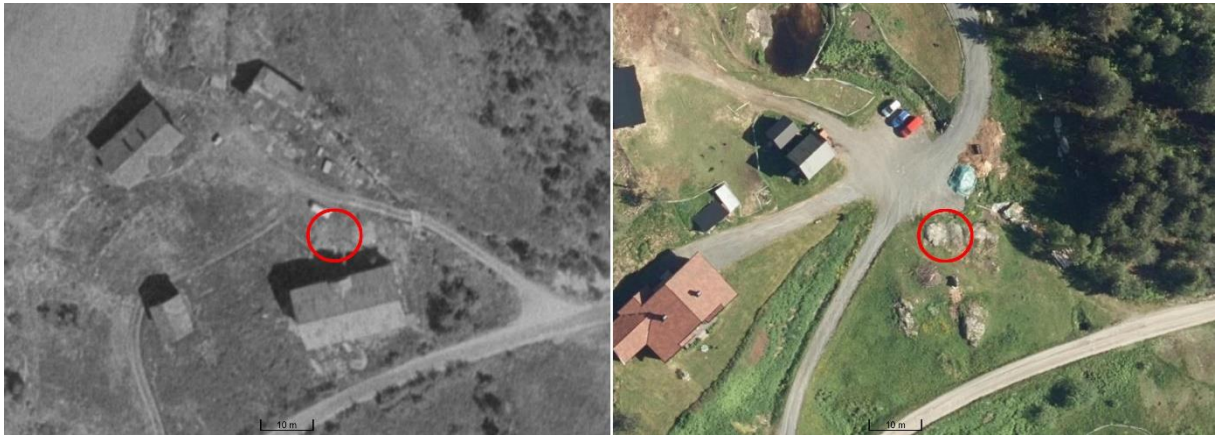
Bergarten er beskrevet som en prekambrisk, kvartsdiorittisk gneis, ca. 1500 mill. år, vanligvis båndet og migmatittisk, dels amfibolførende og stedvis granatførende. Det forekommer også større linser av amfibolitt, også på Dokka, som svaberg ved siden av den mest hullete gneisen. Amfibolitten er ikke hullet på samme måte, men har tegn til forvitningsformer som minner om tafoni.

Også på mindre svaberg med kvartsdiorittisk gneis, omkring hovedforekomsten av groper, er det forvitring utviklet som tafoni i små brattkanter. Det typiske er at nær alle glimmerrike partier langs foliasjonen i gneisen er forvitret ut til mm-cm-store groper og at kvartsrike årer «står» ut. Innimellom er det videre utviklet store groper, der også feltspat/kvarts er forvitret vekk, sannsynligvis ved at «vegger» mellom glimmerrike partier er brutt ned. Dels er disse gropene formet som små «huler», med overhengende «tak». En slik utforming er svært vanlig å observere ved tafoni. Hvorfor tafoni er utviklet akkurat på dette stedet, får en nok ikke svar på før en har studert alt fra isavsmelting for 10 000 år siden til detaljer i bergets egenskaper. En hypotese vil være at utviklingen i første rekke har skjedd langt tilbake i tid, mens terrenget var nær vegetasjonsfritt.

På hovedforekomsten er ikke glimmerforvitringen like intens, og her står det mange isolerte, stort sett ganske store groper med små huler utviklet mot sør langs foliasjonen. Man kan også se at berget er forvitret til rundlige former langs alle sprekker. Det finnes avflaking på dette svaberget, men dette kan skyldes bål, eller kanskje brann (en bygning kan ha brent her). Blant litt jord i gropene er det funnet fragmenter av teglstein, mulige rester fra låven som en gang sto her. Sett isolert er det i utgangspunktet ikke helt lett å karakterisere forvitringen på dette svaberget som tafoni, siden gropene ligger så spredt. Men vi har i innledningen sett at slik spredt dannelse kan forekomme og dessuten har hver grop likheter med klar tafoni i de nære omgivelsene, spesielt trekket med at det dannes «huler» med overhengende «tak».

Samlet sett er det nok derfor liten tvil om at en her i første rekke har å gjøre med naturlig nedbrytning. Spørsmålet som melder seg er om noen av de store gropene av en eller annen grunn kan ha vært bevisst utvidet, ved f.eks. bruk av hakkelignende redskaper. Ofte fremstår «hulene» i gropene som litt spisse og passende for en tolkning som skapt av hakker. Men som en har sett, så er slike «huler» også et trekk ved tafoni.

Man skal imidlertid ikke utelukke at gropene og hullene kan ha blitt modifisert av mennesker, ei heller skal man utelukke at forvitringen kan ha skutt fart på grunn av gårdsaktiviteter, f.eks. pga. salt fra matkonservering og gjødsel. Bål/brann kan dessuten ha virket inn på måter vi i dag ikke forstår. Og om gropene kun er naturlig dannet, så kan de kanskje likevel ha hatt en funksjon vi i dag ikke begriper – gitt den umiddelbare nærheten til eldre bebyggelse.



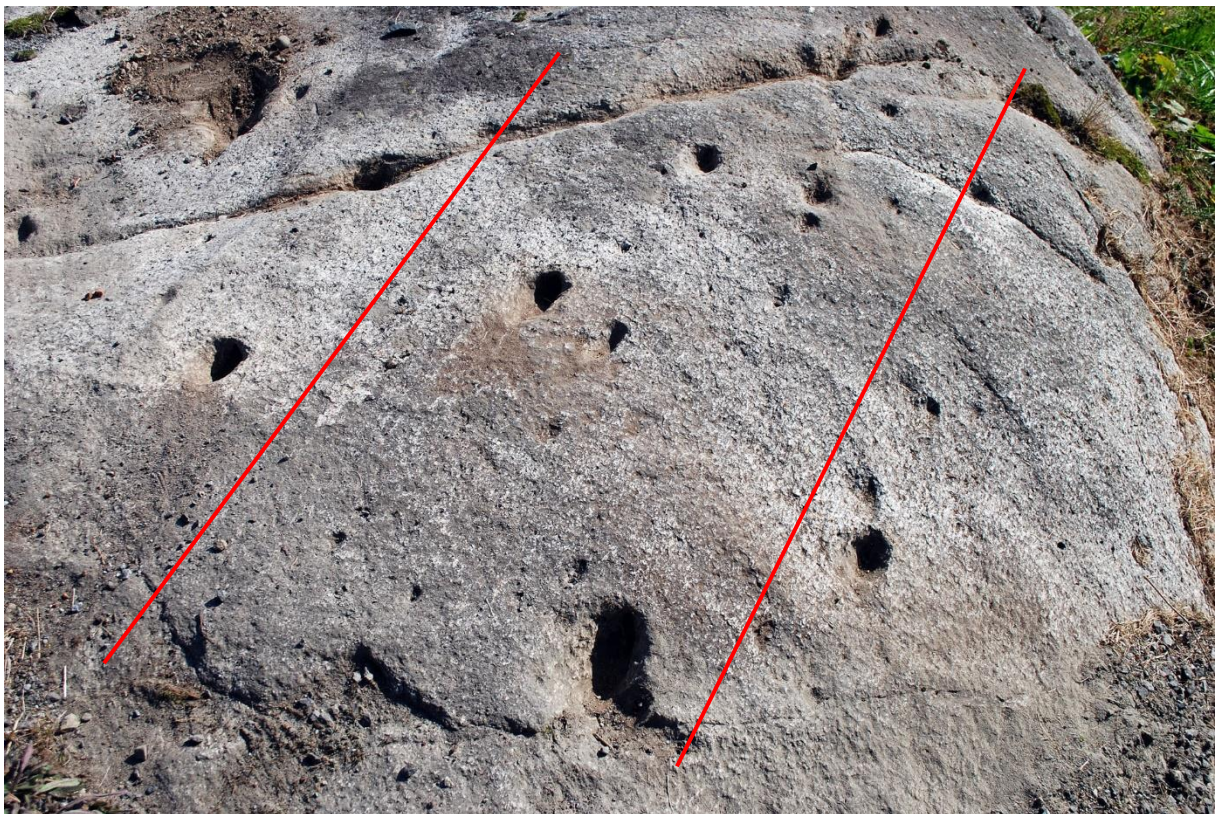
Figur 22: Lokaliteten i 1979 og 2019 (rød ring). Stedet er helt forandret. Låven ved lokaliteten ble fjernet før 2008. Flyfoto fra <https://kart.finn.no/>



Figur 23: Tilstand i 1959, da det sto en låve nesten oppå lokaliteten, og før veien ble omlagt nedenfor husene (Widerøes Flyveselskap 1959). Kilde: "Dokka Fønsetskogen," Flesberg historielag, besøkt 18. november 2022, <https://flesberg.samlinger.no/items/show/10226>.



Figur 24: Spredte, dype groper og forvitring på hovedlokaliteten. Flaking i midten kan skyldes bål/brann.



Figur 25: Gropernes avhengighet av den steiltstående foliasjonen i berget (markert med røde linjer).



Figur 26: Bergkuppe nær hovedlokaliteten, med et «hullet» utseende som kan beskrives som tafoni.



Figur 27: Enkeltgrop – tafone – dyp, oval, med «hule» innerst og orientert langs foliasjonen i berget.



Figur 28: Venstre: Prøve av friskt berg med intakte glimmerlag langs foliasjonen. Høyre: Prøve av forvitret berg der all glimmer er vitret ut og et «mikrogroplandskap» er oppstått.



