

# Miljøgeologisk riktig planlegging og bygging

FoUI-prosjektet MilGRO 2022-2024

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 913



**Tittel**

Miljøgeologisk riktig planlegging og bygging

**Undertittel**

FoUI-prosjektet MilGRO 2022-2024

**Forfatter**

Per Hagelia, Finn Sverre Daniel Karlsen

**Avdeling**

Fagressurser Utbygging

**Seksjon**

Geofag Utbygging

**Prosjektnummer**

VVB12055-013

**Rapportnummer**

913

**Prosjektleder**

Finn Sverre Daniel Karlsen

**Godkjent av**

Bård Pedersen, Lene Sørлие Heier

**Emneord**

Berekraft, miljøstyring, geologi, forureining, ressurs, grønt skifte

**Sammendrag**

Miljøgeologi er viktig for implementering av FNs bærekraftsmål i Statens vegvesens. MilGRO samlar erfaringar frå vegprosjekt med tanke på forureina og ikkje-forureina bergmasse. Det er eit stort potensial for betre handtering og utnytting av massane for vegformål, tilslagsformål og mineral for det grønne skiftet. Potensialet kan realiserast ved å legge auka vekt på tidleg detaljert geologisk kartlegging og analyse av mekaniske, kjemiske og mineralogiske eigenskapar i tett tverrfagleg samarbeid. Nøkkelen til suksess er tidleg verdivurdering av alle massetypar i prosjekta som grunnlag for val av optimale grønne vegtrasear.

**Title**

Environmental geology for proper planning and construction

**Subtitle**

R & D project MilGRO 2022-2024

**Author**

Per Hagelia, Finn Sverre Daniel Karlsen

**Department**

Planning and Engineering Services

**Section**

Geology and Geotechnics

**Project number**

VVB12055-013

**Report number**

913

**Project manager**

Finn Sverre Daniel Karlsen

**Approved by**

Bård Pedersen, Lene Sørлие Heier

**Key words**

Sustainability, environmental management, geology, pollution, resources, green shift

**Summary**

Environmental geology is important for implementation of the UNs sustainability goals at NPRA. MilGRO gathers experience on polluted and clean rock masses from road projects. There is a great potential for better utilisation of rock masses for road construction, aggregates and minerals for the green shift. The potential can be realized by placing emphasis on detailed geological mapping and analysis of mechanical, chemical and mineralogical properties in close interdisciplinary cooperation. The key to success rests on a valuation of all rock mass properties as basis for optimal green road routes.



## INNHALD

1	INNLEIING .....	6
1.1	FoUI i miljøgeologisk riktig planlegging og bygging .....	6
1.2	FN sine berekraftsmål i Statens vegvesen .....	6
1.3	Krav frå Miljødirektoratet og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet .....	8
1.3.1	Grunnlova § 112 .....	8
1.3.2	Forurensningslova .....	8
1.3.3	Vannforskriften; EU sitt rammedirektiv .....	8
1.3.4	Plan og bygningsloven .....	9
1.3.5	Naturmangfoldloven .....	9
1.3.6	Mineralloven .....	9
1.3.7	Avfallsforskriften .....	9
1.4	Miljøstyring i Utbyggingsdivisjonen – Statens vegvesen .....	10
1.5	Definisjon av miljøgeologi .....	10
1.6	Miljø og geologi er nedfelt i Statens vegvesen sine handbøker .....	10
1.7	FoUI i miljøgeologi – mål og hensikt .....	13
1.8	Strategisk tilnærming – Den Miljøgeologiske Varseltrekanten .....	13
1.9	Miljøgeologiske fagtema .....	14
1.9.1	Kortreist stein og massehandtering .....	14
1.9.2	Syredannende bergarter og metallmobilisering .....	15
1.9.3	Radioaktiv stråling .....	15
1.9.4	Djupforvitring .....	16
1.9.5	Naturmangfald og vern .....	16
1.9.6	Masseuttak og byggekvalitet .....	16
1.9.7	Grønt skifte og mineralindustri .....	16
2	VAL AV BYGGEPROSJEKT I MilGRO – TILNERMING OG METODIKK .....	18
2.1	Kriterium for val av byggeprosjekt i FoUI-prosjektet .....	18
2.2	Tilnærming og metodikk .....	18
3	AKTIVE MILJØGEOLOGISKE VEGPROSJEKT – UNDER BYGGING .....	19
3.1	E6 Svenningelv–Lien – vegbygging gjennom gammal sølvgruve .....	19
3.1.1	Bakgrunn .....	19
3.1.2	Miljøgeologisk problematikk .....	19
3.2	Rv. 80 Sandvika – Sagelva .....	21

3.2.1	Bakgrunn .....	21
3.2.2	Miljøgeologisk problematikk .....	22
3.3	Ring 1 Hammersborgtunnelen – Alunskifer i Oslo sentrum .....	22
3.3.1	Innleiing .....	22
3.3.2	Miljøgeologiske utfordringar på Ring 1 .....	23
4	FERDIGSTILTE MILJØGEOLOGISKE PROSJEKT .....	25
4.1	E18 Lillesand – ekstrem forsuring og metallutlekking frå djupforvittra gneis .....	25
4.1.1	Innleiing .....	25
4.1.2	Miljøgeologiske problemstillingar i FoUI-prosjektet .....	26
4.2	Fv. 8670 Kvernsundtunnelen.....	27
4.2.1	Innleiing .....	27
4.2.2	Miljøgeologisk problematikk .....	27
4.2.3	Etter dette prosjektet – lærdom og nye/uløyste problemstillingar .....	27
5	MILJØGEOLOGISKE TEMA FOR VIDERE ARBEID .....	29
5.1	E6 Ulsvågskaret – djupforvitring og muleg stråling.....	29
5.1.1	Uraninnhald i forvittringssoner og hydrotermalt omvandla berg.....	29
5.2	E6 Sørfoldtunnelene – djupforvitring.....	29
5.3	Rv 4 Gran grense–Jaren – erfaring med lokalt masselager i myr .....	29
5.4	E16 Eggemoen – Olum – tilfelle med ulmebrann i alunskifertipp.....	29
5.5	Tidleg planlegging for redusert masseuttak .....	30
5.6	Partiklar frå ulik berggrunn .....	30
5.7	Erfaringar frå E39 Rogfast og E18 Lysaker.....	31
5.8	ISO 14001 sertifisering av Utbyggingsdivisjonen .....	31
5.9	Behov for ein ny veileidar for klassifisering av forureina berg .....	32
5.10	Konsekvensar for fagmiljø, miljø og regelverk .....	32
6	REFERANSAR .....	33

**Vedlegg 1:** Oversikt fagressursar i FoUI-prosjektet

**Vedlegg 2:** Hydrofag illustrert ved lengdeprofil av planlagt Hafstadjelltunnel ved Førde

## Forord

«Miljøgeologisk riktig planlegging og bygging» er eit FoUI-prosjekt i Statens vegvesen ved Utbyggingsdivisjonen. Prosjektet starta opp i januar 2022 og er planlagt slutført i 2024, men det vil bli søkt om midlar for 2025 også. Prosjektet bygger på miljøpolicyen i Utbyggingsdivisjon til Statens vegvesen og FN sine berekraftsmål. Det overordna målet for prosjektet er å komme fram til metodar, rutinar og regelverk for god utnytting av massane som ressurs og med minst muleg forureining og avfall.

Moderne vegprosjekt inneber omfattande handtering og transport av berg- og lausmasse. Karakterisering og klassifisering av slike geologiske masser må i større grad, enn tilfellet er i dag, bygge på geologisk kunnskap og metode. Generell geologi og miljøgeologi er derfor nødvendige fag for å oppfylle berekraftsmåla. Ei sentral miljøgeologisk oppgåve i utbyggingsprosjekta i Statens vegvesen er å skilje mellom forureina berg- og lausmassar og ikkje-forureina massar «reine massar».

Forureina massar, t.d. syredannande eller strålefarlege bergartar, påverkar det ytre miljøet i varierende grad. Det er nødvendig å utføre miljørisikovurdering i kvart enkelt prosjekt; både før-, under- og etter bygging av ny veg. Dette krev tverrfagleg samarbeid med miljøfagleg og biologisk kompetent personell.

Ikkjeforureina massar har eit potensiale for bruk og gjenbruk i det enkelte vegprosjektet eller på annan måte. I nokre tilfelle vil ny veg leggest i område med potensielle industrimineral og andre økonomisk viktige bergartar. Statens vegvesen bør i aukande grad legge vekt på slike forhold i planlegging for å unngå nedbygging av framtidige ressursar som t.d. mineralførekomstar jfr Det grønne skiftet. På same måten er det behov for eit sterkare fokus på verneverdig geologi og naturtypar (Artsdatabanken, undervisning, forskning, industrihistorie mm.).

Sprengning eller annan påverknad på berg og lausmassar vil i alle tilfelle tilføre partiklar eller støv til det ytre miljø, og prosjekta våre har ofte tydeleg fokus på dette. På den andre sida finst det eksempel på at tunnelpåhogg etablerast med nødvendig høg bergoverdekning og lange forskjeringar. I tillegg er det ofte *for* lite vektlegging på kontursprengning i bergskjeringar og tunnelar, noko som medfører at vi får nødvendige store masseuttak og meir enn nødvendig transportbehov. Gode konturar er gunstige mhp drift- og vedlikehald. Stabilitetsvurderingar og ingeniørgeologi er derfor viktige verktøy også i miljøgeologisk samanheng.

Resultata frå FoUI-prosjektet vil bli utgitt som eigne fagrapportar. Denne rapporten er meint som ein oversiktsrapport som fortel om det generelle og mangfaldet i miljøgeologi, kva miljøgeologi *er* og ikkje minst korleis vi kan planlegge og bygge betre. Vi legg vekt på forureina berg i pågåande og avslutta prosjekt, betre utnytting av masse som ressurs og miljøgeologisk metodikk som grunnlag for planlegging og bygging i tråd med Statens vegvesen sin miljøpolicy.

## 1 INNLEIING

### 1.1 FoUI i miljøgeologisk riktig planlegging og bygging

FoUI-prosjektet MilGRO, «*Miljøgeologisk riktig planlegging og bygging*», i Statens vegvesen blei starta opp fordi det lenge har vore behov for eit slikt prosjekt: Tidlegare erfaringar og dagsaktuell problematikk frå våre utbyggingsprosjekt dannar eit svært viktig og relevant grunnlag for vurdering av korleis vi best muleg bør handtere forureina og reine masser, no og i framtida. Så langt har vi ingen samla oversikt over miljøgeologiske erfaringar i Statens vegvesen. FoUI-prosjektet er etablert som eit tverrfagleg prosjekt kor geologiske, miljøfaglege og ressursfaglege vurderingar står sentralt.

Denne rapporten gir oversikt over betydninga av miljøgeologi med tanke på fagleg forankra og god gjennomføring av Statens vegvesen sine miljø- og klimamål. Miljøgeologi er eit relativt nytt og komplekst tema. Vi har illustrert miljøgeologi frå utbyggingsprosjekt som har sine ulike utfordringar ut frå vårt fokus.



I 2022 har vi arbeidd med eit utval av aktuelle miljøgeologiske utbyggingsprosjekt kor dei fleste er knytta til forureinande avrenning frå berg og kor problematikken er kva som trengst for å skilje forureina berg frå reine massar. Kvart utbyggingsprosjekt har sin lokalgeologi, sine spesifikke grunnforhold, geofaglege problemstillingar og miljøgeologiske utfordringar. Det er hittil utført eit omfattande kartleggings- og analysearbeid.

### 1.2 FN sine berekraftsmål i Statens vegvesen

Berekraft og redusert klimautslepp er strategiske mål i Statens vegvesen sin Verksemdsstrategi og i Nasjonal transportplan. Statens vegvesen skal ta ei tydelig rolle i bærekraftsarbeidet, bidra til omstilling til lågutslippssamfunnet og sikre sosial rettferd. Hausten 2022 beslutta leiinga at vi skulle konkretisere vår strategiske posisjon på berekraft. Arbeidet har pågått gjennom vinteren 2022 – 2023 for å tydeliggjere kva berekraft betyr for oss (Vegvesen.no 2023).

Statens vegvesen skal legge til rette for at FN sine berekraftsmål blir følgt opp og er styrande for i alt vi gjer. Alle 17 berekraftsmåla er viktige for Statens vegvesen. Ein har peika ut nokre av måla kor vi har størst påverknad og der vi skal sette mål for eigne bidrag. Desse er:

- Mål 3: God helse og livskvalitet
- Mål 5: Likestilling mellom kjønna
- Mål 8: Anstendig arbeid og økonomisk vekst
- Mål 9: Innovasjon og infrastruktur
- Mål 11: Berekraftige byar og lokalsamfunn
- Mål 12: Ansvarleg forbruk og produksjon

- Mål 13: Stoppe klimaendringane
- Mål 14: Liv under vatn
- Mål 15: Liv på land
- Mål 17: Samarbeid for å nå måla



Figur 1: FN sine 17 berekraftsmål.

Fleire av berekraftsmåla er retta mot miljø og riktig miljøforvaltning slik at det samtidig kan realiserast i kombinasjon med økonomisk vekst, mindre ulikskap, godt arbeidsmiljø og god helse i eit livskraftig samfunn.

Denne rapporten tar opp sentrale problemstillingar og erfaringar knytta til miljøutfordringar i våre utbyggingsprosjekt med vekt på riktig handtering og bruk av berg- og lausmasse. Fokuset er på miljøgeologi som verktøy for å oppfylle berekraftsmåla, samt krav frå overordna nasjonale miljømyndigheitar og krav/ambisjonar i Statens vegvesen/Utbyggingsdivisjonen sitt system for miljøstyring.

Optimal miljømessig planlegging og gjennomføring av utbyggingsprosjekta vil bidra med å oppfylle berekraftsmål nr. 12 «Ansvarleg forbruk og produksjon» i Statens vegvesen. I følgje FN tar ein sikte på å «Sikre berekraftig forbruks- og produksjonsmønstre» (FN-sambandet 2023). Statens vegvesen er ein storforbrukar av areal og storprodusent av infrastruktur. Ved å endre våre produksjonsmønstre vil vi kunne sette ein ny standard i forbruk tilknytta infrastruktur- og samferdsleprosjekt, kor sentrale delar er knytta til miljømessig riktig massehandtering.

Auka fokus på prosjektspesifikke variasjonar i berg- og lausmasse vil gjere det muleg å sikre betre dokumentasjon av bruksområde og sikrere metodikk for å skilje forureina- og ikkje forureina massar. I mange tilfelle ser vi mangelfull kunnskap og dokumentasjon av steinmaterialkvaliteten. Tilslagsegenskaper og særleg førekomst av potensielle mineralressursar for det grøne skiftet har så langt ikkje vore tema i planleggingsfasen. Ved utfyllande og relevant dokumentasjon av bergartane sine fysiske, mineralogiske og kjemiske eigenskapar vil det vere muleg å etablere ein marknad for vidare bruk av masseoverskot.

For å nå berekraftsmåla er det behov for å legge til grunn ein betre strategi med meir omfattande og relevant dokumentasjon av dei lokale eigenskapane til bergmassen. Dette må gjerast på tidlege plannivå. Slik vil denne kunnskapen vege tungt i samband med optimalisering av vegtraséar. Miljøgeologi er i denne samanhengen eit nødvendig verktøy.

### 1.3 Krav frå Miljødirektoratet og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet

Statens vegvesen har eit sjølvstendig juridisk ansvar for å legge miljøomsyn til grunn for verksemda si i samsvar med krava frå Statsforvaltaren, Miljødirektoratet (MD) og Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA). Krava frå overordna miljømyndigheiter er forankra i sentrale lovar og forskrifter.

#### 1.3.1 Grunnlova § 112

*«Alle har rett til eit helsesamt miljø og ein natur der produksjonsevna og mangfaldet blir haldne ved lag. Naturressursane skal disponerast ut frå ein langsiktig og allsidig synsmåte som tryggjer denne retten òg for kommande slekter (Kongerike Norges grunnlov 2023).*

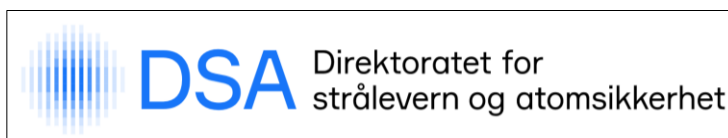
*Borgarane har rett til kunnskap om korleis det står til med naturmiljøet, og om verknadene av planlagde og iverksette inngrep i naturen, slik at dei kan tryggje den retten dei har etter førre leddet.*

*«Dei statlege styresmaktene skal setje i verk tiltak som gjennomfører desse grunnsetningane»*

#### 1.3.2 Forurensningslova

Forurensningslova blei innført i 1981 og skal både verne det ytre miljøet mot forureining og fremje effektiv og berekraftig produksjon, avfallsminimering og god avfallshandtering (Forurensningslova 2023]. Forurensningslova stadfestar prinsippet om at "forurenser betalar". Forureining og forsøpling er forbode – med mindre du har fått løyve. Frå og med 1 januar 2011 blei strålefare lagt inn i Forurensningslova (§ 11).

Forskrift om begrensning av forurensning (Forurensningsforskriften) gir detaljerte regler om forureining og handlar blant anna om opprydding av forureining og om beredskap mot akutt forureining, mudring og dumping av materiale i vatn.



Figur 2: To viktige direktorat.

#### 1.3.3 Vannforskriften; EU sitt rammedirektiv

Vannforskriften (2023) blei gjort gjeldande i 2016 og legg vekt på følgjande:

- Ein skal ta omsyn til prinsippa "samla belastning", "føre var" og "forureinar/miljøpåverkar betalar".



- Det skal etablerast miljømål for alle vassførekomstar, samt fristar for å nå miljømåla.
- Overordna mål er å oppnå god eller svært god miljøtilstand.
- Det er strenge krav til kunnskapsbasert forvaltning gjennom systematisk overvaking av vasskvaliteten.

Kvar fylkeskommune har sett opp eigne mål for vassforvaltninga. EU sitt rammedirektiv legg stor vekt på god kunnskap og dokumentasjon av naturtilstanden, at effektar av tiltak som t.d. utbygging, blir dokumentert og analysert og at tilbakeføring til naturtilstanden blir planlagd og gjennomført.

### 1.3.4 Plan og bygningsloven

Plan- og bygningsloven (PBL) krev at det skal takast omsyn til naturen i samband med utarbeiding av kommuneplanar, områdereguleringar og detaljreguleringsplanar (Plan og bygningslova 2023). KU-vegleiaren til PBL seier at også konsekvensar for geologisk mangfald skal greiast ut i en KU.

### 1.3.5 Naturmangfoldloven

Naturmangfoldloven (2023). Paragraf §1 definerer naturmangfald som følgjer:

*Lovens formål er at naturen med dens biologiske, landskapsmessige og geologiske mangfold og økologiske prosesser tas vare på ved bærekraftig bruk og vern, også slik at den gir grunnlag for menneskenes virksomhet, kultur, helse og trivsel, nå og i fremtiden, også som grunnlag for samisk kultur.*

Lova formulerer opplysningsplikta i § 65:

*Enhver som har eller foretar seg noe som kan påvirke naturmangfoldet, plikter etter pålegg fra tilsynsmyndigheten og uten hinder av taushetsplikt å gi de opplysninger som tilsynsmyndigheten trenger for å utføre sine gjøremål etter denne lov.*

*Dersom det oppstår skade på naturmangfoldet eller fare for alvorlig slik skade som følge av aktiviteter som reguleres etter denne loven, skal den ansvarlige så fort som mulig varsle myndigheten etter loven, med mindre faren allerede er avverget eller skaden gjenopprettet.*

### 1.3.6 Mineralloven

Formålet med Minerallova (2023) er å sikre samfunnsmessig forsvarleg forvaltning og berekraftig bruk av mineralressursane i landet.

### 1.3.7 Avfallsforskriften

Avfallsforskrifta skal sikre at deponering av avfall, mineralavfall og radioaktivt avfall gjerast forsvarleg og kontrollert slik at skade på miljø og helse forebyggast/redueres mest muleg.

## 1.4 Miljøstyring i Utbyggingsdivisjonen – Statens vegvesen

Det er i seinare tid lagt ned eit stort arbeid i Statens vegvesen med tanke på å etablere ei god miljøstyring under leiing av Utbyggingsdivisjonen. Hovudmålet for Miljøpolicyen til Statens vegvesen er som følgjer:

*«Divisjon Utbygging skal være ledende i samferdselssektoren med å oppfylle Norges klima- og miljømål.*

*Våre hovedgrep vil være å kutte i klimagassutslipp, begrense nedbygging av natur og redusere andre negative miljøkonsekvenser»*

**Figur 3:** Statens vegvesen sin miljøpolicy tar blant anna sikte på sertifisering innan ISO-14001.

Utbyggingsdivisjonen i Statens vegvesen arbeider nå for å bli ISO-sertifisert innan miljøleiing. Standardane i ISO 14000-serien er internasjonalt anerkjente metodar for systematisk miljøleiing. Den sentrale standarden i ISO 14000-serien er ISO 1400. Dette er systemstandarden for miljøleiing, kor *målet* er å oppnå kontinuerleg forbetring av eigen miljøprestasjon ved hjelp av standard ISO 14001 som styringsverktøy (Standard Norge, 2023).

Miljøpolicyen til Utbyggingsdivisjonen er ein sentral del av den overordna bærekraftstrategien til Statens vegvesen.

## 1.5 Definisjon av miljøgeologi

Miljøgeologi er tverrfagleg og omfattar både geologiske disiplinar og fagdisiplinar knytta til vatn, biologi og ressursar. I Store Norske Leksikon (2023) gir denne definisjonen:

*«Miljøgeologi, geologisk fagområde; den del av geologifaget som anvendes ved miljø- og ressursforvaltning».*

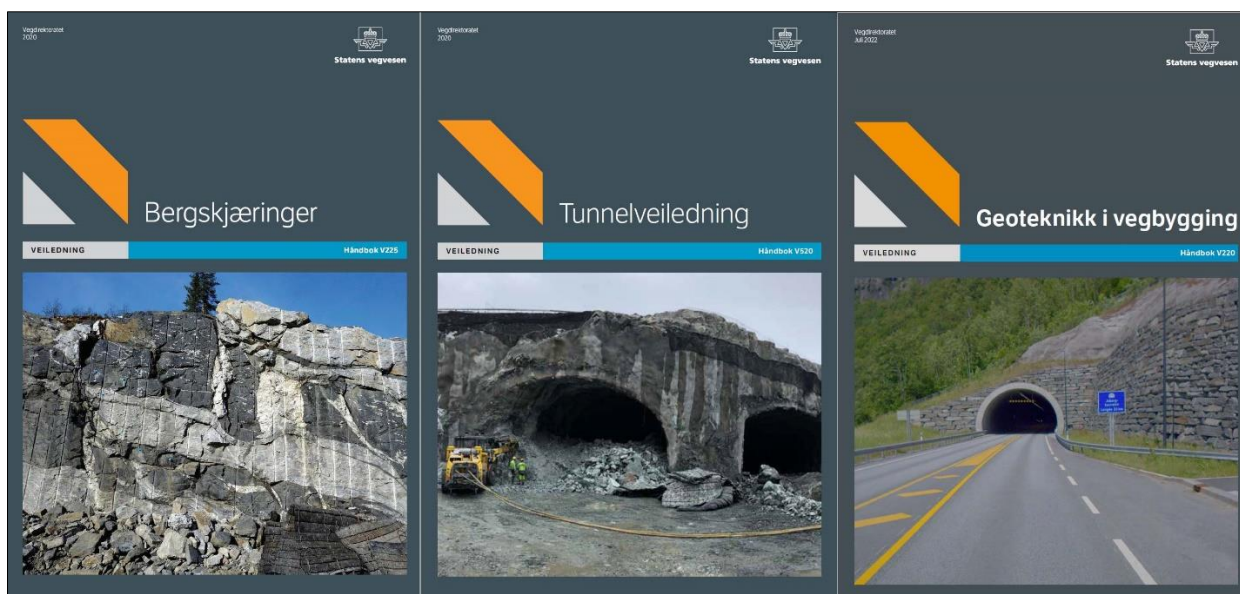
Ein meir utfyllande definisjon er gitt av National Association of Geoscience Teachers, USA (NAGT, 2023):

*«Environmental geology is the study of the interactions between humans and their geologic environment: rocks, water, air, soil, life. Humans are impacted by Earth processes, and by their activities have an impact on Earth».*

FoUI-prosjektet legg desse definisjonane til grunn og tar sikte på å skaffe fram eit betre grunnlag for riktig miljø- og ressursforvaltning i Statens vegvesen.

## 1.6 Miljø og geologi er nedfelt i Statens vegvesen sine handbøker

I Statens vegvesen sine handbøker (Statens vegvesen 2023) er det krav til korleis geologiske forundersøkingar skal utførast. Miljø og geologi er omtala både i vegnormalar, veiledningar og i retningslinjer, forkorta V, N og R. I normalane N200 Vegbygging og N500 Vegtunneler er det sett krav til geologiske forundersøkingar på alle plannivå kor dei første undersøkingar knytta til miljø skal takast opp tidleg i planarbeidet.



Figur 5: Tre av Statens vegvesen sine handbøker kor miljøgeologi inngår.

N200 Vegbygging – i forordet – «N200 er den grunnleggende tekniske standarden for vegbygging i Norge. Normalens krav og anbefalinger bygger i stor grad på erfaringer og på en helhetlig vurdering av de totale kostnadene for samfunnet, trafiksikkerhet, helse og arbeidsmiljø, ytre miljø, klimapåvirkning, jordvern, trafikkberedskap og framkommelighet».