Figur 29: Amfibolitt nær hovedlokaliteten, med differensiell forvitring/tafoni (gropdannelse mellom kvartsårer) og ubestemmelige (menneskeskapte?) furer.

5 Langekjenn, Kongsberg kommune (ID100048)

Langekjenn er en sammensatt bergkunstlokalitet på et tun innimellom hus og hage. Her skal det kun knyttes noen kommentarer til geologien og til noen av skålgropene. Befaringen hadde for kort varighet til at det var mulig å gjøre en substansiell jobb, men så var det da heller ikke nødvendig, siden lokaliteten er godt og utfyllende beskrevet i Askeladden.

Berget her på det flate svaberget består av prekambrisk kvartsdiorittisk gneis, den vanlige bergarten i kongsbergområdet. Selv om det er litt vanskelig å bedømme på grunn av alger, lav osv., så virker det ikke som om det er amfibolittlinser her, noe som er vanlig i området. Stedet virker også å være klart avgrenset fra en kvartsittforekomst umiddelbart sør for husene på lokaliteten. Gneisen er i temmelig god «stand», med unntak av noe avflaking (bål?) og spesielt dels ganske dyp forvitring langs sprekker. Glasial politur og isskuringsstriper er delvis bevart over mesteparten av svaberget. Det finnes et par sprekkdannelser som kan tolkes som sigdbrudd.

Gropene som ble studert bærer for en stor del preg av å være menneskeskapte. De ligger ikke i forvitringssoner knyttet til sprekker, har ingen spesiell tilknytning til mulige sigdbrudd eller avrundede former i berget fra iserosjon og de har for det meste bevarte spor av hva som tolkes som hoggeredskap. Hva slags verktøy det kan være snakk om ble ikke studert i detalj, men det kan virke som om en har å gjøre med et spisst, men nokså «blunt» redskap.



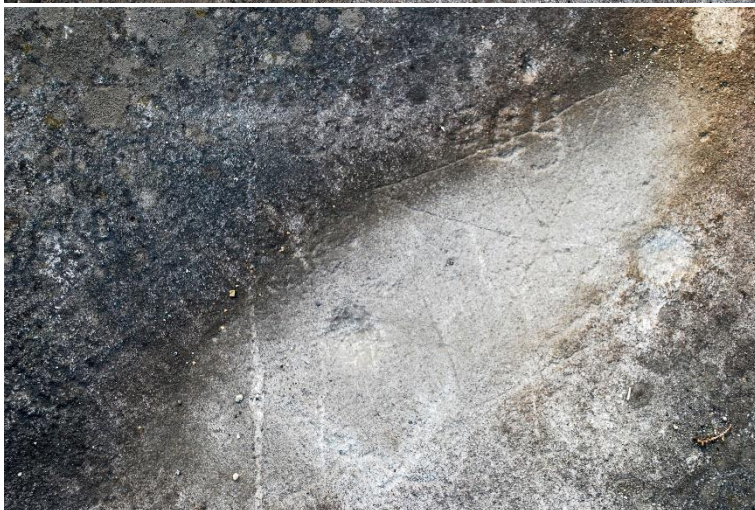
Figur 30: Oversikt over lokaliteten.



Figur 31: Graffiti på berget – som en ser en gneis med steilt foliasjonsplan.



Figur 32: Menneskeskapte groper og et mulig sigdbrudd (dog er sistnevnte usikkert, da isskuringsretningen virker å være på skrå fra nede til høyre på bildet, kanskje et sigdbrudd som er «videreutviklet» ved forvitring).



Figur 33: Graffiti og en enslig, menneskeskapt grop.

6 Lierelgene, Lier kommune (ID170587)

Lierelgene, en gruppe av tre store elger, ble funnet så sent som i 2013 og befinner seg på vesthellende svaberg langs Ringeriksveien på Utenga ved Tranby i Lier. Elgene er hogd i Oslofeltets grovkornede (ofte 5-7 mm store korn), ikke-metamorfoserte Drammensgranitt fra permtiden, en granitt som hovedsakelig inneholder kvarts og rødlig alkalifeltspat, samt en del plagioklas (oligoklas) og mørk glimmer (biotitt). Et viktig generelt trekk ved granitten er at oligoklas-krystallene opptrer som bleket på eksponerte overflater og at sekundær jernoksid (hematitt) ofte er utfelt langs korngrenser.¹⁰

Helleristningene befinner seg ca. 65 moh. og ifølge noe vanskelig tolkbare strandforkyvningskurver (se fotnote 14), kan det se ut til at berget her kom fram fra fjorden for ca. 9000 år siden. Dette er et anslag som må kvalitetssikres. NGUs løsmassekart viser at det nær feltet ligger en breelvavsetning. Kombinert med gamle flybilder, ser en at denne avsetningen lå omtrent i kant med de nedre deler av helleristningene, inntil deler av berget ble sprengt bort for å gi plass til gang- og sykkelvei mellom 1991 og 2003. Da ble også løsmassene som inntil da hadde dekket de nedre deler av berget fjernet.

Det er interessant å observere at bergoverflaten generelt er mye bedre bevart i de nedre deler, med isskuringsstriper. Dette gjelder også de nederste deler av beina til den nederste elgen. Høyere opp forsvinner isskuringsstripene og klassisk grusforvitring blir mer intens, dvs. at enkeltkorn og klaser av korn løsner fra det grovkornede berget. Mindre områder med avflaking finnes også.

Dette kan knapt forklares på annen måte enn at berget i de nedre deler, inklusive en del av beinet til den nederste elgen, har vært relativt godt tildekket inntil ganske nylig. Det er dermed sannsynlig at løsmasseavsetningen har medvirket til de gode bevaringsforholdene inntil den ble fjernet.¹¹

Lengre opp på svabergene blir forvitringen suksessivt mer intens, noe som ganske sikkert har å gjøre med økende eksponeringstid for atmosfæriske forhold. Berget har vært tilgrodd med lav og mose, men trolig ikke i altomfattende grad. I dag er helleristningene frie for lav, men er dels heftig begrodd med en «tett» og fast, mørk organisk, svært tynn hinne. Denne består muligens av blågrønnbakterier (cyanobakterier, tidligere kalt blågrønnalger),¹² men har ikke vært undersøkt av biolog (det finnes over 2000 arter av blågrønnbakterier i alle regnbuens farger). Hinnen trives tydeligvis best der det ikke er altfor sterk avrenning på feltet. Dette kan en se ved at det i liten grad er utviklet noen hinne i overkant og ved siden av en skjerm med sandsekker som er plassert ovenfor helleristningene i den hensikt å hindre at de mottar mye vann; vannet renner ned langs oversiden av sandsekkene.

Ved inspeksjon av avskrapet materiale i mikroskop¹³ kan det ses at hinnen bl.a. består av fibrøse, brunlige aggregater, der lengre tråder kan observeres. Aggregatene kan også være mer kornete og det er observert ovale, cellelignende strukturer, muligens såkalte «coccoid cells». Det finnes dessuten mikroskopisk små bergartskorn sammen med og «inni» aggregatene, samt rødbrune mineralpartikler med interne reflekser, tolket som jernhydroksid (oker) eller jernoksid (hematitt) (jfr. beskrivelse av bergarten over). Det er ikke umulig at jern(hydr)oksid bidrar til den mørke fargen på

¹⁰ Se bl.a. <https://www.ngu.no/emne/granitt>

¹¹ At løsmasseavsetningen inntil nylig lå kant-i-kant med helleristningene kan ha betydning for hvordan en tolker omgivelser og alder til ristningene da de ble hogd. Siden de aller nederste deler av ristningene sannsynligvis har vært dekket av løsmasser i meget lang tid, kan en muligens anta at avsetningen har blitt endre/omrota, kanskje i en strandsone, etter at ristningene ble hogd.

¹² Antydning også av Eva Ernfridsson, i hennes rapport «Bevara och visa Lierelgene» fra 2018.

¹³ Med inspirasjon fra denne artikkelen:

https://www.researchgate.net/publication/261437141_Analysis_of_Surface_Patina_on_the_Church_of_Nossa_Senhora_do_Rosario_Ouro_Preto_Brazil

hinnen. Dette er foreløpig kun hypoteser, men den mulige forbindelsen mellom jern og hva som er tolket som cyanobakterier er kanskje interessant, i og med at slike bakterier er kjent for deres forhold til jern som næringsstoff.

Små deler av hinnen (med bergartspartikler) ble lagt i en petriskål med destillert vann i to døgn for å observere hva som skjedde. I løpet av noen timer hadde det dannet seg lange, tynne tråder fra hinnedelene, kun ca. 5 mikrometer tykke. De økte etter hvert i antall og strakk seg mot overflaten av vannet, samt festet seg i bunnen av skålen slik at de holdt partiklene fast. Slike lange tråder skal være ganske typiske for blågrønnbakterier, men undertegnede våger ikke noen tolkning ennå. Det lille forsøket tas her med, slik at evt. biologer senere kan hjelpe med tolkning (se bildet under, se også <https://en.wikipedia.org/wiki/Cyanobacteria> for sammenligning).