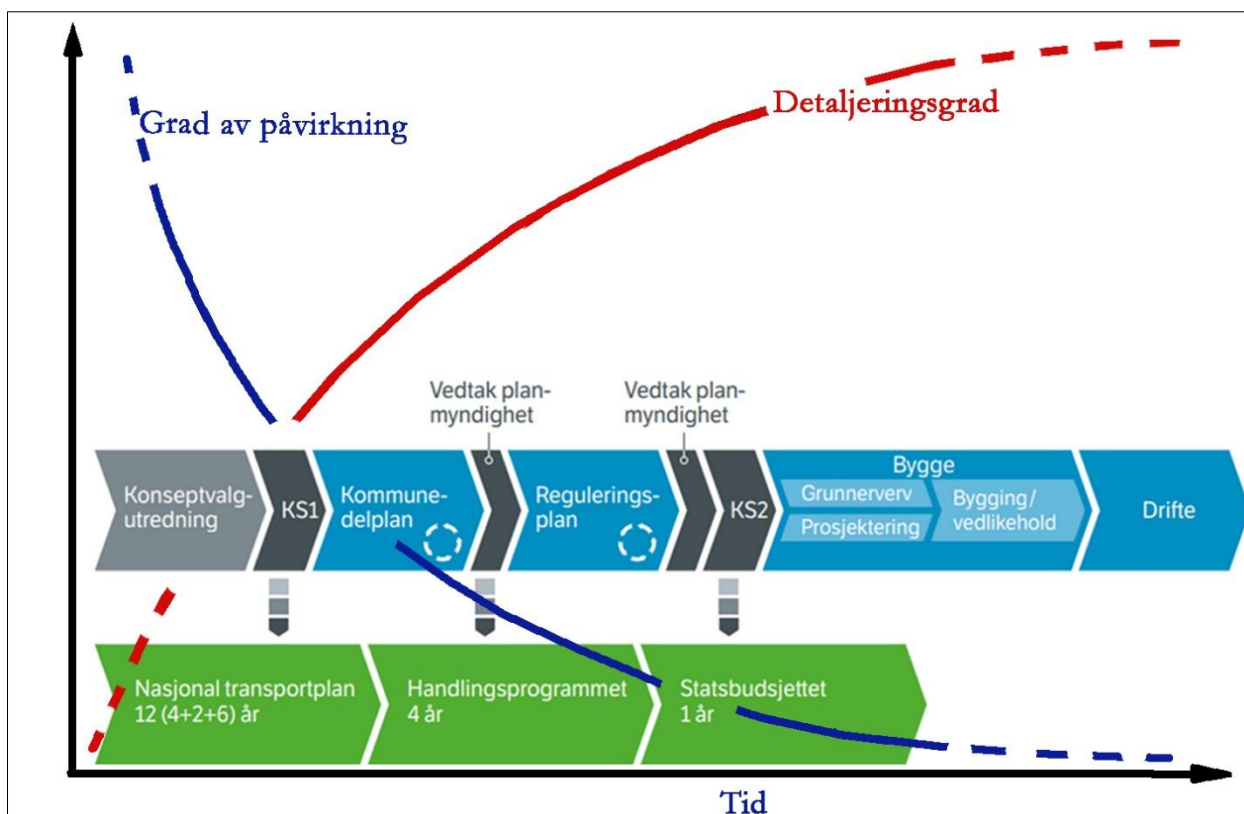
R211 Feltundersøkelser. kapittel 1.4.1 og 1.4.2 Geologisk kartlegging av berg og lausmassar. – «[...] er viktig for gjennomføring og kostnadsanalyse av enkeltprosjekt og grip inn i arealplanlegging, ressurs- og miljøforvaltning».

R211 Feltundersøkelser kapittel 1.4.3 og 1.4.4 Prøvetaking av berg: «Det er ein grunnleggande samanheng mellom observerte variasjonar i berggrunnen og prøveuttaket. [...]. Representativ prøvetaking bygger på kjennskap til lokale geologiske forhold [...]».

R211 Feltundersøkelser av vatn, kapittel 1.4.5 – «Prøvetakingsstrategien tar utgangspunkt i kjennskap til nedslagsfelt og dreneringsmønster i prosjektområdet i lys av [...] sårbarhet, vernestatus og verdirangeringar av resipientar. Prøvetakinga skal dokumentere tilstanden [...] før og etter anleggsverksemd i samsvar med EU sitt vassdirektiv».

V220 Geoteknikk i vegbygging, kapittel 1.3 – «Det forutsettes at geotekniker, vegteknolog, ytre miljø og geolog samarbeider [...] slik at [...] grunnundersøkelsene gjennomføres effektivt og ivaretar [...] miljøforhold».

N-V225 Bergskjæringer, kapittel 3.3.2 – «Det gjøres en vurdering av effekter på ytre miljø. Dette inkluderer mulighet for forekomst av sur eller giftig avrenning fra bergarter og jord som er definert som forurenset grunn iht. forurensningsloven, og eventuelt behov for særskilt deponering. Det gjøres undersøkelser av syredannende bergarter, for eksempel svartskifer (inkl. alunskifer) og svovelførende gneiser. I prosjekter der det er påvist forurenset grunn, er det krav om undersøkelser og tiltak iht. forurensningsforskriften før igangsetting av anleggsarbeid. Ved fare for radioaktiv forurensning kontaktes Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet (DSA)».



**Figur 6:** Modifisert figur av dei overordna planprosessane i vegutbygging. Prosessane er sett i samanheng med tid og påverkningsgrad. Grad av påverknad og detaljar endrast omvendt proporsjonalt med tida.

N500 Vegtunneler kapittel 2.1–4 – «Forundersøkelsene skal omfatte vurdering av arealer som påvirkes av tunnelen. Dette gjelder fare for skadelig grunnvannssenkning, setninger, vibrasjoner fra bergsprengning og miljøskadelig avrenning. Forundersøkelsene skal også omfatte vurdering av geologiske ressurser i området».

N500 Vegtunneler kapittel 2.5–1 – «Det er viktig at det arbeides tverrfaglig på fagområdene geologi, geoteknikk, hydrologi, hydrogeologi og miljøgeologi».

N–V521 Geologi og bergsikring i tunnel, kapittel 2.4.5 – «Bergarter som kan gi forurensende avrenning kartlegges i detalj [...]. Forurensningsloven pålegger vegeier å dokumentere hvordan forurensende berggrunn vil påvirke miljøet (tungmetaller, strålefare m.m.). [...].

«Prøvetaking og analyser av forurensende bergmasse utføres i nært samarbeid med ytre miljøkoordinator mht. geologi og vannmiljø. Feltanalyser med håndholdt XRF for total kjemisk innhold av tungmetaller, U og S gir godt grunnlag for [...] videre detaljerte analyser. Mineralogisk analyse av bergmasse gir [...] nødvendig tilleggsinformasjon om hvilke bergarter som gir forurensning. Også mekaniske egenskaper vurderes, fordi høy finstoffandel fra forurensende bergmasse er mest reaktivt».

Sitata over viser at Statens vegvesen sine handbøker peikar på sentrale miljøgeologiske utfordringar og korleis ein bør gå fram for å løyse dei. Men likevel er det nødvendig med vidare forskning, utvikling og innovasjon for å hente nye erfaringar og å auke kunnskapsgrunnlaget. På denne måten kan den miljøgeologiske «verktøykassa» blir fornya, utvikla og betre tilpassa.

## 1.7 FoUI i miljøgeologi – mål og hensikt

FoUI-prosjektet har som mål og hensikt å vise korleis og kvifor miljøgeologiske undersøkingar kan redusere kostnader og miljøpåverknadar i Statens vegvesen sine prosjekt. FoUI-prosjektet skal såleis bidra positivt til måla og ambisjonane vi har med vår miljøpolicy.

Geofagmiljøet i Statens vegvesen har arbeidd med miljøgeologisk problematikk i fleire utbyggingsprosjekt dei siste 20 åra. Kunnskapen om miljøgeologi har gradvis blitt styrka både internt og med eksterne samarbeidspartnarar. FoUI-prosjektet har gjort oss i stand til å auke innsatsen og vi har heilt sidan oppstart i 2022 arbeidd for å styrke statusen til miljøgeologi både internt i fagmiljøet og i utbyggingsprosjekta.

Detalj-kunnskap om grunnforhold er kritisk for alle vegprosjekt då slik kunnskap alltid vil vere avgjerande med tanke på kostnader, risiko, kvalitet og HMS. Det har vist seg at mangel på kunnskap om grunnforhold ofte har medført store ekstrakostnader, både i bygge-, drift- og vedlikehaldsfasar.

Grundig miljøgeologisk (for)arbeid vil bidra til at prosjekt planleggast og utførst på ein miljøsmart og kostnadssparande måte. Ved systematisk, trinnvis gang i planprosessane og med nok modningstid til detaljert kartlegging og forståing av grunnførehold får vi eit detaljert og meir realistisk kostnadsoverslag i prosjekta våre, så figur 6.

## 1.8 Strategisk tilnærming – Den Miljøgeologiske Varseltrekanten

Vi introduserer herved «Den Miljøgeologiske Varseltrekanten», illustrert på figur 7. Trekanten viser tre av dei viktigaste parameterane i miljøgeologisk tenking. Målet er å halde oss innafør det grønne feltet på trekanten der det er aksept for *litt* forureining og avfall. Situasjonen for våre vegprosjekt er derimot at det pr. no blir produsert *for mykje* avfall og forureining.

Vår ambisjon er på sikt å samanlikne ein rein CO<sub>2</sub>-reknskap med *andre* typar miljørekneskap. Vi treng ein type rekneskap som ikkje *einsidig berre* legg vekt på CO<sub>2</sub>. Miljørekneskapa våre må difor bli meir nyanserte og omfattande.



**Figur 7:** Den miljøgeologiske varseltrekanten til høgre illustrerer ambisjonane våre.

## 1.9 Miljøgeologiske fagtema

MilGRO-prosjektet bygger på erfaringar frå utbyggingsprosjekt og miljøgeologisk metode. Vi går gjennom sentrale miljøgeologiske fagtema som gagnar eksisterande og framtidige byggeprosjekt i regi av Statens vegvesen og andre byggherrar. Fleire fagtema er samansette og grip inn i kvarandre. I MilGRO legg vi vekt på å:

1. Samle resultat frå pågåande og tidlegare utbyggingsprosjekt og FoUI.
2. Fokusere på eigenskapar i berg- og lausmassar i lys av tilgjengeleg dokumentasjon av resipienter.
3. Miljøgeologisk metode, med auka vekt på hydrogeokjemi og mineralogi
4. Undersøke miljøgeologiens betydning for å oppnå berekraftsmåla.

I kapitla under er det skrive kort om dei fagtema som vi konsentrerer oss om i FoUI-prosjektet.

### 1.9.1 Kortreist stein og massehandtering

Dette krev ei detaljert kartlegging av berggrunn og bergmassekvalitet i prosjekta, sjå figur 8. Målet er å avdekke variasjonar i berggrunnen og avklare om han er vegteknologisk eigna, om han kan brukas til revegetering mm i sjølve anlegget. Dette handlar også om vegteknologi kor betong- og asfalttilslag inngår. Det kan i tillegg vere miljømessig riktig å transportere massane langt, dersom det er berekraftig. Vanleg bruk av massane i dag er:

- Tilslag til betong og asfalt
- Fyllmasse
- Vegkroppen

Vi har ambisjon om å utvide bruken av massane på kort og lang sikt til:

- Revegetering
- Lokale behov
- Betongprodusentar
- Formidling – vise fram generell geologi til klassar, grupper og anna publikum
- Bruke forureina masser til industriføremål då dette er riktig steg i Det grønne skiftet.

Sprengstein frå veganlegg vil i fleire tilfelle vere eigna som betongtilslag. Men sjølv om dei mekaniske eigenskapane er tilstrekkeleg gode må ein vere merksame på bergartar som kan føre til «seinskadar» ved alkalireaksjonar eller sulfatangrep. Ein del av norsk berggrunn består av alkalireaktive bergartar (t.d. mylonitt, meta-ryolitt, ein del sandsteinar m.m.). Norsk betongforening (2005, 2017) har etablert regelverk for korleis ein kan handtere tilslag med slike bergartar. Det er ofte muleg å unngå skadeleg reaksjon frå alkalireaktivt tilslag ved tilsetning av pozzolanar eller bruk av slaggsementar. Sulfatangrep, særleg på grunn av sulfidet magnetkis, er derimot eit problem som ikkje er tilfredsstillande løyst. Magnetkisproblematikken reknast i dag som den største utfordringa med tanke på klassifisering av tilslag. Dette undersøkast for tida av Statens vegvesen og den norske betongbransjen i



«Magnetkisprosjektet» (2019–2024) i tett samarbeid med fagmiljø i Kanada og USA (Statens vegvesen 2019).

Det har i flere høve vist seg at bergarter som i utgangspunktet er reaktive med tanke på både alkalireaksjonar og sulfatangrep i betong likevel kan ha svært gode eigenskapar som vegbyggingsmateriale.



**Figur 8:** Nokre sider av miljøgeologisk problematikk. 1. Det er viktig å kartlegge grunnen for å nytte kortreist stein. Granitten t.v. har betre steinmaterialekvalitet enn metavulkanitten t.h. E6 Svenningelv–Lien. 2. Djupforvittra grovkorna granitt med dårleg bergmassekvalitet og stabilitet i bergskjering langs E6 i Ulvsvåg. Vegstikka er 2 meter høg. 3. Geologar undersøker blotning i bergskjering med alunskifer ved Rv 4 på Gran. 4. Dronefoto av søre påhogg i prosjektet E16 Bjørum – Skaret. Foto 1 og 2 Finn Sverre Karlsen, 3. Per Hagelia, 4. Terje R Kirkeby.

### 1.9.2 Syredannende bergarter og metallmobilisering

Nokre bergarter er latente syregjevarar og kan påføre skade i elver, vatn, drikkevatt osv. Ved forvitring av slike bergarter er det mange tilfeller av metallmobilisering og uønsket utslipp til nærområdene som fører til forurensing. Alunskifer og sulfidførande gneisar er typiske eksempel. Hydrogeokjemi er saman med mineralogi og totalkjemisk analyse sentrale for å forstå kvar enkelt lokal problemstilling knytta til handtering av forureinande og syregjevande masse. Bruk av handholdt XRF i felt gjer det muleg å utføre svært mange analysar på kort tid og gir eit godt grunnlag for innsamling av representative prøver for vidare analyse.

### 1.9.3 Radioaktiv stråling

Berggrunn kan inneholde uran og thorium kor gjeldande grenseverdier overskriderast. Granittiske bergarter og alunskifer er døme på fenomenet fordi dei kan gje radioaktiv stråling og danne radongass. Handholdt XRF er godt eigna for analyse av uran og thorium, og analysar i felt gir

godt grunnlaget for innsamling av representative prøver for vidare analyse av spesifikk aktivitet (Bq/gram).

#### **1.9.4 Djupforvitring**

Djupforvittra berggrunn (Figur 8) er dårleg nytt for et vegprosjekt og kan gjere berggrunnen ustabil, porøs, væskefylt, syregjevande eller radioaktiv, avhengig av den lokale geologien. Soner med djupforvittra berg er ubrukeleg i vegteknologisk samanheng og gir ekstra utfordringar ved tunnelbygging. Omfattande djupforvitring fører også til høg avrenning av partiklar. Framleis er det mykje vi ikkje veit om fenomenet.

#### **1.9.5 Naturmangfald og vern**

Dette handlar om omsynet til levande liv og natur og geologisk arv og geologisk mangfald, m.a. naturtypar. Vi skal planleggje og byggje ut frå Naturmangfaldslova, herunder geologisk arv, geologisk mangfald og Artsdatabanken. Planområda våre kan innbefatte geotopar som er vakre, rikholdige og viktige i formidling, vitskap eller på annan måte.

#### **1.9.6 Masseuttak og byggekvalitet**

Vi ser ofte at planlegging og gjennomføring ikkje fokuserer tydeleg på å redusere masseuttaka. Det er fare for unødvendig store uttak av masse som må deponerast og legge band på areal. Unødvendig overskotsmasse fører også til unødvendig stor avrenning av partiklar til resipient. Nokre stader kunne vi truleg ha spara både tid, natur og pengar. Sprenging i fleire anlegg gjennomførast også ofte med stygg og dårleg kontur, både i vegskjeringar og tunnelar.

Slik praksis utløyser både unødvendig transportbehov og auka sikringskostnader. Alt dette slår negativt ut i CO<sub>2</sub>-reknskapa. Potensialet for å redusere negative verknader er etter alt å dømme stort dersom ein legg auka vekt på god dokumentasjon bl.a. av steinmateriala og andre lokale forhold.

#### **1.9.7 Grønt skifte og mineralindustri**

Bruk av metall i industrien har auka kraftig sidan den industrielle revolusjonen. Omlegginga til det grønne skiftet er i full gang og behovet for til dels svært skjeldne metall er stort. IEA (2021) har gitt ut ein overskt over metallbehova i forhold til klimamåla. EU-kommisjonen har publisert ein rapport med oversikt over kritiske materialar for Europa (Bobba mfl. 2020), og Nordisk Råd har fått utarbeidd ei tilsvarande utgreiing for Norden (Eilu mfl. 2021). Norges geologiske undersøking har nyleg publisert ein rapport over viktige mineralførekomstar i Norge med vekt på verdivurderingar (Gautneb m fl. 2022).

Rapportane viser at fleire og til dels strategisk viktige metallførekomstar vil bli uttømt etter relativt få år. Det vil dermed bli behov for utvinning av førekomstar med lågare gehaltar enn det som er lønsamt i dag. For eksempel vil metallrike bergarter som pr. i dag spesialdeponerast kunne nyttast i industrisamanheng. Dette viser at det er eit stort behov for god forvaltning av mineralførekomstar, i samsvar med hovudintensjonen i Minerallova.



Næringsministeren har i samband med arbeidet for ny mineralstrategi varsla eit såkalla «hurtigspor» for kritiske mineral i Noreg (Regjeringa 2022). Ordninga inneheld fem tiltak som gir ei klar prioritering av kritiske råvarer i arbeidet hos Direktoratet for Mineralforvaltning (DMF) og Norges geologiske undersøkelse (NGU). Tiltaka legg blant anna vekt på nasjonal koordinering av mineralprosjekt (DMF) og kartlegging og tilgjenge på data (NGU). MilGRO prosjektet konstaterer at strategien ikkje nemner verken Statens vegvesen eller Bane NOR.

MilGRO vil arbeide for at Statens vegvesen tar ansvar for å lokalisere potensielle industrimineral for det grøne skiftet i tidlege planfasar. Der slike førekomstar finst bør ein forsøke å planlegge veglina på ein slik måte at ein i størst muleg grad unngår å splitte opp naturlege driftsområde for eventuell framtidig gruvedrift. Det er behov for å etablere tettare kontakt mot Næringsdepartementet, NGU, DMF og mineralindustrien slik at geologiske data frå Statens vegvesen blir vurderte i samband med det grøne skiftet.

## 2 VAL AV BYGGEPROSJEKT I MILGRO – TILNÆRMING OG METODIKK

### 2.1 Kriterium for val av byggeprosjekt i FoUI-prosjektet

1. God geologisk breidde i prosjekta – som representerer sentral miljøgeologisk problematikk i Norge.
2. Prosjekt under detaljplanlegging.
3. Prosjekt under utbygging.
4. Ferdigstilte prosjekt kor vi har spesiell erfaring om miljøgeologi og med erfaring og «fasit».

Dei utvalde prosjekta er nærmare beskrive i kapittel 3 og kapittel 4. Fleire andre viktige miljøgeologiske problemstillingar som fyller kriteria over er beskrive i kapittel 5.

### 2.2 Tilnærming og metodikk

Tilnærminga og metodikken må alltid tilpassast den lokale problemstillinga. Miljøgeologiske undersøkingar omfattar generelt følgjande:

1. Miljøgeologisk fokus og strategi i planleggingsfase, byggefase og drift- og vedlikehaldsfase.
2. Detaljert geologisk kartlegging av aktuelt feltområde med vekt på grenser mellom ulike bergartar og lausmassar og viktige interne variasjonar, inklusive forvitring/djupforvitring.
3. Skilje mellom forureina og ikkje forureina berg- og lausmasse ved hjelp av bl.a. total kjemisk analyse med handheldt XRF i felt.
4. Innsamling av representative prøver av berg og lausmassar i lys av kartlagt geologi for analysar i laboratorium.
5. Innsamling av vassprøver frå bekker mm, i lys av kartlagt geologi for å avklare tilstand.
6. Avklare om masseoverskotet kan brukas i andre prosjekt og/eller i næringsliv inklusive industri- og energiføremål som bidrag til det grønne skiftet.
7. Kartlegging av spesielle områder med tanke på verneverdige geologiske lokalitetar, innverknad på ytre miljø, kultur, forskning, undervisning, Artsdatabanken mm.
8. Kjerneboring.
9. Geofysiske metodar.
10. Mineralogisk analyse som t.d. petrografisk analyse av tynnslip, røntgendiffraksjon (XRD) og Scanning elektronmikroskopi (SEM) for å avklare årsaker til forureining og evt. førekomst av industrimineral.

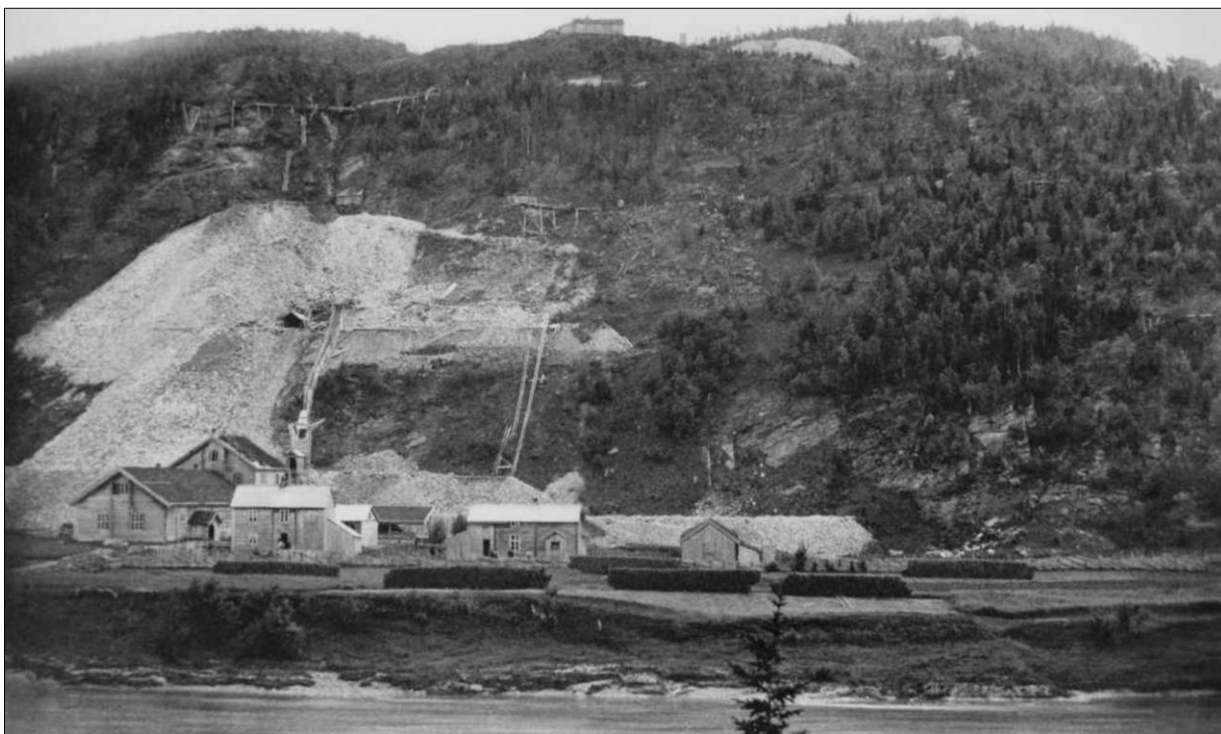
### 3 AKTIVE MILJØGEOLOGISKE VEGPROSJEKT – UNDER BYGGING

#### 3.1 E6 Svenningelv–Lien – vegbygging gjennom gammal sølvgruve

##### 3.1.1 Bakgrunn

I 2023 er ein allereie godt i gong med bygging av ny E6 på strekninga Svenningelv – Lien ved Trofors, 4 mil sør for Mosjøen på Helgeland. Den 10,1 km lange vegstrekninga ligg vest for lakselva Vefsna og omfattar veg i dagen, ein lang og ein kort tunnel samt to bruer.

Det spesielle med prosjektet er at vegen går gjennom delar av Nedre Svenningdal Sølvgruber, i si tid Noregs nest største sølvgruve frå 1876 – 1899, figur 9. I bergskjæring 2 (BS2) skjer ny veg gjennom dei gamle sølvgruvane kor det forutan sølv og gull også finst Sb, Zn, Pb og andre potensielt miljøgiftige stoff (NGU 1975, Sweco 2021). Prosjektet utløyste dermed krav i forhold til Forurensningslova fordi delar av sprengsteinsmassane vart deponeringspliktige.



*Figur 9: Foto av tippen til Nedre Svenningdal Sølvgruber i ca. 1887, tatt frå Fellingfors. Malmen vart skipa til Mosjøen via elva Vefsna i forgrunnen og så vidare til Tyskland (Helgeland museum 2023).*

##### 3.1.2 Miljøgeologisk problematikk

Kjerneproblemet i miljøgeologien gjekk i korthet ut på korleis vi skulle sprengje ut, sortere og transportere deponeringspliktige sprengsteinmassar i anlegget og korleis skulle vi kontrollere desse i framtida?

Vi måtte også ha ein tydeleg strategiplan på korleis vi skulle kartlegge geologien på stoff og handsame han i anlegget med full miljøfagleg kontroll. Her kunne vi bruke handholdt XRF, geologikartlegging og prøvetaking på stoff med sortering av deponeringspliktige massar.

Dei ureine massane vart planlagt deponert i eit miljøsikkert deponi med bufrande massar av lokal kalkspatmarmor. Heldigvis for prosjekt og miljøgeologi er området rikt på kalkstein og marmor som i teorien skulle kunne bidra til å nøytralisere muleg syredanning frå dei ureine massane.