I hvor stor grad biogeokjemiske prosesser knyttet til bakterier, men også sopp, alger, lav oa., har bidratt til forvitringen skal det her ikke spekuleres videre i. Det er imidlertid klart at det under mosen omkring helleristningene er mengder med løse mineralkorn, dvs. at mosen tilsynelatende ikke har noen særlig beskyttende effekt. Og observasjoner på mikroniva viser at de generelle trekkene ved forvitring av Drammensgranitt går igjen. Halvløse granittflak med 2-3 cm tykkelse (funnet mange meter unna helleristningene) viser at undersiden er relativt «frisk», rødlig og godt bevart, spesielt er det ingen antydning til at jevnt fordelte aggregater av biotitt er forvitret. På oversiden, derimot, har biotitt vitret bort og feltspaten er sterkt bleket der det ikke er noen svart hinne (eller mose og lav). Store og små mineralkrystaller har også falt ut og etterlatt et «groplignende» mikrolandskap. Det er temmelig åpenbart at biotittforvitringen er en primær «synder» for utviklingen av forvitring (jfr. kap. 2, Dokka), da hull og groper som dannes gir nye angrepsflater for videre forvitring av også andre mineraler/langs mineralgrenser. Dette er et ganske typisk forvittringsmønster på så grovkornede granittiske bergarter som Drammengranitten. Forvitringen stikker imidlertid ikke særlig dypt, ofte ikke mer enn drøyt 5 mm. Dette er imidlertid nok på en så grovkornet bergart til at hogde helleristninger kan bli temmelig utydelige.

Det er vanskelig å foreslå effektive bevaringsstrategier for disse helleristningene. Observasjonene over kan imidlertid være til hjelp for å eventuelt utvikle strategier. Drammensgranitten forvitrer åpenbart minst under relativt tykke lag med sand- og grusholdig materiale (jfr. breelavsetningen), mens et tynnere dekke av mose trolig øker forvitringen. En bør altså holde mose borte fra berget. Om den svarte hinnen begrenser forvitringen er ikke lett å si, men siden det finnes mange løse, små mineralkorn forbundet med hinnen, så kunne dette tyde på at den ikke virker særlig bevarende og derfor bør holdes i sjakk med f.eks. spriting. Dette forblir imidlertid kun spekulasjon inntil mer detaljert overvåkning har funnet sted.

En har et godt sted for å kunne overvåke forvitringen i detalj med og uten hinne på berget, nemlig omkring sandsekkene i overkant av helleristningene. Disse ble lagt ut i 2019 for å forhindre vannsig nedover helleristningene, som også da var temmelig svarte på grunn av hinnen. Nå fører sandsekkene til at avrenningen konsentrerer seg langs kanten, i «enden» av sekkene. Her er, som over nevnt, berget nær fri for den svarte hinnen, noe som kan tolkes som om at mer betydelige mengder vann ikke fremmer utvikling av svart hinne. Den dannes altså tilsynelatende der det er et visst vannsig, men ikke mye rennende vann.

Slike relativt «bare» steder kan en sammenligne med områder med hinne rett ved siden av. Kanskje en bl.a. kan komme på sporet av om det er mer forvitring knyttet til frosthendelser på den «rene» berget? Men dette vil fordre overvåkning på mikroskala over ganske lang tid, gjerne med feltmikroskop, noe bergarten her egner seg godt til fordi den er så grovkornet og lett å «se».



Figur 34: Den flotte, isskurte svabergslokaliteten, med elgene markert med pil.



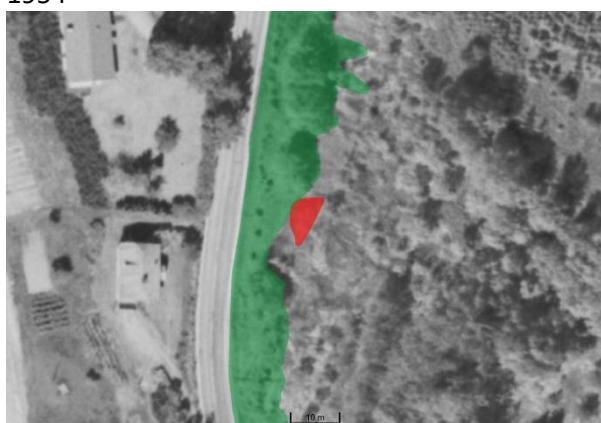
Figur 35: Elgene befinner seg rett nedenfor befaringsdeltakerne. Legg merke til sandsekkene i overkant og hvordan vannet som dreneres ut til siden har gitt mye lysere berg.



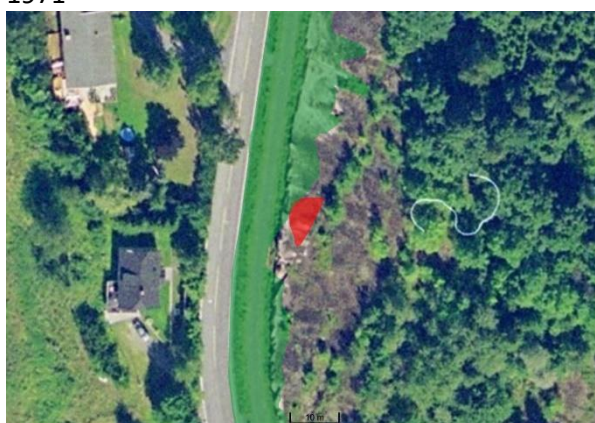
1954



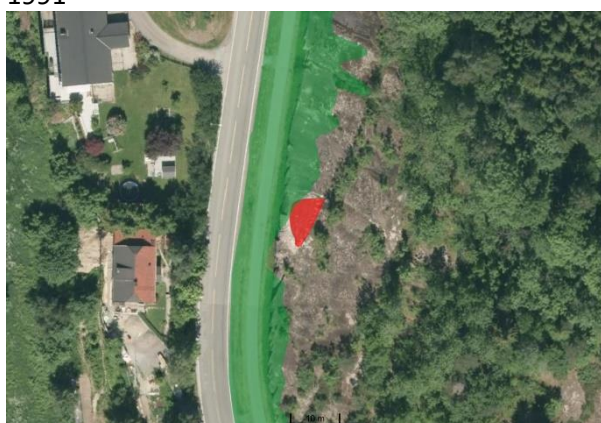
1971



1991



2003



2015



NGUs løsmassekart. Oransje = breelavsetning

Figur 36: Utviklingen til omgivelsenent til feltet (rød farge) fra 1954 til 2015. Sprengning for gang- og sykkelsti foregikk mellom 1991 og 2003. Grønn, påtegnet farge viser den største utbredelsen av overdekningen med breelvmateriale (etter 1940-tallet). Som en ser går overdekningen i kant med nedre del av bergkunstfeltet, der de aller nederste deler er bedre bevart enn delene over.



Figur 37: Nedre deler av den nederste eglgen er bedre bevart enn delene over. Nede er skuringsstriper bevart, lengre oppe ikke.



Figur 38: Del av feltet med diffuse, hogde linjer på grunn av betydelig grusforvitring.



Figur 39: Drammensgranitten i frisk form. Legg merke til de spredte forekomstene av mørk glimmer (biotitt). Prøve fra lokaliteten (baksiden/undersiden av løst flak, mange meter unna helleristningene).



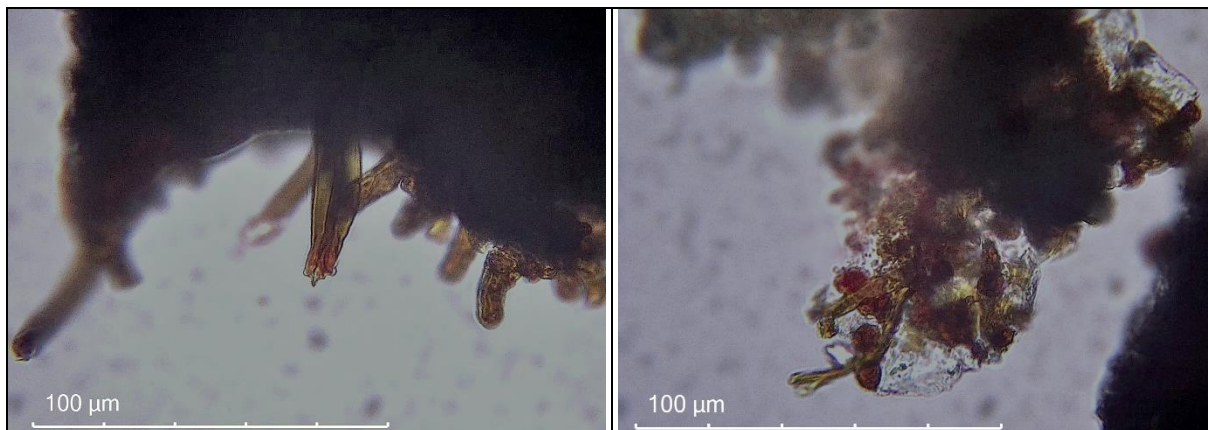
Figur 40: Forsiden/overflate på flaket i bildet over. Her er all biotitt vitret bort og feltspatene er forvitret/bleket.