Geologien er kompleks og dei mest reaktive delane av bergmassane ser ut til å vere der kor mineraliseringa er forvitra og fysisk nedbrytbar, innfelt på figur 10. Slikt støv og pulver kan lett kome ut i elver, vatn og vassdrag og reagere med vatn. Vi veit også at det er lite kunnskap om geokjemien i bergartar som i dette prosjektet. Difor er det interesse for å forske, forstå og lære om dette.

Fleire andre geologiske spørsmål vart reist og er enno ikkje besvarte som t.d. kva som hadde danna sølvet og gullet i gruvane og kvifor han var så konsentrert i BS2 – for geologisk sett burde vi finne liknande malmgeologi i andre delar av prosjektet. Sølvgruva er registrert i databasen for Geologisk arv, men det er ikkje oppgitt vernestatus .

Først og fremst blir den miljøgeologisk oppfølginga framover å monitorere potensiell avrenning av syredannande bergartar i vatn, elver osv. Dette stiller høgare kompetanse på dette området og inviterer til samarbeid på tvers av etatar som Statens vegvesen, NGU og NGI, for å nemne nokre. Vi skal m.a. vere særskilt merksame på avrenning av antimon- og arsen (Sb og As) og kor i bergmassane dei metallførande minerala er lokaliserte.



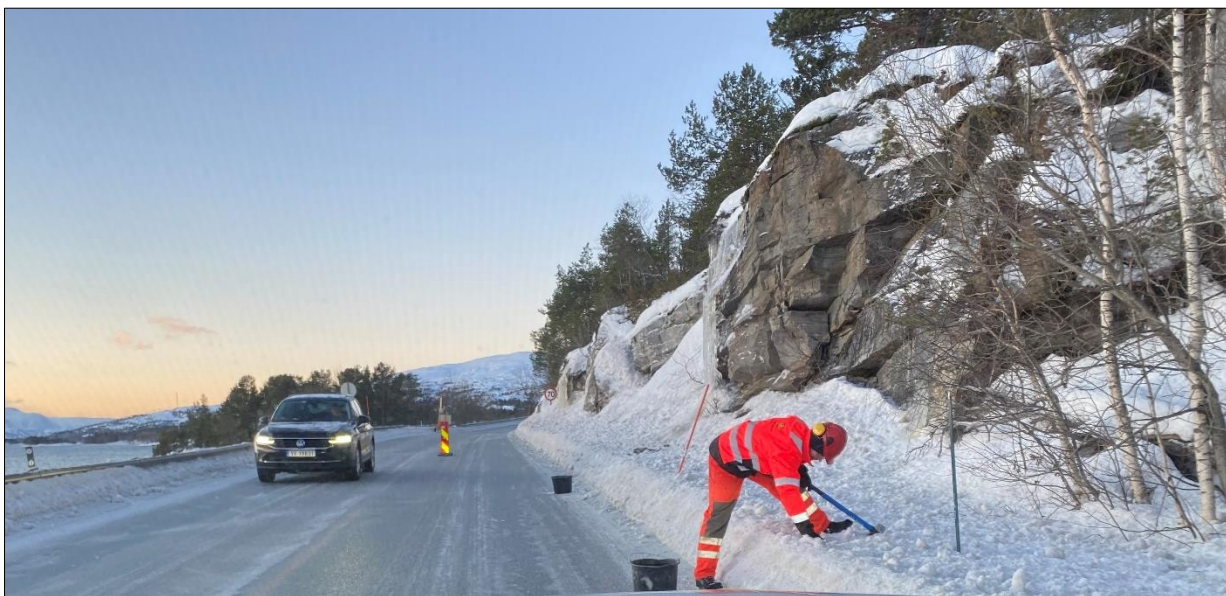
**Figur 10:** Bergskjering 2 sett nordover. Gruvegang i blå ellipse. Innfelt bilete vis handstuff med kvartsåre og sølvmalmar. NB raudoransje forvittringsmateriale i bergvegg og stuff. Foto Statens vegvesen.



## 3.2 Rv. 80 Sandvika – Sagelva

### 3.2.1 Bakgrunn

Om lag 25 km aust for Bodø i Nordland er ein igjen påbegynt planlegging av trafikk- og skredsikringsprosjektet Rv.80 Sagelva – Sandvik. Prosjektet er om lag 5200 meter langt kor ein del av bergartane innafor planområdet er metaarkose og kvartsitt, figur 11. Ein tredjedel i austlege del av planområdet består av glimmerskifer.



**Figur 11:** Prøvetaking av skifrig metaarkose på Kistrand langsseter Rv. 80 – 25 km aust for Bodø.

I januar – februar 2023 blei det samla inn bergprøver frå seks lokalitetar på Kistrand for å analysere for vegteknologiske føremål i anlegget. Den dimensjonerande trafikkmengda på nye Rv 80 er ÅDT lik 4000. Resultat for flisighet og MicroDeval (MD) ser gode ut, men dei er mindre gode for Los Angeles (LA), sjå figur 12 og tabell 1. Krava Handbok N200 Vegbygging (Statens vegvesen, Håndbøker 2023).



**Figur 12:** Prøver frå tre av dei seks lokalitetane i prosjektet, her m.a. til flisighetsanalyse.

### 3.2.2 Miljøgeologisk problematikk

Problematikken i miljøgeologisk sammenheng er korleis vi kan nytte sprengstein frå anlegget best muleg og dermed redusere overskotsmasse til eit minimum. Vinteren 2023 vart berggrunn kartlagt, steinprøvar blei analysert og vi har simulert småskala anleggsarbeid som t.d. sikting. Vi sikra oss eit utval steinprøver som er representative med tanke på variasjonar i bergmassen.

Pr nr	Merket	Los Angeles	Micro deval	Flisighet
01	I-I Kistrand	42,2	10	14
02	I-II Kistrand	39,1	11	12
03	I-III Kistrand	49,1	13	19

**Tabell 1:** Tre lokalitetar med respektive tal for LA, MD og flisighet. LA bør vere under 35, MD under 20 og flisighet under 25.

I februar – mars 2023 vart det samla inn fleire prøver for å sikte prøvane og på nytt køyre flisighets-, MD- og LA-analysar. Dette for å simulere lik eit fullskala anlegg. Undersøkinga tok sikte på å avklare kva deler av massen som er eigna for bruk i først og fremst vegkroppen.

I tillegg til vegbygging så planlegg vi å bruke dei same massane på strekninga som gjenståande berg. Så i staden for å sprengje ut steinblokker som må flyttast på så spreng vi heller ut ein vegg, nett som ei tosidig bergskjering. Dette vil spare oss og miljøet for flytting, transport, sprengstoff osv. Det visuelle i prosjektet er viktig så difor er landskap med i planlegginga.

## 3.3 Ring 1 Hammersborgtunnelen – Alunskifer i Oslo sentrum

### 3.3.1 Innleiing

Statens vegvesen skal rehabilitere Hammersborgtunnelen og Vaterlandstunnelen på Ring 1 (Rv 162) i Oslo sentrum. Byggestart er planlagt vinteren 2024. Hammersborgtunnelen skal senkast 7–8 meter ned i alunskifer under eksisterande nivå. Geofag Utbygging er involvert i forundersøkingane på Ring 1, og vi har valt å knytte FoUI-prosjektet til Ring 1 som eksempel på *urban miljøgeologi*.

Hammersborgtunnelen (Figur 13) er eitt av fleire vegprosjekt med alunskifer og svartskifer som inngår i FoUI-prosjektet. Avrenning frå alunskifer er det mest kjente miljøgeologiske problemet her i landet. Avrenningsvatn frå alunskifer utviklar ofte syre og er anrika med sulfat og tungmetall, inklusive uran, samt oppløyst giftig aluminium. Dette påverkar ytre miljø i ulik grad. Dei miljøgeologiske utfordringane varierer frå det eine anlegget til det andre. Hovudårsaka til dette er store kjemiske og mineralogiske variasjonane i alunskifer og svartskifer (Bastiansen mfl. 1957, Børresen 2017, Erstad 2017). Det er derfor svært viktig for Statens vegvesen å hente inn detaljerte miljøgeologiske data frå fleire stader med alunskifer og svartskifer generelt.

Alunskifer påverkar levetida til konstruksjonar, med behov for reparasjonar og dermed unødvendig materialbruk. Levetidsbetraktningar og konstruksjonsteknisk design i samband med bygging i aggressiv grunn er derfor også ei miljøgeologisk problemstilling.

Optimal design er avhengig av sikre kunnskaper om eigenskapane til den lokale varianten av alunskifer, lokal vasskjemi og grunnvassforhold. Betongkonstruksjonar i direkte kontakt med alunskifer og alunskifervatn blir svekka av syre- og sulfatangrep: Sementlimet blir vaska ut og det dannast ikkje-sementerande skadelege sulfatmineral (thaumasitt, ettringitt).

Alunskifervatnet fører også til korrosjon på armeringsstål. Nokre variantar av alunskifer utviklar også høge svelletrykk og problem for fundamentering (Bastiansen mfl. 1957, Moum og Rosenqvist 1959, Sopp 1966, Hagelia og Sibbick 2009, Terefe 2016).



Figur 13. Hammersborgtunnelen på Ring 1 i Oslo har eit høgbrekk. Tunnelen skal difor senkast ned 7–8 meter i alunskifer i forhold til dagens nivå. Foto: Cecilie Hallingstad.

### 3.3.2 Miljøgeologiske utfordringar på Ring 1

Dei geologiske utfordringane i samband med senking av Hammersborgtunnelen omfattar både ingeniørgeologiske, geotekniske og miljøgeologiske problemstillingar. FoUI prosjektet har gitt oss anledning til å utføre analysar som det elles ikkje er krav til i våre normalar og retningslinjer.

Vi legg stor vekt på å dokumentere den lokale bergmassen. Dette omfattar logging av bergmekaniske parametrar, totalkjemi ved handholdt XRF, mineralogiske undersøking av utvalde prøver og samanlikning med boreholssløggar (vasstapsmålingar, gammastråling, resistivitet og indusert polarisasjon).

Oksidasjon av jernsulfid fører til omfattande forvitring og danning av forvitningsmineral. Det er forvitningsmineralane som er den eigentlege årsaka til forureininga (forsuring, sulfat og utvasking av tungmetall). Forvitningsmineralane er synleg både i kjellarar i bygningar nær



Hammersborgtunnelen og ute i byggegroper, og er særleg konsentrerte nær overflata (Figur 14). Det finst mange ulike forvittringsmineral på staden med ulik effektar på miljøet. Mineralogiske analyse er derfor nødvendig for å danne seg eit bilde av forureiningspotensialet frå forvittringssona. Det blir også utført analysar av vatn (filtrerte og oppslutta prøver) og analyse av radionuklidar i vatn og svartskifer.

Alt i alt gir dette eit godt grunnlag for samanlikning med andre prosjekt med alunskifer og svartskifer (bl.a. Rv 4 Gran, E16 Jevnaker).



Figur 14. T.v: Alunskifer med omfattande forvitring ved Trefoldighetskirken ved Hammersborgtunnelen. Foto: Cecilie Hallingstad. T.h: Døme på borelogg frå Trefoldighetskirken ved Ring 1 som viser eit tydeleg sprang i gammastråling (teljingar per sekund etter API-standard). Øvste 13 meter er alunskifer/svartskifer med relativt låg stråling (ca. 300 cps) og høgare verdier lenger nede (Larsen og Gellein 2022).

FoUI-prosjektet har som delmål å karakterisere alunskifer grundig med tanke på om muleg å skilje mellom deponipliktig og ikkje-deponipliktig bergmasse. Sjølv om dette neppe lar seg gjere på Ring 1 så vil metodikken vi nyttar ha stor *overføringsverdi* til andre prosjekt. Boreloggar frå NGU (Larsen & Gellein 2022) viser at gammastrålinga ikkje er svært høg og at alunskifer med låg strålefare ser ut til å vere lokalisert til bestemte nivå (Figur 14). Målingar på utvalde prøver av alunskifer og vatn tyder på at bergmassen på Ring 1 ligg under 1 Bq/gram som er grenseverdi for lovpålagt deponering. På den andre sida er tungmetallinnhaldet ofte høgt, men med stor variasjon på småskala (dm til m) i borkjerner (Hallingstad og Fjermestad 2019).



## 4 FERDIGSTILTE MILJØGEOLOGISKE PROSJEKT

### 4.1 E18 Lillesand – ekstrem forsuring og metallutlekking frå djupforvittra gneis

#### 4.1.1 Innleiing

Nye E18 Grimstad – Lillesand – Kristiansand er ein firefelts motorveg opna i 2009. Området har tradisjonelt hatt store utfordringar knytta til sur avrenning med mobilisering av aluminium og tungmetall frå sulfid og sulfatførande rusta gneis. Problemet blei oppdaga på slutten av 1980-talet då utsprenging av eit industriområde førte til ekstrem forsuring og metallutlekking i bekker og tjern. Langedalstjenna ved Lillesand var tidlegare ei viktig drikkevassskjelde og fiskevatn, men blei totalt øydelagt (NIVA 1992). Det blei også observert akutt fiskedød i Moelva etter utsprenging av eit nytt industriområde i 2005 (NIVA 2006). Området har også vore utsett for sur nedbør over lang tid fram til 1990-talet.

Forundersøkingar til nye E18 Grimstad–Kristiansand utført av Statens vegvesen vektla geologisk detaljkartlegging for å skille ut områda med syregjevande gneis. Dei geologiske karta er publisert i ein serie rapportar frå SVV og samla i ein eigen rapport frå NGU (2005). Prøvetaking med undersøkingar viste at rusta forvittringsskorper med mineralet jarositt gav den mest akutte forsuringa, medan jernsulfid ofte hadde ei svært underordna rolle (Hagelia & Iversen 2003, IFE 2002). Forvitringa blei relatert til Mesozoisk djupforvitring som er utbreidd i dette området, Hagelia & Iversen (2003). Etterpå har det stått strid om metodikk i klassifiseringa kor det dominerande synet har vore at jernsulfid i uforvittra gneis er årsaka til syredanninga. Følgeleg vart forvitringa rekna som inaktiv. Under utbygging av E18 blei det derfor bare lagt vekt på sulfidinnhald (indirekte estimert ved termisk utslag i hydrogenperoksid test på borestøvsprøver).



*Figur 16. Gneis med varierende innslag av syregivande rustforvitring med gulleg jarositt. Total svovel i forvitringa variere mellom 5–15 %. Grå gneis utan forvitring inneheld magnetkis (pyrrhotitt) ofte i små mengder med totalt lite syrepotensial.*

#### 4.1.2 Miljøgeologiske problemstillinger i FoUI-prosjektet

Etatsprogrammet NORWAT (2012–2015) undersøkte problematikken nærmere og resultatene viste at svovelinnholdet i forvitringssonene er svært mykje høgare enn innholdet av jernsulfid i uforvittra berg. Det blei også avdekt at eit deponi med bergmasse som var klassifisert og frikjent som «rein stein» (dvs lite/ikkje sulfid) gav sterk sur avrenning. Forvittringsomfanget var derimot ganske omfattande og var årsaka til den sure avrenninga (Hagelia 2015, Hagelia & Fjermestad 2016). Betydninga av syregjevande forvitring blei seinare stadfesta i masteroppgåve ved Universitetet i Oslo (Pearce 2018) og er nå tatt inn i lokal «sulfidveileidar» for kommunane Lillesand, Birkenes og Kristiansand (Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2021).

NGU har nyleg utført undersøkingar av tilsvarande syregivande gneis for Kristiansand kommune og resultatene er i samsvar med SVV sine tidlegare hovudkonklusjonar:

*Forvitringa som fører til sur avrenning er knytta til Mesozoisk djupforvitring og dateringar ved K-Ar metoden gir mellom 120 – 140 millionar år (Torgersen m. fl. 2023).*

I FoUI-prosjektet utarbeider vi nå ein fagrapport basert på fleire hittil upubliserte analysar av bergprøver, mineral og vatn utført av Statens vegvesen dei siste 20 åra. Sur avrenning og metallmobilisering er alltid styrt av mineralinnholdet. Rapporten vil gje eit geofagleg grunnlag for å etablere ein meir treffsikker klassifiseringsmetodikk for rusta sulfid- og sulfatførande gneis. Klassifiseringsmetodikk for rusta sulfid og sulfatførande gneis vil vere noko forskjellig frå metodar brukt på alunskifer.



Figur 17: Sur avrenning med aluminiumutfelling i bekk ved Lillesand. Foto: Per Hagelia.



## 4.2 Fv. 8670 Kvernsundtunnelen

### 4.2.1 Innleiing

Dette prosjektet het frå før av fv. 867 Bjarkøyforbindelsene – idag fv. 8670 Kvernsundtunnelen. Sambandet knyt i hop Grytøya, Sandsøya og Bjarkøya i Harstad kommune i Sør-Troms og innbefattar den 3222 meter lange undersjøiske Kvernsundtunnelen (Statens vegvesen 2014). Tunnelbygginga tok til i februar 2015 med gjennomslag 30. januar 2017.

I 2011 vart Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) engasjert av Statens vegvesen for å gjere undersøkingar i djupforvittra berg på Bjarkøya, figur 18. I dei seks 70 meter djupe hola vart det m.a. målt seismikk, vanntemperatur og gammastråling. Undersøkingane var gjort m.a for å finne meir om samanhengen mellom djupforvitring og svakheitssoner. Strålingsresultata skulle vise seg å få store konsekvensar for prosjektet.

### 4.2.2 Miljøgeologisk problematikk

Sentral miljøgeologisk problematikk var muleg påtreff av sone med veldig høg gammastråling frå uran i tunnelen. Boringane som blei utført i forprosjektet viste opptil 1000 ppm i eit av borehola (Bh3, figur 19), som er hittil høgste verdi målt i Noreg. Førsteprioritet blei difor HMS; arbeidarane skulle ikkje utsettast for uakseptable strålingsdoser, uakseptable konsentrasjonar av radongass og/eller tunnelstøv som kunne gå inn i lungevevet. I tillegg skulle vi avklare om tunnelmassane var deponeringspliktige etter §11 i Forurensningslova.

For å kunne ha best muleg kontroll på situasjonen vart det laga rutinar for systematisk bruk av doseratemeter for gammastråling og Radonscout for radongass før ein nådde fram til den radioaktive sona. Som byggherre er Statens vegvesen pålagt å sørge for at tunnelmannskapa blir minst muleg eksponert for gammastråling, radongass og tunnelstøv. God utlufting med vifter under tunneldriving fungerer vanlegvis etter hensikta, men etter stillstand i feriar blei det målt radonkonsentrasjonar over grenseverdi.

### 4.2.3 Etter dette prosjektet – lærdom og nye/uløyste problemstillingar

I ettertid vart det stadvis påvist strålingsdoser over anbefalt nivå og radongass med betydeleg høgare konsentrasjon enn Statens strålevern sine anbefalingar. I tre av 86 målingar med dose-ratemeter (gammaspesktrometer) i tunnelen var materialet målt som deponeringspliktig. Men fordi det mest radioaktive materialet låg i relativt tynne soner antar vi likevel at tunnelfolka *ikkje* vart utsett for uakseptabel helserisiko og at massane ikkje var deponeringspliktige.

Den geologiske forklaringa på landets høgst målte strålingsverdiar er ikkje klar. Granittar som denne har vanlegvis berre 2 – 5 ppm når han størknar frå magma. Sannsynlegvis har gjentatte episodar med skjærdeformasjon og hydrothermal aktivitet anrika mengdene og forårsaka dei høge U-konsentrasjonane på Bjarkøya. Skjærsoner i granittiske bergartar finst over alt i Noreg.

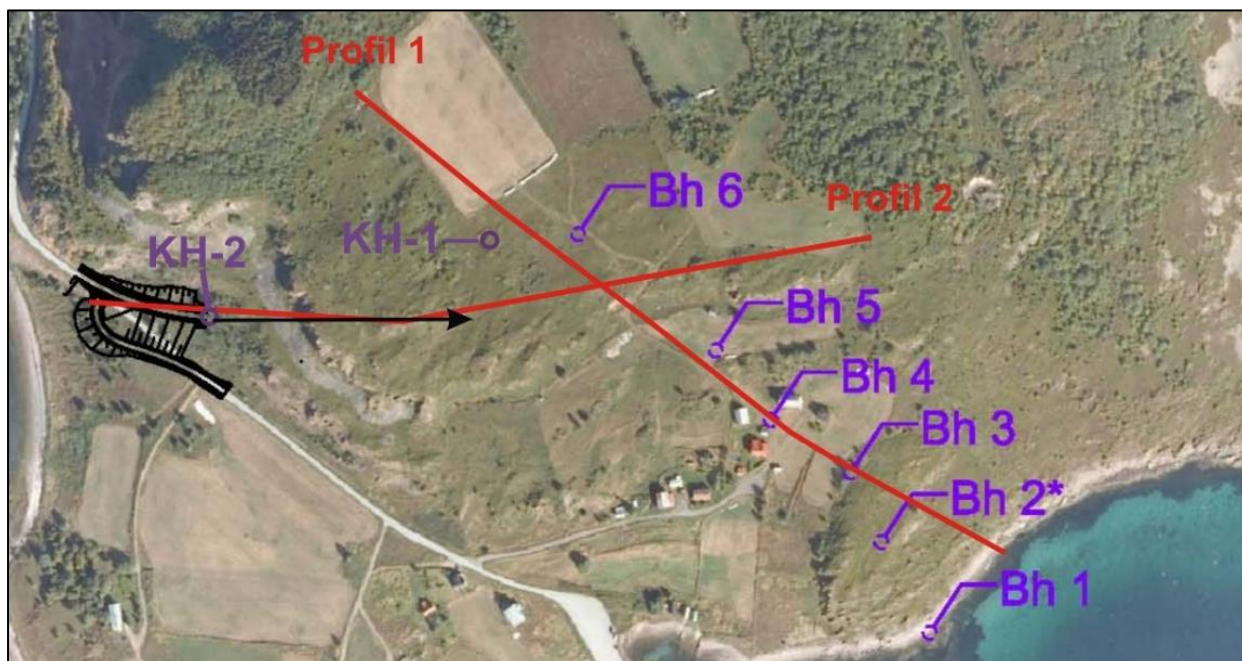
Difor skal vi vere merksame på slik «overraskande» geologi i alle prosjekt; det kan skjule seg U-anrika berg sjølv om NGU sitt aksomheitskart for radon ikkje tilseier det (Norges geologiske undersøkelse. Aktsomheitskart radon). Kvernsundprosjektet vart ein augeopnar og har ført til til

sterk interesse og fokus kring djupforvitring, stråling og deira geologiske samband. Ein enkel feltmetode er å bruke handholdt XRF som del av kartlegging i tidleg planstadium med særleg fokus på måling av uran og thorium i skjærsoner, leirslepper mm.

Enno er det mykje å lære då mangfaldig og «uventa» geologi betyr at vi må omskrive geologisk historie og geologilærebøker.



**Figur 18.** Lokalitet med djupforvittra berg på Bjarkøya. Grunneigaren har tatt ut grus til lokal vegbygging. Lokaliteten er mellom Bh5 og Bh6 på figur 19.



**Figur 19.** Lokalisering av brønner, kjerneborehol og resistivitetsprofil på Bjarkøya. Tunnelpåhogg i svart.

## 5 MILJØGEOLOGISKE TEMA FOR VIDERE ARBEID

### 5.1 E6 Ulvsvågskaret – djupforvitring og muleg stråling

#### 5.1.1 Uraninnhald i forvittringssoner og hydrotermalt omvandla berg

Djupforvitring er ofte assosiert med muleg stråling i berggrunnen. I dette prosjektet må det difor gjerast feltundersøkingar med XRF og kjerneboring. Det finst god ekspertise på NGU i dette temaet. MilGRO vi etter kvart få NGU/Olesen inn i eit samarbeid.

Erfaringane frå Bjarkøy (sjå kapittel 4.3), viste at uran i elles uranfattig berggrunn kan bli stert anrika i forvittringssoner eller berg som er hydrotermalt omvandla. Dette var til då ukjent for Statens vegvesen. På den andre sida er det vel kjent at uran ofte løysast ut i vatn, og det er dermed ikkje utenkeleg i samband med forvitring eller hydrotermal aktivitet.

I MilGRO-prosjektet vil vi i første rekke fokusere på forvittringssoner og soner med hydrotermal omvandling i våre utvalde prosjekt og undersøke denne problemstillinga nærmare ved hjelp av handheldt XRF i felt og på feltprøver. Dette vil auke kunnskapen kring stråleproblematikken. Analysar av soner med denne type omvandling bør bli ein fast rutine i prosjekta våre.

### 5.2 E6 Sørfoldtunnelene – djupforvitring

I dette prosjektet er djupforvitring, ressursgeologi, massedisponering, geologisk arv og karstproblematikk aktuelle miljøgeologitema. Prosjektet er sett på vent pr desember 2022. Ein del ressursgeologisk arbeid vart gjort i 2021 – 2022. Så snart prosjektet startar igjen vil dette arbeidet fortsette.

### 5.3 Rv 4 Gran grense–Jaren – erfaring med lokalt masselager i myr

I samband med bygging av ny Rv 4 Gran grense – Jaren fekk Statens vegvesen løyve frå Miljødirektoratet og Statens strålevern til å etablere eit lokalt masselager av alunskifer i ei myr. Erfaringane våre med planlegging og bygging er rapportert av Fjermestad mfl. (2018, 2018b). Området omkring og innan masselageret er under regelmessig monitorering og oppfølging etter pålegg frå MD og DSA og utførast av konsulent. Resipienten (elva Vigga) er svært lite påverka, men det er avdekt litt høge konsentrasjonar av uran og nokre tungmetall i bekker som renn ut i Vigga.

MilGRO-prosjektet tar sikte på å gi ei kort oppsummering av monitoreringa i eigen rapport i 2024.

### 5.4 E16 Eggemoen – Olum – tilfelle med ulmebrann i alunskifertipp

I samband med førebunde entreprise for nye E16 Eggemoen – Jevnaker blei veg til Kistefoss lagt om. På dette stadiet var det ikkje utført detaljerte geologiske undersøkingar, men det viste seg at ei planlagt vegskjering låg i alunskifer med fleire horisontale permiske gangar av magmatisk danna mænaitt (ein syenittisk bergart). Det er kjent at kontaktvarmen frå magmatiske bergartar kan føre til at alunskifer blir særleg reaktiv (Bastiansen mfl. 1957).