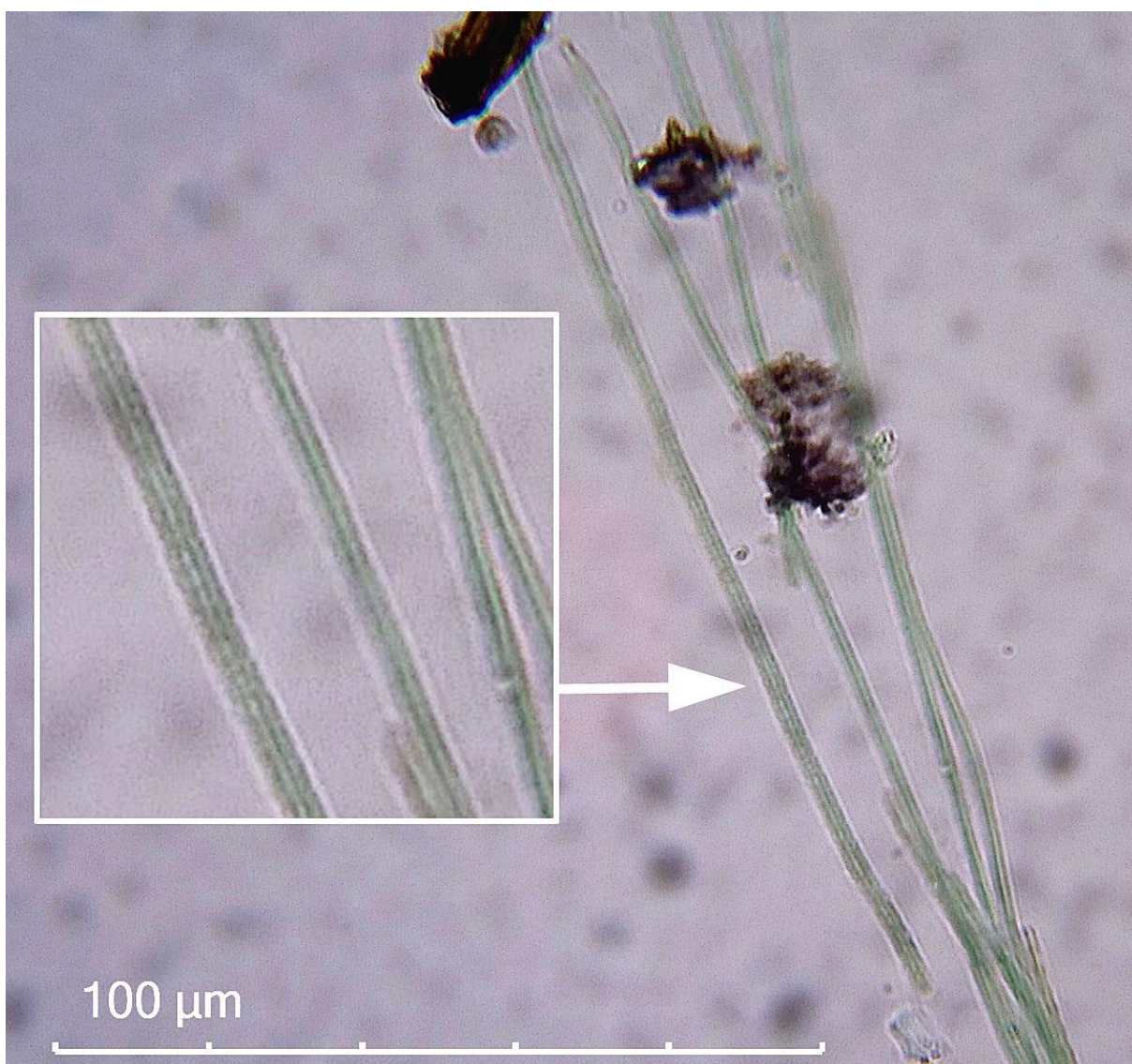
Figur 41: Grus/grusforvitring i tilknytning til mose (over selve helleristningene)



Figur 42: Relikt, glasial overflate innimellom grusforvitrede deler. Merk den svarte hinnen, sannsynlig blågrønnbakterier.



Figur 43: Prøve av den svarte hinnen sett i polarisasjonsmikroskop. En ser tynne, brune tråder og ovale, rødlige partikler, muligens coccoide blågrønnbakterier.



Figur 44: Mulige blågrønnbakterier som har vokst to døgn i vann fra prøve av den svarte hinnen. Det er vanskelig å se individuelle celler i de ca. 5 mikrometer tynne «trådene», men i den innfelte delen kan de anes. Mørke partikler er små mineralkorn med svart hinne (og sikkert andre mikroorg.). Polarisasjonsmikroskop.

7 Krusebyen, Vestby kommune (ID115541)

Rett ved Erikstadveien i Krusebyen ved Vestby finner man hundrevis av groper på lett hellende svaberg mot nord-nordøst, nå i blandingsskog. Svabergene er dels bare, ofte med ganske mye mose og lav, og dels dekket av relativt tynne torvlag. Med lite tid til rådighet for befaringen, gjorde tildekningen det vanskelig å få et klart bilde av geologien på stedet. I følge NGUs kart skal det dreie seg om prekambrisk, mer enn 1500 millioner år gammel, granittisk til tonalittisk biotittgneis (migmatitt/øygneis).

På gropfeltet er det imidlertid ikke lett å ane øygneis og en får et inntrykk av at mesteparten av berget heller kan karakteriseres som en relativt homogen, mørkere gneis, kanskje diorittisk, kanskje gabbroisk, altså en bergart som generelt er mer sårbar overfor forvitring enn granittiske/tonalittiske typer (jfr. innledningen). Videre undersøkelser må klarlegge dette; som en første indikasjon ses et uforholdsmessig stort antall mørke mineraler (amfibol, biotitt, kanskje pyroksen) ved polarisasjonsmikroskopi av avskrapet pulver i immersjonsolje av tilfeldige (løse) steinstykker fra feltet. Visuell betraktning av prøvene antyder også at sannsynlig plagioklas er kjemisk forvitret i overflatesonen (ned til ca. 1 cm) og har etterlatt en dels svært «mikro»ruglet overflate.

Bergarten er kryssset av et stort antall tynne årer, sannsynligvis mest kvartsårer, i to hovedretninger (N-S og Ø-V) og flere sekundære retninger. Det finnes også tykkere kvartsårer, mens hovedsprekkeretningen ligger omtrent NØ-SV og avgrenser svabergene. En sekundær sprekkeretning befinner seg omtrent vinkelrett på denne. Feltet ligger ca. 100 moh. og med litt tillemping av de mest aktuelle strandforskyvningskurvene¹⁴ må en regne med at det steg opp av fjorden for om lag 10-11 000 år siden. Da vil det her ha vært et nokså flatt skjærgårdslandskap og i en tid framover bart fjell før vegetasjon fikk fotfeste. Det finnes bergkunstlokaliteter såpass høyt over havet i regionen, men de er stort sett påtruffet i Indre Østfold og i andre deler av Akershus.

Betrakter en de mer åpne delene (dvs. de som ikke har mye mose og torv) av feltet på avstand, så ser ikke de utallige gropene særlig annerledes ut enn nokså sikre, store skålgropfelt, f.eks. Helgaberg i Etne på Vestlandet. Kommer en nærmere, er det en stor forskjell fra et felt som Helgaberg, nemlig at det ikke er antydning til hoggespor i gropene eller bergkunst nær gropene, som f.eks. ulike former for sirkler rundt dem. En annen stor forskjell er at gropene i Krusebyen har temmelig varierende størrelse, fra svært grunne med et par cm diameter til litt dypere med 4-5 cm diameter. Mange steder står tynne kvartsårer frem i gropene, dvs. at vertsberget har forvitret dels betydelig mer enn kvartsårene. Dessuten er de mer eller mindre sirkulære gropene fulgt av avlange groper, lange furer og dels sterk forvitring langs sprekker. Andre, helt naturlige forvittringsformer, som uregelmessige groper avgrenset av kvartsårer finnes også. Flere steder er berget preget av avflaking, der det er oppstått riss i overgangen mellom «friskt» berg og den kjemisk forvitrede overflatesonen.

Sett samlet, er det ingenting i veien for at gropene som «ligner» skålgroper kan være naturlige. Dette understrekes av mangelen på «figurativ» bergkunst, størrelsesvariasjonen, de kryssende kvartsårene og de øvrige forvittringsformene som helt klart er naturlige, men som i deler av formen kan ligne på

¹⁴ Sørensen, R. 1999. En 14C datert og dendrokronologisk kalibrert strandforskyvningskurve for søndre Østfold, Sørøst-Norge. I: Museumslandskap. Artikkelsamling til Kerstin Griffin på 60-årsdagen, redigert av Lotte Selsing & Grete Lillehammer, pp. 227-243. vol. 12A. *AmS-Rapport, Arkeologisk museum i Stavanger*, Stavanger. Se også: Roger C. Creel, Jacqueline Austermann, Nicole S. Khan, William J. D'Andrea, Nicholas Balascio, Blake Dyer, Erica Ashe, William Menke, Postglacial relative sea level change in Norway, *Quaternary Science Reviews*, Volume 282, 2022, samt RAPPORT, ARKEOLOGISK UTGRAVNING, Oslofjordforbindelsen, trinn 2, Delrapport 1. Sammenfattende rapport, KHM-UiO, 2022, <https://www.duo.uio.no/handle/10852/94461>

gropene. Om en her har å gjøre med en «randsone» til et tafonifelt som nå ligger under torva er det ikke mulig å gi svar på i dag. Til det er overdekningen for betydelig. Men det er ikke umulig, og i så fall kunne en tenke seg at den primære forvitringen har foregått i fjæresonen like etter at berget kom opp fra fjorden. Senere vil gropene, furene og forvitringen langs sprekker ha blitt påvirket av biologisk nedbrytning – eller formene kan ha blitt relativt godt bevart nettopp på grunn av de har blitt tildekket av vegetasjon. Bare videre undersøkelser kan gi klarere svar på slike hypoteser.

At biologisk nedbrytning har en finger med i spillet virker imidlertid som en god mulighet på en del av berget som er overdekket av torv. Ved avrulling av torva ses et utall, dels svært grunne temmelig sirkulære groper, med varierende diameter, som er betydelig lysere i fargen enn berget innimellom. Dessuten finnes det lange, lyse grunne furer med opptil 5 cm tykkelse. Både de grunne gropene og furene finnes ikke bare på «slett» berg, men også langs brattere, lave kanter. Som for andre typer groper er mange krysset av tynne kvartsårer som står frem fordi de har forvitret mindre. Den avrullede torva har for øvrig lyse avtrykk av de fleste groper og furer. Det ble under befaringen ikke observert om avtrykkene består av fin grus/sand fra forvitringen, eller om de har andre karakteristika. Dette er viktig å finne ut av ved senere studier.

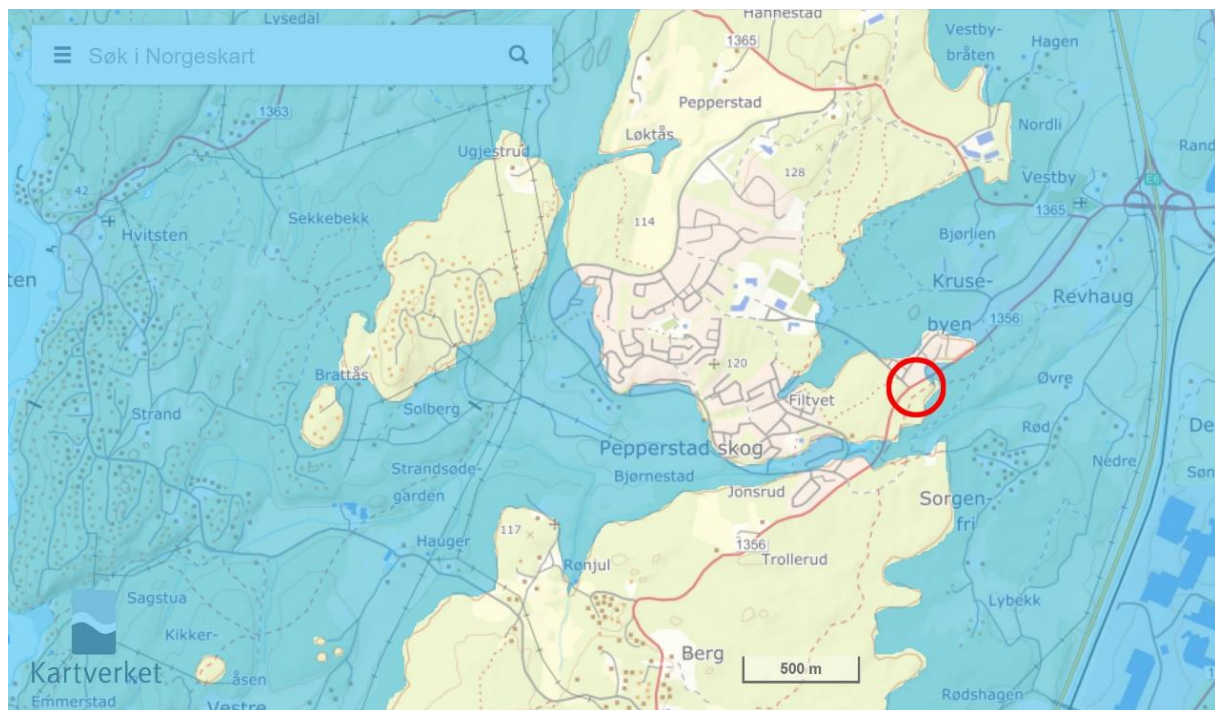
Det er ikke funnet noen god forklaring verken på dannelse eller «bleking» av furene og gropene. På grunn av geometrien kunne en foreslå at furene er «avtrykk» fra biogeokjemiske prosesser knyttet til rotvekst fra større trær som nå har blitt borte.¹⁵ Tilsvarende kunne en for de runde gropene foreslå at dannelsen er knyttet til andre vekster, f.eks. lavbål, som senere har blitt borte. Men dette er kun spekulasjon og det er heller ikke kjent om slike groper og furer kan være starten på forvitring som på andre steder har utviklet seg videre, etter at torv gjennom de siste tusener av år kan ha forsvunnet (og dukket opp på igjen andre steder). I det hele tatt er det sannsynlig at en må ta hensyn til lange tidsperspektiver og betydelige klimatiske variasjoner om en skal kunne forstå disse fenomenene.

At de imidlertid skulle være menneskeskapte virker usannsynlig. Det finnes ingen observerte spor av f.eks. hogging – alle gropene og furene har svært «slett», grunn geometri. At furene og gropene er så like i sitt vesen, tross de ulike formene, samt tilstedeværelsen av oppadstikkende, kryssende kvartsårer, taler også sterkt for naturlige forklaringer. Om en og annen grop blant alle naturfenomenene er menneskeskapt og så forvitret er uråd å si.

Etterord

I nov. 2021 utførte bergkunstgruppa i Viken fk en ny befaring ved Krusebyen, der det ble lett etter tilsvarende grop-fenomener som diskutert over. Her er gruppas observasjoner, ført i pennen av Jone Kile-Vesik (se også bilder under): «Som du hadde anbefalt, søkte vi etter andre bergskjær av samme bergart/type i skogen rundt feltet, men det vi fant var stort sett berg av en lysere, grovere bergart (mer granittlignende). Unntaket var inne i boligfeltet på motsatt side av veien, der det ble funnet en knaus med samme mørke farge og smale bånd av kvarts som lignet veldig på berget på feltet. Også denne knausen var preget av de samme fordypningene og linjene, men her var det ingen groper som så ut som skålgroper. Jeg tenker at dette styrker teorien om at gropfenomenet er naturlig.»

¹⁵ Om rotvekst og biogeokjemiske prosesser, se f.eks. denne oversiktsartikkelen: Łukasz Pawlik, Jonathan D. Phillips, Pavel Šamonil, Roots, rock, and regolith: Biomechanical and biochemical weathering by trees and its impact on hillslopes—A critical literature review, *Earth-Science Reviews*, Volume 159, 2016, Pages 142-159 (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012825216301143>)



Figur 45: Groplokaliteten ved Krusebyen (rød sirkel) med inntegnet havnivå 100 m for 10-11 000 år siden



Figur 46: Et stort antall groper med ulik størrelse fordelt over et av svabergene på feltet. Men her er også lange furer og mye forvitring langs sprekker.



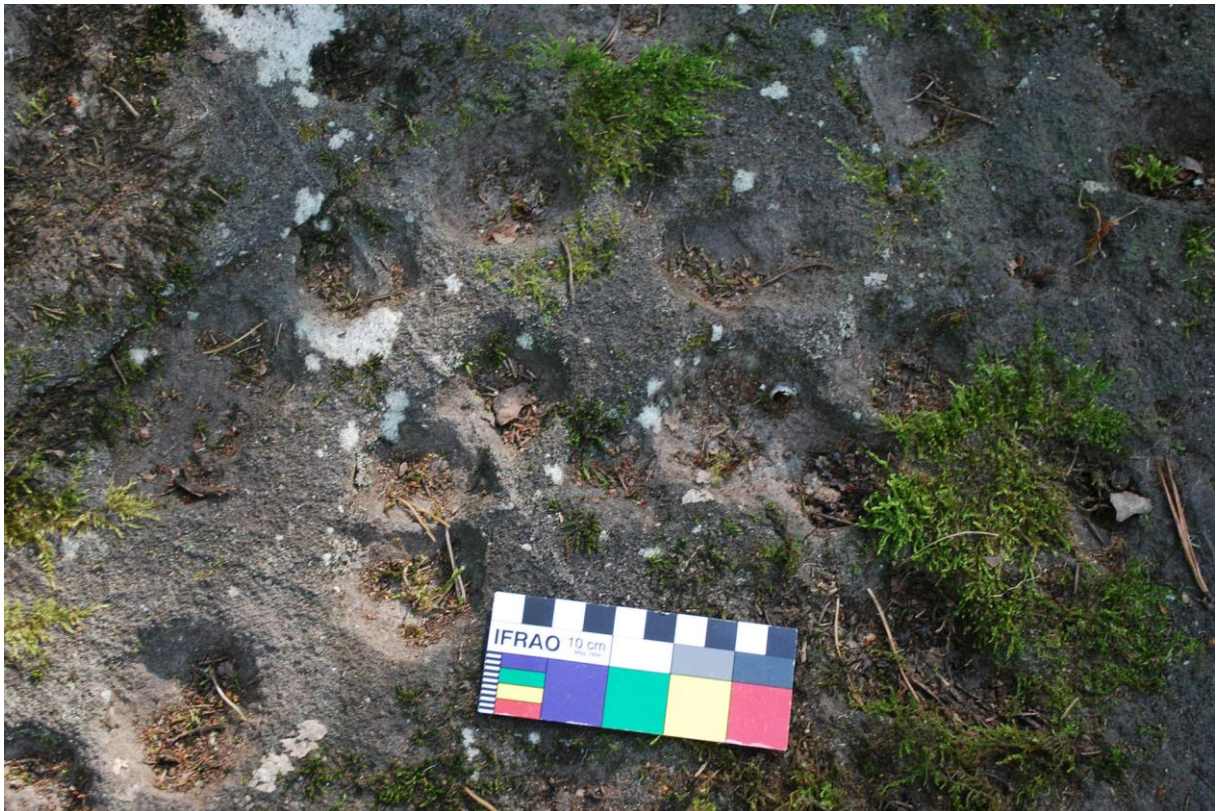
Figur 47: For sammenligning: Skålgropfeltet ved Helgaberg, Etne, Vestland fylke (ID90164-1). Det ser på avstand ikke veldig annerledes ut enn gropfeltet i Krusebyen, med den viktige forskjellen at ulike typer sirkler er hogd omkring gropene, som dels også er større/dypere enn i Krusebyen. Det skal understrekes at dette feltet ikke er undersøkt med tanke på om (deler av) gropene kan være naturlige.



Figur 48: Naturlige forvittringsformer i Krusebyen; furer og groper langs sprekker (med årer) samt utstikkende kvartsårer. Tå små groper til høyre skiller seg lite ut i dette bildet.



Figur 49: Naturlige forsenkninger mellom kryssende kvartsårer. Jfr. Figur 12



Figur 50: Mange groper er små og ligger innimellom større, men med samme morfologi. Andre har kvartsårer rett gjennom – årer som står fram og som forteller at dybden – om gropene er menneskelagde – må ha vært svært grunn. Totalt sett fremstår gropene på bildet som naturlige.



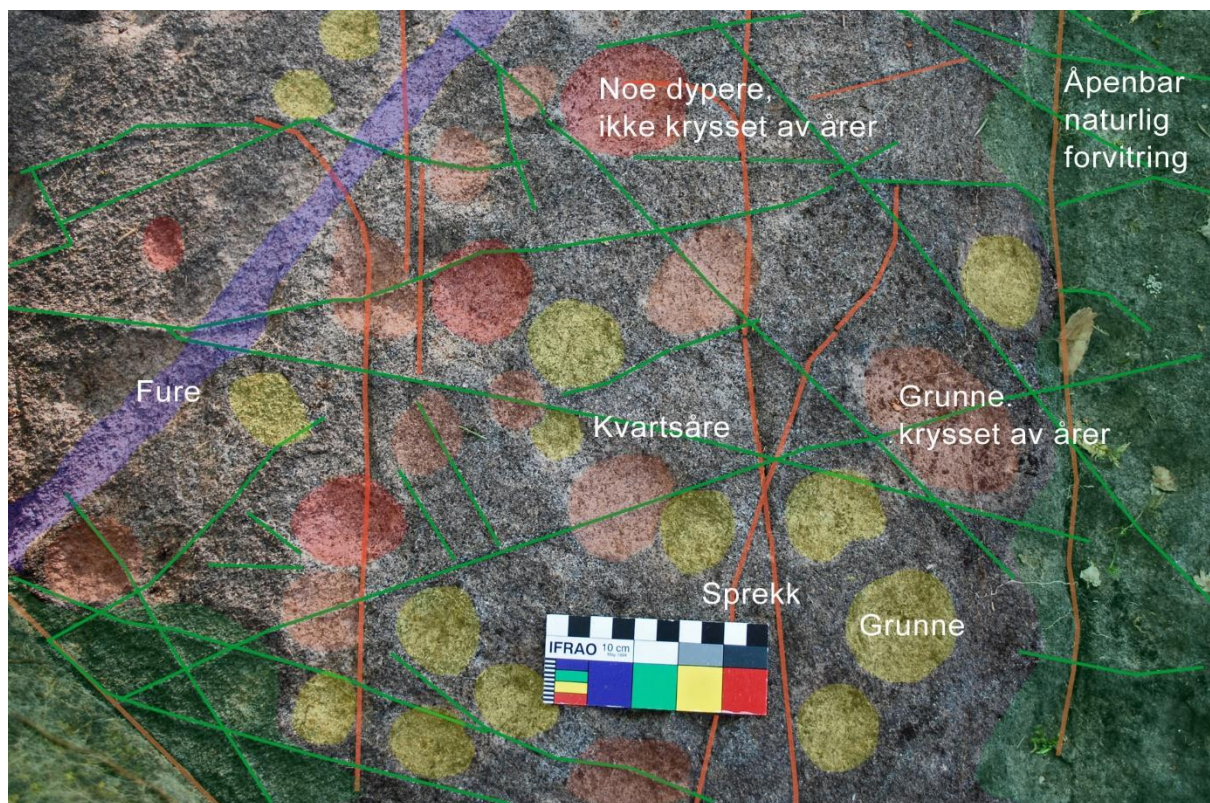
Figur 51: Avdekket felt med mange groper under torva. I forkant: Gropene begynner seg på del av feltet som har vært mest overdekket.



Figur 52: Feltet er fullt av tynne, kryssende kvartsårer. Her er det lite forvitret i forkant, der overdekningen har vært mindre enn ellers. Merk at noen «groper» finnes på den lille vertikale kanten langs den sentrale sprekken. Merk at den lange, lyse furen «sniker» seg over samme kant. Se også «avtrykk» fra gropene under torva.



Figur 53: Detalj av de to foregående bildene. Et stort antall groper har kryssende kvartsårer som står frem. Det betyr at de ikke kan ha vært hogd ned dypere enn så høyt som årene nå står frem. Merk også at mange kvartsårer krysser den brede furen, og at denne heller ikke kan ha vært hogd dypt ned, høyst sannsynlig er den ikke hogd i det hele tatt. Kanskje det kan dreie seg om avtrykk fra ei trerot som har gitt gode/sure betingelser for kjemisk forvitring.



Figur 54: Detaljkartlegging av del av felt på foregående bilde. Det er bare 4-5 groper som har en viss dybde. Alle de andre er svært grunne, enten i seg selv, eller sett i forhold til høyden på kryssende kvartsårer.



Figur 55: Groper og furer på berget i boligfeltet i Krusebyen. Her er det en mørk bergart av tilsvarende type som den undersøkte et stykke unna. Det er liten tvil om at dette er naturlige fenomener. Foto: Geir Amund Strandberg Sørgård, november 2021



Figur 56: Detaljfotos av tilsvarende forvitring som i bildet over. Legg merke til groper som er lyse i bunnen (på begge bildene). Foto: Geir Amund Strandberg Sørgård, november 2021

8 Ek, Vestby kommune (ID136555)

Lokaliteten Ek befinner seg på en liten, østvendt bergkuppe i hellende jordbrukslandskap rett ved den gamle Osloveien innenfor Son i Vestby. Bergkuppen er nå bevokst med trær, og mose dekker delvis bergflatene, men kuppen lå ifølge gamle flybilder helt åpen fram til 1970-80-tallet. På toppen er bergkuppen preget av avrundede «istidsformer» som nå er noe overflateforvitret (langs sprekker, noe flaking osv.) og ikke har skuringsstriper, mens den østlige brattkanten oppviser et særegent, dels ganske dyptstikkende mønster fra nokså heftig differensiell forvitring. Det er åpenbart at forvittringsformene er naturlige og at det ikke har vært hogd skålgroper her, men det kan være lærerikt å se nærmere på hva som har skapt det spesielle forvittringsmønsteret, karakterisert av sammenhengende groper innimellom utstående årer og mineralaggregater.

Da er det først og fremst viktig å kjenne bergarten. Her har en ifølge NGUs berggrunnskart å gjøre med en glimmergneis (biotitt-muskovittgneis) som stedvis inneholder høytemperaturmineralene sillimanitt og kyanitt (aluminiumsilikater), samt kalksilikatmineraler (som noen pyroksen- og plagioklasmineraler). Bergarten ble opprinnelig dannet for mer enn 1,5 milliarder år siden og utsatt for sterk metamorfose ved den sveco-norvegiske fjellkjededannelsen for drøyt 1 milliard år siden. I dag fremstår glimmergneisen som intrikat foliert med en mengde gjennomsettende og kryssende, tynne kvartsårer. Dessuten finnes det mange aggregater, årer og «knuter» der større krystaller av aluminiumsilikater er konsentrert. En sjekk med mikroskopet tyder på at en mest har å gjøre med delvis nedbrutte, prismatiske sillimanittkrystaller på opp til og over 5 mm størrelse. I friskt brudd kan bergarten framstå som en særegen øyegneis, der knuter med sillimanittansamlinger er «øynene».¹⁶

Både sillimanittansamlingene og kvartsårene er vesentlig mer motstandsdyktige mot kjemisk (biogeokjemisk) forvitring enn grunnmassen av vesentlig biotitt og muskovitt. Forvittringsmønsteret i overflaten er derfor helt avhengig av fordelingen av mineralene i berget. En kan få groper mellom kryssende kvartsårer, groper inni «ringer» av sillimanittansamlinger, knuter av sillimanitt som står ut mot en nedforvitret grunnmasse osv. Dette er klassisk differensiell forvitring. Bergkuppen ligger på ca. 44 moh., og det skulle tilsi at den kom opp fra fjorden for ca. 7000 år siden. Med en vanlig dybde på gropene på kanskje ca. 2 cm, skulle det tilsi at forvittringsraten for grunnmassen er om lag 3 mikrometer i året. Det er imidlertid full mulig at en her ikke har å gjøre med en langsomt fremadskridende forvitring, men heller forvitring som er skapt relativt raskt i et annet klima/andre omgivelser enn i dag.

Derfor er det interessant å legge merke til at groper med ulik morfologi øker ganske betydelig i dybde, til mange cm, nedover brattkanten, til overdekningen ikke lenger gjør det mulig å foreta observasjoner. Her skal en altså ikke se bort fra at det er utviklet tafoni-lignende forvitring, dvs. at de mer motstandsdyktige årer og aggregater også er brutt ned og større/dypere groper således er skapt. Dette mønsteret kan en finne igjen langs deler av Sørlandskysten (i annen type gneis, se kapitlet om tafoni).

Her på Ek ville det altså vært interessant å fortsette arbeidet ved å gjøre observasjoner i nærheten, med mål om å finne ut hvordan forvittringsformene i berget fordeler seg på mer generell basis. Kanskje kunne en finne et sikrere mønster med tafoni i et belte ned mot en høyvannstand for flere tusen år siden og mer differensiell forvitring oppover berget?

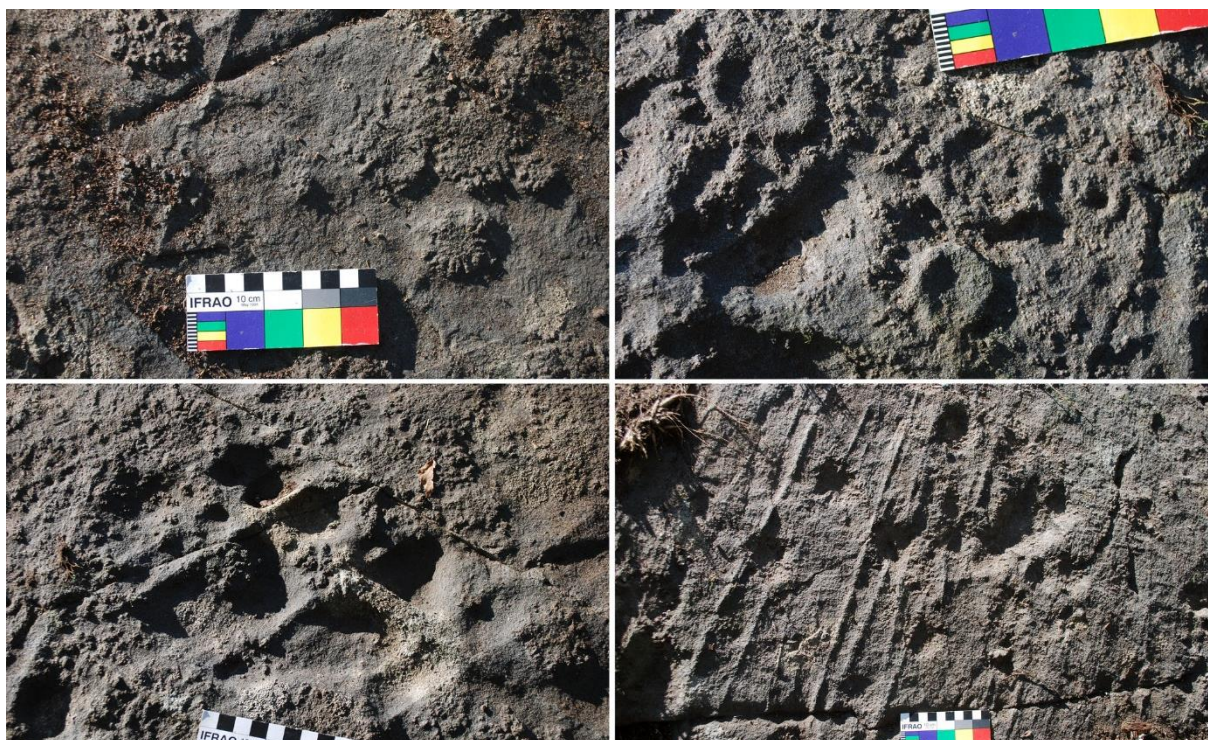
¹⁶ Det trengs tynnslipmikroskopi for å kvalitetssikre disse observasjonene.



Figur 57: Toppen av bergkuppen med litt forvitret og flaket, isskurt berg



Figur 58: Bergkuppens forvitrede, østlige brattkant.



Figur 59: Detaljer av de ulike forvittringsfenomenene. En ser utstikkende knuter, oppstikkende ringer, groper mellom kryssende kvartsårer og nedforvitret berg mellom parallelle kvartsårer.



Figur 60: Prøve fra feltet, bakside/underside av flak uten organisk vekst. En ser at «knuter» og oppstikkende «koller» er knyttet til de prismatiske krystallene med sillimanitt, mens den glimmerrike grunnmassen uten sillimanitt er nedforvitret.

9 Rød, Fredrikstad kommune (ID75143)

Dette er et lite bergkunstfelt med tre skipsfigurer (hvorav en som skal være moderne etterligning) og en del ovale groper i overkant av figurene. Bergarten er en middelskornet Iddefjordgranitt (Skinnarflogranitt) som er skadet i nedkant av figurene (bl.a. flaking), men mye bedre bevart i overkant. Her er det glasial politur og isskuringsstriper er lette å se. Lokaliteten ligger på snaut 40 moh., dvs. at berget har vært eksponert i drøyt 6000 år.

Men eksponeringstiden spiller trolig liten rolle for forståelsen av de ovale gropene. Disse virker ikke menneskeskapte, bl.a. på grunn av den ovale formen, den ringe dybden (sjelden over 5 mm) og at i alle fall noen av gropene har en nokså slett/slipt bunn. Det mest interessante er imidlertid at de alle er noenlunde likt orienterte med den lengste diameteren i omkring NNØ-SSV-retning. Det finnes også en del mindre sår i berget som er orientert i omtrent samme retning. Dette er en retning som går omkring 20-30° på skrå av de bevarte, yngste isskuringsstripene. Disse oppviser den vanlige, lange, tynne og grunne formen.

En har ikke lett etter støtte i den rikholdige litteraturen om isskuringsspor, men det virker som at de ovale gropene kunne være rester etter en eldre isskuringsretning som kan ha etterlatt litt varierende dype og brede skuringsstriper, eller mer «grooves». Det er ikke uvanlig å finne isskuringsstriper med ulike retninger, dvs. av ulik alder, på f.eks. et svaberg, men om parallelle, dypere «grooves» med litt ulik dybde i lengderetningen kan forekomme (i Østfold) er en inntil videre ukjent med. Dette temaet bør derfor undersøkes videre av spesialister på erosjon under innlandsisen.



Figur 61: Det lille svaberget med skipsfigurer og groper. Feiekosten antyder isskuringsretning. De små pinnene viser lokalisering og orientering av de ovale, «slipte» og grunne gropene.



Figur 62: Feiekosten antyder isskuringsretning. De små pinnene viser lokalisering og orientering av de ovale, «slipte» og grunne gropene.



Figur 63: Nærbilde av fire av de de ovale gropene. De fremstår «slipte» i bunnen der de ikke er svakt grusforvitret. Svake spor av isskuringsstriper på skrå av den lengste aksen på gropene.



Figur 64: Annen del av feltet, ikke-orientert grop. Om denne er naturlig eller menneskeskapt er ikke godt å si.

10 Regimentsmyra, Fredrikstad kommune (ID215043)

Regimentsmyra er Forsvarets gamle skytebane i Fredrikstad. Den var sterkt forurensset og ble sanert mellom ca. 2011 og 2017. Saneringen innebar fjerning av store mengder masser, samt hogst og spyling av bl.a. et stort (og flott) isskurt svafjellområde i den nordøstre delen.¹⁷ Rett under, i kanten av dette svafjellet i Fredrikstadgranitt finnes det noen merkelige, relativt dype furer i berget som tidligere har blitt karakterisert som «uferdige helleristninger», men som i den senere tid er avskrevet som sannsynlige merker etter maskiner.

Befaringen ble gjennomført for kvalitetssikre avskrivningen, og her kan det bare konstateres at den etter alt å dømme er helt korrekt. Forsvarsbyggs bilder fra saneringen av skytebanen viser endog en bulldozer som er i aktivitet rett inntil lokaliteten (se fotnote 12). Videre kan en merke seg at det sannsynligvis er gravd bort sand og jord akkurat der merkene i berget befinner seg. Dette er fordi berget her er slett og fint med bevarte isskuringsstriper, mens det rett ovenfor er ganske forvitret i overflaten (stort sett normal grusforvitring). Løsmassene har altså bevart overflaten inntil en gravemaskin eller dumper fjernet dem og samtidig påførte furene i berget.

Siden svafjellet har blitt spylt, er det inntil vegetasjonen igjen får fotfeste et fantastisk sted for å observere både strukturer i Fredrikstadgranitten og innlandsisen erosjon. Her ser en bl.a. benkning og kløv i granitten – og spesielle jettegryter. Rett ved siden av furene i berget kan en også observere en mengde groper og hull i den nær vertikale veggen, noe som får en til å tenke på tafoni. Om det da ikke er spor etter Forsvarets granater! Vel verd et videre studium.



Figur 65: De skrapte furene som etter alt å dømme er skapt av en gravemaskin el.l. Legg merke til at isskuringsstriper er bevart i den nedre delen av feltet, mens den øvre er grusforvitret.

¹⁷ Se <https://www.forsvarsbygg.no/no/miljo/rive-og-ryddeprosjekt2/regimentsmyra/> og følg saneringsarbeidet ved hjelp av historiske flyfotos på <https://kart.finn.no/?lng=10.99973&lat=59.20140&zoom=19&mapType=historicalm-Ostfold-skraafoto-2017%40h&markers=10.99962,59.20148,r,Brukerdefinert>



Figur 66: Regimentsmyra under sanering en gang mellom 2011 og 2017. Legg merke til bulldozer rett ved berget der de skrapte furene forekommer. Foto fra: <https://www.forsvarsbygg.no/no/miljo/rive-og-ryddeprosjekt2/regimentsmyra/>



Figur 67: Rett ved siden av de skrapte furene finnes det en mengde groper litt oppe på brattkanten. Kan dette være en tafoni-lignende forekomst? Eller er det et resultat av «kuler og granater» her i det gamle skytefeltet?

11 Haugstenåsen, Fredrikstad kommune (ID141942)

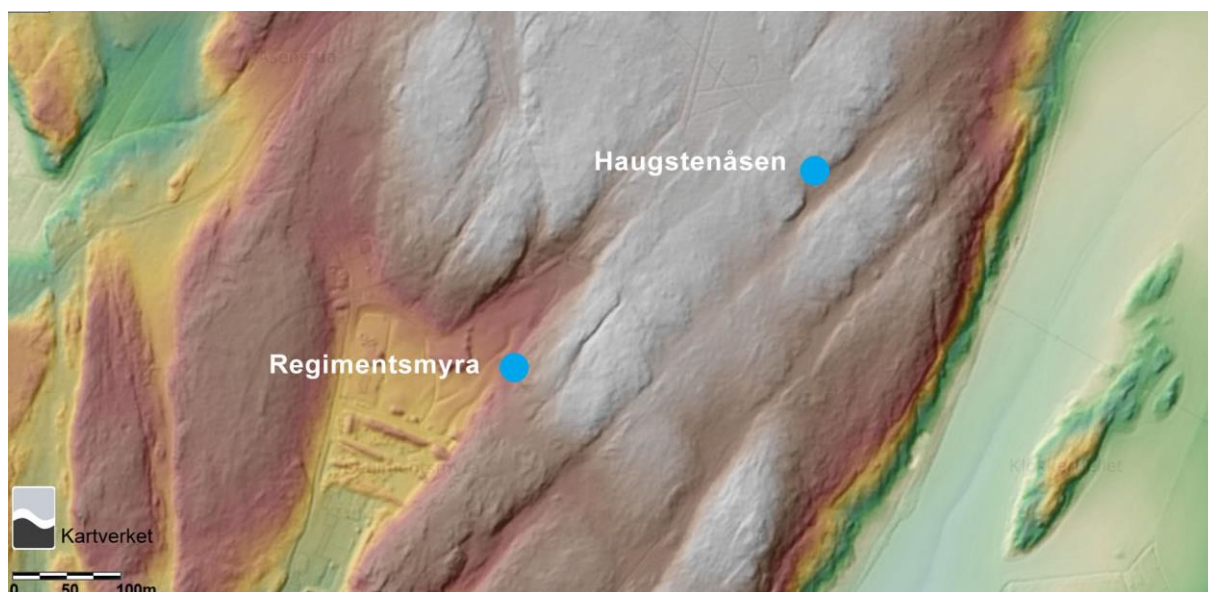
Haugstenåsen ligger i skogsområdet rett nord for Regimentsmyra og sør for Begby. Her befinner det seg 10-15 groper i en liten SØ-ventd brattkant i Fredrikstadgranitt, mot en liten, trang dal.

Fredrikstadgranitten er litt foliert og «året» her i brattkanten, med foliasjonsplanet omtrent parallelt med den steile kanten som har fall mot den trange dalen. Dalen representerer sannsynligvis en forkastningssone eller en større sprekkesone og går parallelt med tilsvarende store og mindre soner gjennom størsteparten av Iddefjordsgranitten, inklusive Fredrikstadgranitten. På skrått av denne strukturelle hovedretningen, finnes flere steile sprekkeretninger, bl.a. en som går omtrent N-S. Det er ingen bevarte spor av istidsoverflate, skuringsstriper oa. ved gropene.

De små, lavbegrodde og dels mosegrodde gropene, med diameter 4-8 cm og dybde opp mot 2 cm, ligger parallelt med den dels svært ujevne bergoverflaten, dvs. de skjærer ned gjennom foliasjonen i berget. På kantene av gropene kan det ofte observeres lett flaking parallelt med foliasjonen og det er en god del grusforvitring både i gropene og ellers på berget. En skal huske på at berget her i forkastnings- eller sprekkesonen er mer sårbart overfor forvitring enn i mer massiv granitt. Flere av gropene, kanskje de fleste, er utviklet langs mindre tverrsprekker, noen er også utviklet med omtrentlig sentrum der to sprekkeretninger krysser hverandre. Berget er dels noe rustet ved enkelte av gropene (og generelt). Det kan tyde på forvitring av biotitt eller mindre mengder sulfidmineraler, noe som jo generelt øker farten på forvitringen.

Selv om ikke alle gropene er knyttet til klare sprekker eller kryssende sprekkeretninger, så tyder disse fenomenene på at en har å gjøre med naturlige groper, der forvitringen har satt inn ved de typiske angrepsflatene som sprekker representerer. Selv om forvitring kunne ha ødelagt dem, så er det heller ingen tegn til hoggemerker i gropene.

Gropene ligger ca. 47 moh., noen få meter over sålen i den trange dalen. Dette var for omkring 7000 år siden et trangt sund eller en grunn vik i skjærgården. En skal ikke se bort fra at forvitringen og gropdannelsen startet da saltvannet den gang lå og skvulpet mot brattkanten.



Figur 68: Lokalisering av Haugstenåsen og Regimentsmyra. Legg merke til de SV-NØ-gående sprekke- eller forkastningsretningene. Lidarbilde fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.



Figur 69: Den lille brattkanten, med ujevnt forvitret berg. Noen av gropene antydnet med røde sirkler. Legg merke til foliasjonen (parallelt med bergoverflaten), oppsprekningen og at en stein fra berget trolig har løsnet langs sprekker.



Figur 70: 4-5 av gropene med lavvekst og tydelig forvitret berg under.



Figur 71: Grop med to tynne sprekker som møtes omtrent i midten.



Figur 72: Grop med gjennomgående, tynn sprekk og en annen som skjærer opp mot denne. Legg merke til foliasjonen og vekslingen mellom lyse og mørke mineraler i «lag».

Oppsummering og anbefalinger

Her følger til sist en kort oppsummering av resultatene fra undersøkelsene av de besøkte feltene, med kommentarer/anbefalinger for videre arbeid.

Andersnatten, Sigdal kommune (ID281782-0) – groper. Natur?

Tolket som naturlig forvitring i dels sårbart berg med utgangspunkt i små sår fra iserosjon/skuringsstriper. Vurdering av ekspert på iserosjon ville ha vært en fordel, med ytterligere observasjoner i omgivelser.

Dokka, Flesberg kommune (ID281646-0) – groper. Natur?

Tolket som naturlig forvitring (tafoni), men kan ha vært benyttet av mennesker, da stedet er intimt forbundet med tidligere gårdsbebyggelse. Egnert sted for studium av tafoni i innlandsstrøk.

Langekjenn, Kongsberg kommune (ID100048) – ristninger/groper. Vurdering groper

Tolket som menneskeskapte groper.

Lierelgene, Lier kommune (ID170587) – helleristninger. Vurdering forvitring/bevaring

Grusforvitring og litt avflaking i grovkornet Drammensgranitt. Nedre deler bedre bevart pga. løsmasser fra breelavsetning som ble fjernet mellom 1991 og 2003. Mørk hinne sannsynlig fra blågrønnbakterier. Detaljert overvåkning anbefales før en velger bevaringsstrategi, f.eks. spriting, men mose bør holdes unna feltet.

Krusebyen, Vestby kommune (ID115541) – groper. Natur?

Tolket som naturskapte groper og furer, kanskje en randsone til tafoni. Om en og annen menneskeskapt grop befinner seg blant naturfenomenene er uråd å si. Dannelsesmekanismer for bleket berg i grunne groper og furer ikke klarlagt. Bør studeres videre.

Ek, Vestby kommune (ID136555) – groper. Natur?

Tolket som naturskapte forvitningsfenomener, kanskje en randsone til tafoni. Mulig en kan få bedre grep på dannelsen ved å studere forvitningsfenomener i omgivelsene.

Rød, Fredrikstad kommune (ID75143) – ristninger og groper. Natur? (groper)

Tolket som naturskapte groper, forbundet med iserosjon/skuringsstriper. Vurdering av ekspert på iserosjon ville ha vært en fordel.

Regimentsmyra, Fredrikstad kommune (ID215043) – linjer i berget. Vurdering

Tolket som skrapespor fra bulldozer/gravemaskin under sanering av Forsvarets skytebane mellom ca. 2011 og 2017.

Haugstenåsen, Fredrikstad kommune (ID141942) – groper. Natur?

Tolket som naturlige groper i svakhetssone i berget (sprekke- eller forkastningssone).