Massen frå skjeringa blei mellomlagra som ein tipp nær ved. Tidlege undersøkingar for tiltaksplan konkluderte med at «*Den foreløpige vurderingen av den undersøkte alunskiferen er at den i liten grad synes å vere reaktiv*», men det blei likevel presisert at alunskiferen måtte handterast som forureina masse (COWI 2016). Låg reaktivitet blei bekrefta av undersøkingar av den utlagte tippem, og det blei vidare understreka at tippem av alunskifer og mænaitt burde kunne nyttast i vegbygging (Structor Geomiljø 2017). Tiltaksplanen blei ikkje levert til Ringerike kommune for godkjenning.

Alunskifertippem blei derfor liggande frå november 2017, og etter kvart dekkja med plastduk. Ved seinare prøvetaking i mars 2019 av Statens vegvesen med tanke på undersøking av steinmaterialkvalitet blei det registeret sterk og helseskadeleg SO<sub>2</sub> damp frå tippem. Ved seinare inspeksjon av Statens vegvesen i april 2019 var tippem så varm at ein ikkje kunn ta på han. Det blei registeret sterk svoveldioksid damp og utfelling av mineral som bare dannast frå svoveldamp eller svovelsyre (minerala alunogen og pickeringitt). Det blei då bestemt at tippem måtte kjørast til spesialdeponering. Tippem blei likevel liggande til august og det hadde då utvikla seg ulmebrann med sterk røykutvikling. Ein del av karbonet i alunskiferen viste seg å ha brent av. Varmegang i alunskifer er knytta til oksidasjon av jernsulfid (pyritt og pyrrhotitt). Tippem blei då kjørt til deponi, og det var ikkje muleg på dette tidspunktet å skille ut mænaitt som er ein god stein for fleire formål.

MilGrO utarbeider ein rapport om hendinga med dokumentasjon av både bergartskjemi og mineralogi. Etter initiativ frå NGI ved Frøydis Meen Werstad er det nyleg starta opp ei masteroppgåve ved Universitetet i Oslo (UiO) som utførast av Silje N Falkenberg. UiO ved Helge Hellevang utviklar reaktorar for å teste varmegang i alunskifer og Statens vegvesen er medveileadar. Statens vegvesen bidrar med prøver frå Jevnaker og det er elles gjort tilgjengeleg materiale frå NOAH –Langøya. På grunn av den store byggeaktiviteten i alunskifer er det viktig å etablere ein metode for testing av alunskifervariantar med tanke på varmegang og fare for ulmebrann ved mellomlagring.

## 5.5 Tidleg planlegging for redusert masseuttak

MilGRO-prosjektet har ambisjon om å peike på rutinar for betre utnytting av massane og samstundes unngå unødvendig produksjon av overskotsmasse. Sjå Den miljøgeologiske varseltekanten (Figur 7).

Erfaringane frå MilGRO vil bli teken inn i vidare arbeid i samband med vidare utvikling av regelverket til Statens vegvesen.

For å oppnå tilfredsstillande og god byggekvalitet må vi nytte verktøy som sømboring, forbolting, varsam sprengning og pigging. Berguttak må tilpassast og ikkje overdrivast.

## 5.6 Partiklar frå ulik berggrunn

Bergsprenging fører til avrenning av partiklar til resipient, både frå «rein stein» og forureina berg. Partiklane påverkar akvatiske organismar i ulik grad. Fragmenteringsegenskapar og bergartsstyrke variere og er avhengig av mineralsamansetning og ulik bindingsstyrke mellom minerala. I samband med forureina berg vil partikkelfraksonar representere den mest reaktive

bestanddelen. Dei finaste partikkelfraksjonane går lett i suspensjon som dermed kan føre til auka innverknad av forureininga utanfor eit gitt tiltaksområde.

Det utførast for tida ein PhD ved NMBU om effektar av ulike slag mineralpartiklar frå norske veganlegg, med vekt på fisk. Oppgåva blir utført av Emelie Forsman og er rettleia og definert av personar ved Statens vegvesen, NIVA og NMBU. I 2023 er det også etablert eit nytt FOUI-prosjekt om partiklar frå veg «Partikkelforurensing i anleggsprosjekt – effekter og tiltak, 2023 – 2024».

MilGRO har ambisjon om eit samarbeid med det nye partikkelprosjektet til Lene S. Heier, for å sjå nærmare på samanhengar mellom sprengning i ulike typar bergmasse, partikkeldanning og effektar det har på resipientar.

## 5.7 Erfaringar frå E39 Rogfast og E18 Lysaker

MilGRO har hittil ikkje deltatt i svært store infrastrukturprosjekt. Men vi tar sikte på å oppsummere miljøgeologiske erfaringar frå E39 Rogfast tunnelen og E18 Lysaker. Den undersjøiske Rogfasttunnelen blir driven gjennom grønstein og grønskifer, gabbro, fylitt, granitt og gneis. E18 forbi Lysaker byggast i kambrosiluriske sedimentære bergartar med innslag av svartskifer.

Erfaringar frå desse prosjekta, men vekt på variasjonar i berg, partiklar, innslag av forureinande mineral og påverknad på vassmiljøet vil saman med prosjekt vi alt har erfaringar frå vil bidra til ein meir representativ oversikt over miljøgeologiske problemstillingar på vegsektoren.

## 5.8 ISO 14001 sertifisering av Utbyggingsdivisjonen

ISO 14001-sertifisering av Utbyggingsdivisjonen vil bli eit grunnleggande verktøy for å oppfylle FN sine bærekraftsmål i Statens vegvesen. Dette arbeidet er godt i gang i divisjonen/etaten. Eit anna viktig verktøy er BREEAM-sertifisering av alle store prosjekter.

MilGRO-prosjektet har som ambisjon å tilføre tematikk tilknytta massehandtering på vegen mot sertifisering. Vi vil her legge vekt på erfaringar, rutinar og metodikk som vil gjere oss i betre stand til å skilje mellom forureina og «reine» massar, samt *state of the art* metodar for å avdekke og nyttiggjere massane. Statens vegvesen har tradisjonelt fokusert mest på mekanisk/fysisk karakterisering av bergmasse og steinmaterialar, men har i dei seinare åra lagt auka vekt på kjemiske og mineralogiske analysar i fleire samanhengar, blant anna for å avdekke fare for forureining og strålefare. Vi har etter kvart fått rutiner for bruk av XRF i felt for førstehands måling og avdekking av bergartskjemi. Slike målingar inngår lett i digitalt grunnlag iform av Field Maps, Leapfrog osv. Slike analysar vil også avdekke eventuelle førekomstar av potensielle industrimineral i vår prosjektering.

All erfaring viser at der vi har hatt god dokumentasjon av eigenskapane til berg- og lausmasse i tidlege planfasar, så har vi også lykkast best med optimalisering av vegtraséar og fått god utnytting av overskotsmasse.

Sist, men ikkje minst bør resultatata frå etatsprogrammet Klima og Transport (2007 – 2010) og NORWAT (2012 – 2015 ) takast med i arbeidet mot sertifisering av Utbyggingsdivisjonen.

## **5.9 Behov for ein ny veileidar for klassifisering av forureina berg**

Både NGU, SVV, MB og DSA har sett eit behov for ein betre veileidar for klassifisering av forureina berg og lausmasse. Det er konstatert eit visst gap mellom behov i planarbeid og eksisterande veileidarar.

NGU og Statens vegvesen v/MilGRO har våren 2023 etablert ei arbeidsgruppe saman med MD og DSA med tanke på å arbeide fram ny veileidar for alle typar forureina berg og lausmasse. Arbeidsgruppa består av personar med bakgrunn i geologi, miljøfag og strålevern. Vi representerer statlege etatar som både er forvaltarar av lovverket og brukarar, med eit kollektivt ansvar overfor samfunnet. Etter innleiande møte vil vi innan sommaren 2023 arrangere eit felles fagseminar for å få fram erfaringar frå alle etatane og stake ut vegen mot ein meir operasjonell veileidar som samstundes er godt fagleg forankra i kunnskap om geologiske variasjon.

## **5.10 Konsekvensar for fagmiljø, miljø og regelverk**

MilGRO skal påverke positivt for oppnåing av overordna nasjonale miljømål. MilGRO har som mål å etablere nye standardar for miljøgeologisk arbeid og forarbeid, med utgangspunkt i konkrete erfaringar frå utbyggingsprosjekt.

Prosjektresultata vil ha konsekvensar for utforming av standardar, rutinar og regelverk.



## 6 REFERANSAR

Artsdatabanken (2023):

[https://nin.artsdatabanken.no/Administrativ\\_grense/Territorialomr%C3%A5de/Fastlands-Norge/Nordland/Grane](https://nin.artsdatabanken.no/Administrativ_grense/Territorialomr%C3%A5de/Fastlands-Norge/Nordland/Grane).

Bastiansen R, Moum J, Rosenqvist I Th (1957): Bidrag til belysning av visse bygningstekniske problemer ved Oslo-området alunskifere. NGI rapport nr 22.

Børresen, HS. (2017): Geochemical and mineralogical evaluation of mineral-water reactions and leaching potential in a black shale depot. Masteroppgåve, Universitetet i Oslo.

Bobba S., Carrara, S. et al. (2020): Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU – a foresight study. 100pp.

COWI (2016): Geologiske undersøkelser i området Kistefossvegen – Tiltaksplan for håndtering av utgravde masser.

Danielsen SW, Hagelia P, Wigum BJ, De Weerd K, Aasly K, Lindgård J, Pedersen B (2019): Magnetkis i betongtilslag. Effekt på betongs bestandighet. Statens vegvesens rapporter Nr. 463.

Eilu, P., Bjerkgård, T. et al. (2021): The Nordic supply potential of critical metals and minerals for a Green Energy Transition. [https://www.nordicinnovation.org/2021/nordic-supply-potential\[1\]critical-metals-and-mineralsgreen-en](https://www.nordicinnovation.org/2021/nordic-supply-potential[1]critical-metals-and-mineralsgreen-en)

Erstad L-A (2017). Leaching of uranium and heavy metals from acid producing black shales. Experiments and modeling study. Masteroppgåve, Universitetet i Oslo.

Fjermestad H. (2013): Mobilitet av uran og andre metall i bergarter i nye vegtrase på Gran, Hadeland. Masteroppgåve. Universitetet for miljø- og biovitenskap, Ås. Fjermestad H (2013),

Fjermestad H, Gundersen E, Hagelia P, Moen AB, Torp M (2018): Rv.4 på Gran, nyttiggjøring av svartskifer. Sluttrapport og erfaringar. Statens vegvesens rapportar Nr. 333.

Fjermestad H, Gundersen E, Hagelia P (2018b): Nyttiggjøring av svartskifer på rv 4 Gran – Lokal lagring av massar med alunskifer. Fjellsprengningsteknikk, Bergmekanikk/Geoteknikk 2018.

FN-sambandet (2023): (<https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon>).

Forurensningslova (2023): Lov om vern mot forurensninger og om avfall – Kap. 3. Tillatelse til virksomhet som kan volde forurensning. Konsekvensanalyser – Lovdata.

Gautneb H, Bjerkgård T, Sandstad (2022): In-situ verdi av metallforekomster i Norge, versjon 2. NGU Rapport 2022-009.

Hagelia P, Iversen I (2003): Motorveg E18 Grimstad-Kristiansand. Sulfidførende gneisar, sur avrenning, konsekvensar og avbøtande tiltak. Statens vegvesen Oppdrag I-279A, rapport nr. 1.

Hagelia P, Sibbick RG (2009): Thauumasite Sulfate Attack, Popcorn Calcite Deposition and acid attack in concrete stored at the “Blindtarmen” test site Oslo, from 1952 to 1982. Materials Characterisation, 60, 686–699.

Hagelia P (2015): Impact of Iron Sulfides and Secondary Sulfate Minerals on the Potential for Acid Rock Drainage (ARD). 12th Urban Environment Symposium Urban Future for a Sustainable World 1–3 June 2015 Oslo, abstract.

Hagelia P, Fjermestad H (2016): Bruk av XRF på bergartar for vurdering ac miljørisiko. Eksempel frå Rv 4 Gran og E18 Grimstad – Kristiansand. Statens vegvesens rapportar nr 516.

Hallingstad C, Fjermestad H (2019): Ring 1 Vaterland og Hammersborgtunnelen – rapport fra kjerneboring. Statens vegvesen – Region Øst, Oppdragsrapport nr. 10394–GEOL–1.

Helgeland Museum (2023): <https://digitaltmuseum.no/021018014656/svenningdalen-grube-sett-fra-fellingfors>.

IEA (2021): The role of critical minerals in clean energy transitions. Special Report of the World Energy Outlook (WEO) team of the IEA., 287, <https://www.iea.org/reports/the-role-of-criticalminerals-in-clean-energy-transitions>.

IFE (2002): Prosjekt OPS E18 Nørholm – Timenes. Sulfidførende gneis og forsuring – bruk av isotoper for sporing av kilder. Institutt for energiteknikk, rapport IFE/KR/F–2002/078.

Klima og transport (2007–2010): <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning-innovasjon-og-utvikling/avsluttede-programmer-og-prosjekter/klima-og-transport/>

Kongeriket Norges grunnlov (2023): – Lovdata.

Kåsin K (2022): Hammersborgtunnelen, kjerneboringer og poretrykksmålere – Geoteknisk datarapport. DOK.NR. 20210633–01–R. REV.NR. 0 / 2022–03–31.

Lovdata. Forskrift om gjenvinning og behandling av avfall (avfallsforskriften).

Lovdata. Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningslova).

Lovdata. Lovdata. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).

Lovdata Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven).

Lovdata Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).

Lovdata. Lov om forvaltning av naturens mangfold (naturmangfoldloven).Lovdata.

Minerallova (2023): Lov om erverv og utvinning av mineralressurser.

Larsen BE, Gellein J (2022): Borehullslogging Hammersborgtunnelen, Oslo. NGU rapport 2022.020.

Moum J, Rosenqvist I Th (1959): Sulphate attack on concrete in the Oslo region. Journal of the American Concrete Institute, Proceedings, Paper 56 –18, 8 pp.

NAGT (2023): <https://nagt.org/index.html>.

NIVA (1992): Ekstreme aluminiumskonsentrasjoner og lav pH i Langedalstjønnen, Lillesand kommune. Årsak, virkninger og mulige tiltak. Rapport O-91202/E-91418.

NIVA (2006): Utsprengning i sulfidholdig berggrunn på Storemyr i Lillesand – effekter på vannmiljø og forslag til tiltak. Rapport LNR 5316-2006.

Norges geologiske undersøkelse. [Geologisk arv \(ngu.no\)](https://ngu.no).

Norges geologiske undersøkelse (1975): Mineralundersøkelser i Svenningdal, Grane kommune. Råstoffundersøkelser i Nord-Norge. NGU rapport nr. 1339/2.

Norges geologiske undersøkelse (2005): E18 Grimstad – Kristiansand. Geologisk kartlegging 2005. NGU Rapport 2005-052.

Norges Geologiske Undersøkelse (2023): Berggrunn ([ngu.no](https://ngu.no)).

Norges Geologiske Undersøkelse (2023): [https://geo.ngu.no/kart/radon\\_mobil](https://geo.ngu.no/kart/radon_mobil).

Norsk betongforenings publikasjon nr. 21 (2017): Bestandig betong med alkalireaktivt tilslag.

Norsk betongforenings publikasjon nr. 32 (2005): Alkalireaksjoner i betong. Prøvingsmetoder og krav til laboratorier.

NORWAT (2012-2015): Rapporter for programområdet NORWAT (Nordic Road Water) <https://vegvesen.brage.unit.no/vegvesen-xmlui/handle/11250/268219>

Pearce A (2018): A Mineralogical and Geochemical Description of Potentially Acid-producing Gneisses from the Lillesand Area. Implications for Leaching Behaviour. Master thesis, Universitetet i Oslo.

Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder (2021): Felles saksbehandlingsrutiner, krav til prøvetaking, klassifisering av steinmasser og miljøoppfølging, Versjon 2.4.

Regjeringa (2022): Næringsministeren varsler hurtigspor for mineralvirksomhet i Norge. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/naringsministeren-varsler-hurtigspor-for-mineralvirksomhet-i-norge/id2952936/>

Sopp OI (1966): Bidrag til belysning av alunskiferens svellingsmekanisme. Hovfagsoppgave Universitetet i Oslo.

Standard Norge (2023): [ISO 14001 for miljø | standard.no](https://www.iso.org/standard/72411.html)

Statens vegvesen (2014): <https://rapportweb.atlas.vegvesen.no/#/rapport/8820667>.

Statens vegvesen (2020): Reguleringsplan for E6 Svenningelv-Lien | Statens vegvesen.

Statens vegvesen (2023): Håndbøker <https://www.vegvesen.no/fag/publikasjoner/handboker>.

Store Norske Leksikon (2023): Store norske leksikon (snl.no).

Structor Geomiljø (2017): E16 – Prosjekt Kistefoss, Tiltaksplan mellomlagrede masser.

Sweco (2021): Vurdering av syredanningspotensiale i bergprøver med tiltaksplan. Prosjekt Svenningdal miljøkartlegging. Prosjektnummer 10217368. RIM-01, Revisjon 1.

Terefe D (2016): Swelling properties of Alum Shale as a function of its mineralogy. Master thesis, Faculty of Mathematics and natural Sciences, Department of Geosciences. University of Oslo.

Torgersen, E., Hagelia, P., Svendby, K., Andersson, M., Granseth, A., van der Lelij, R., Schönenberger, J., Nordgulen, Ø., Bingen, B. and Dybdahl, E. N (2023): Old sulphates, modern problems – Jarosite formation during Early Cretaceous fault-controlled fluid circulation is the primary cause of acid-producing gneisses in SE Norway. Norsk Geologisk Forening, Vinterkonferansen 2023, 4–6 januar Trondheim. Abstract.

Vannforskrifta (2023): Forskrift om rammer for vannforvaltningen – Lovdata.

Vegvesesen.no (2023): <https://www.vegvesen.no/om-oss/om-organisasjonen/om-statens-vegvesen/samfunnsoppdrag-ansvar-oppgaver/barekraft/>

## VEDLEGG 1 Deltakarar i MilGRO

### *Medarbeidarar – Miljøgeologisk riktig handtering av forureina og reine massar*

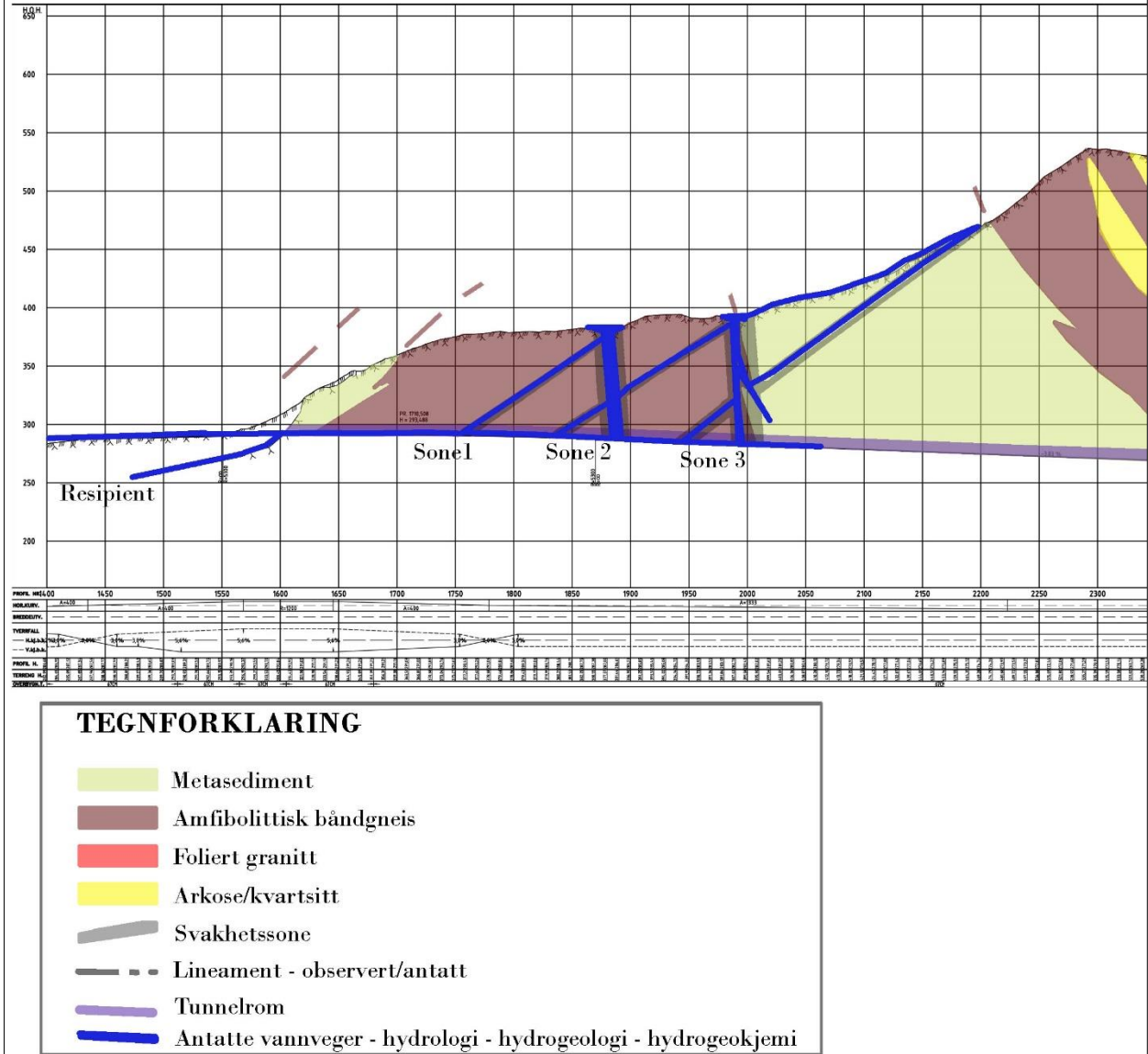
- Finn Sverre Karlsen – Geofag, Utbygging – leiar: Geolog medkompetanse på tunnel, bergskjeringar, ras, avrenning, strålefare, djupforvitring og verneverdig geologi. Fagansvar bl.a. for E6 Svenningdal–Lien.
- Cecilie Hallingstad – Geofag, Utbygging: Geolog med kompetanse på tunnel, bergskjering, ras, sur avrenning og metallmobilisering frå svartskifer. Fagansvar bl.a. Ring 1, Oslo.
- Per Hagelia – Geofag, Utbygging: Geolog med kompetanse på tunnel, berg, sur avrenning, metallmobilisering, forvitring, strålefare, mineralogi, petrografi, hydrogeokjemi/geokjemi og nedbrytingsmekanismar i betong. Deltok i etatsprosjekta NORWAT, Varige konstruksjonar og Massehandteringsprosjektet.
- Marte Eik Skrede – E6 Helgeland: Geolog – Byggeleiar med fagansvar for geologi, berg og rassikring på E6 Svenningdal–Lien.
- Åse Tukkensæter – Geofag, Utbygging: Geolog med kompetanse frå utbyggingsprosjekt og drift og vedlikehald på bl.a. Austlandet og Sørlandet, forureining og verneverdig geologi.
- Tore Thomassen – Geofag, Utbygging: Geolog med kompetanse på tunnel, bergskjeringar, ras, avrenning, strålefare, mineralogi, avanserte geofysiske metodar m.m. Bakgrunn frå oljeindustrien. Fagansvar E39 Bjørmafjorden.
- Elisabeth Gundersen – Geofag, Utbygging: Hydrolog og geoteknikar med kompetanse frå kompliserte utbyggingsprosjekt inklusive bl.a. deponering av alunskifer.

### *Fagleg referansegruppe:*

- Bård Pedersen – Konstruksjonsteknikk, Vegdirektoratet: Betongteknolog. Kompetanse innan betongtilslag, skadelege bestanddelar i tilslag og regelverk. Erfaring frå NorStone, NorBetong, Norut Teknolog og Statens vegvesen.
- Nikolas Oberhardt – Konstruksjonsteknikk, Vegdirektoratet: Geolog med kompetanse innan steinmaterialar og petrografi. Tidlegare laboratorieleiar i Stavanger, kompetanse på sulfidproblematikk i betongtilslag. Intern PhD-kandidat i Magnetkisprosjektet i samarbeid med NTNU og Université Laval – Quebec, Canada.
- Arnhild Ulvik – Vegteknologi, Vegdirektoratet: Geolog, tidlegare forskar ved NGU med spesialkompetanse innan steinmaterialar, laboratorietestar og regelverk i SVV.
- Halldis Fjermestad – E16 Sandvika –Skaret & Ring 1, Utbygging: Ytre miljø koordinator med kompetanse innan analyse og klassifisering av svartskifer, vatn, partiklar og resipient. Deltok i etatsprosjektet NORWAT.
- Lene Sørli Heier – Klima og Miljø, Utbygging: Ytre miljø med kompetanse innan økotoksikologi, miljøkjemi og utbyggingsprosjekt i SVV. Effektar av forureina berg/partiklar på resipient. Deltok i etatsprosjekta NORWAT og Massehandteringsprosjektet.
- Lene Jacobsen – Klima og Miljø, Transport og samfunn: Ytre miljø med erfaring frå SVV, Lillesand kommune, Agder fylkeskommune, Arbeidstilsynet og Universitetet i Agder. Kompetanse innan bl.a. sur avrenning og metallmobilisering, massehandtering generelt og arbeidsmiljø. Deltok i etatsprosjekta NORWAT og Massehandteringsprosjektet.

## VEDLEGG 2 Hydrofag illustrert ved tunnelprofil

V002: Tolka geologisk lengdeprofil Hafstadfjelltunnelen med med strukturer og svakhetssoner.





Statens vegvesen  
Pb. 1010 Nordre Ål  
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

[firmapost@vegvesen.no](mailto:firmapost@vegvesen.no)

ISSN: 1893-1162

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

**Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag**