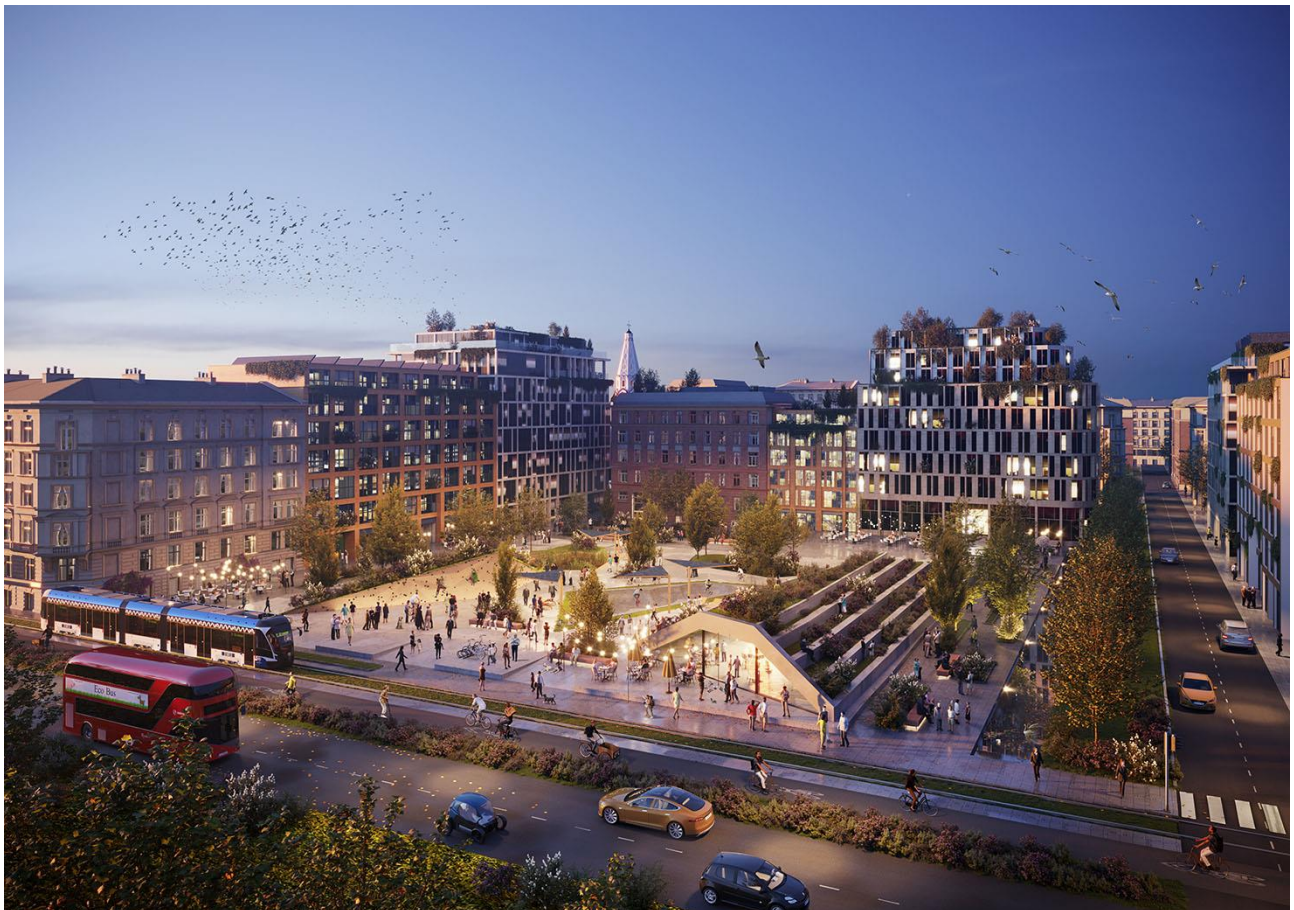


# Forprosjekt reservevannforsyning

Kragerø kommune

Analyserapport berggrunnsundersøkelser





## Revisjonshistorikk

| Rev | Dato       | Beskrivelse av endringen | Utarbeidet av           | Kontrollert av   | Godkjent av             |
|-----|------------|--------------------------|-------------------------|------------------|-------------------------|
| 00  | 02.02.2026 |                          | Victoria S. Engelschiøn | Siri Anne Strand | Victoria S. Engelschiøn |
|     |            |                          | <Dato>                  | <Dato>           | <Dato>                  |
| 01  | <Dato>     |                          | <Navn>                  | <Navn>           | <Navn>                  |
|     |            |                          | <Dato>                  | <Dato>           | <Dato>                  |
| xx  | <Dato>     |                          | <Navn>                  | <Navn>           | <Navn>                  |
|     |            |                          | <Dato>                  | <Dato>           | <Dato>                  |

## Sammendrag

Sweco Norge AS har på oppdrag fra Kragerø kommune innhentet og analysert prøver av berggrunnen ved Fossetangen og Tveitereid. Formålet er å gjøre en innledende undersøkelse av det syredannende potensialet til berggrunnen på to mulige tomter for et nytt vannverk.

# Innholdsfortegnelse

## Innhold

|       |                                           |   |
|-------|-------------------------------------------|---|
| 1     | Innledning og formål .....                | 1 |
| 2     | Feltarbeid .....                          | 1 |
| 3     | Geokjemiske beregninger .....             | 2 |
| 3.1   | Syredannende potensial .....              | 2 |
| 3.2   | Fe:S .....                                | 3 |
| 3.3   | Totalinnholdet av stoffer .....           | 3 |
| 4     | Analyseresultater .....                   | 3 |
| 4.1   | Fossetangen .....                         | 3 |
| 4.1.1 | Vurdering av syredanningspotensiale ..... | 3 |
| 4.1.2 | Totalinnhold av stoffer .....             | 4 |
| 4.2   | Tveitereid .....                          | 4 |
| 4.2.1 | Vurdering av syredanningspotensiale ..... | 4 |
| 4.2.2 | Totalinnhold av stoffer .....             | 5 |
| 4.3   | Vurdering av radioaktivitet .....         | 5 |
| 5     | Supplerende prøvetaking .....             | 6 |
| 6     | Konklusjon .....                          | 7 |
| 7     | Referanser .....                          | 8 |

# 1 Innledning og formål

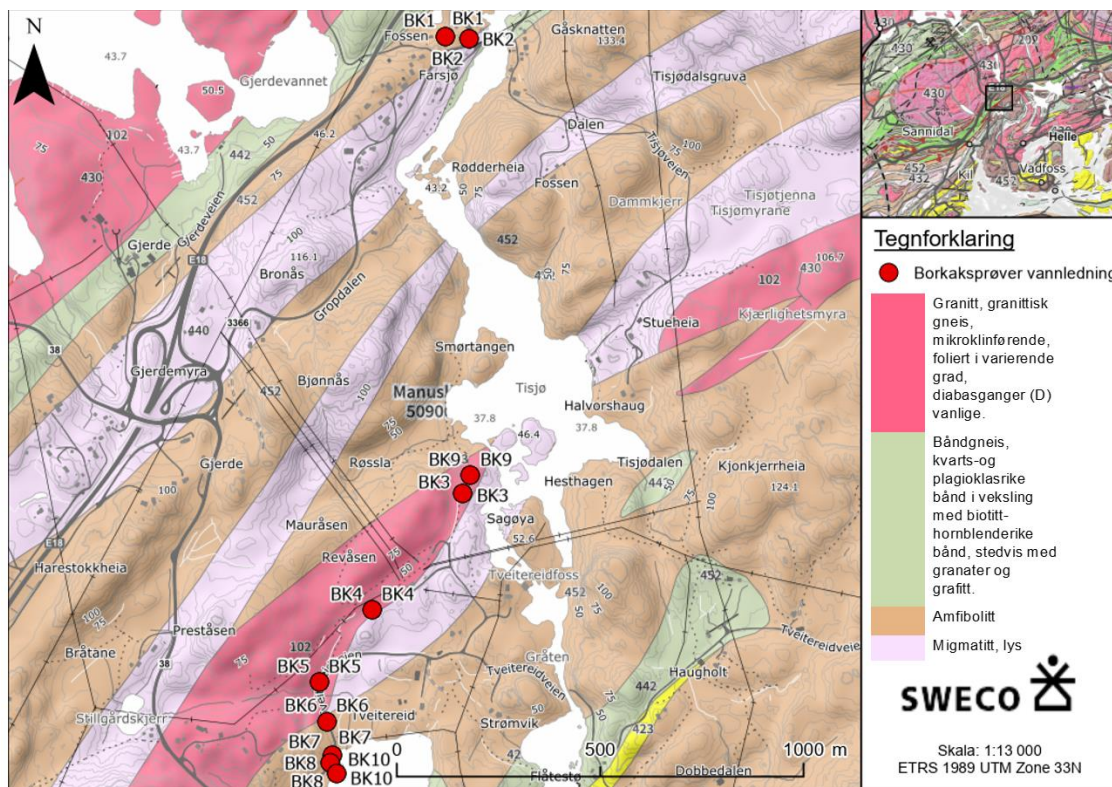
Sweco Norge AS har på oppdrag fra Kragerø kommune innhentet og analysert prøver av berggrunnen ved Fossetangen og Tveitereid. Formålet er å gjøre en innledende undersøkelse av det syredannende potensialet til berggrunnen på to mulige tomter for et nytt vannverk. Formålet med grunnundersøkelsen var å få oversikt over berggrunnen på de to tomtene med fokus på syredanningspotensiale og eventuelle andre vesentlige forhold. Denne forundersøkelsen vil bli benyttet i den videre vurdering av områdene som mulig lokasjon for ny vannforsyning.

# 2 Feltarbeid

Feltarbeid ble gjennomført i desember 2025 (Figur 1). Det ble tatt to prøver fra Fossetangen, BK1 og BK2, og to prøver fra Tveitereid, BK3 og BK9 (Figur 2). Prøvematerialet er borkaks i rilsanposer. Disse ble sendt til laboratorieanalyser hos Eurofins 19. desember 2025 for analysepakken «Syredannende berg, komplett».



Figur 1. Geoteknisk borerigg i felt.



Figur 2. Berggrunnskart som viser områdets geologi og hvor prøvene ble tatt. Fokuset her er prøvene fra Fossetangen (BK1 og BK2) og Tveitereid (BK3 og BK9).

## 3 Geokjemiske beregninger

### 3.1 Syredannende potensial

Geokjemiske beregninger er foretatt i henhold til veileder M-310/2015 *Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter* (NGI, 2015). Det er beregnet syredannende potensial (AP) og nøytraliserende potensial (NP). Forholdet mellom NP:AP avgjør om bergarten har syredanningspotensial i henhold til Tabell 3.1.

Metoden baserer seg på målte konsentrasjoner av TIC (total uorganisk karbon) og S (svovel) i bergarten. Konsentrasjonene av TIC og S regnes om til mengde kalsiumkarbonat ekvivalenter ( $\text{CaCO}_3$ ) i kg/tonn som foreligger i bergarten i forhold til mengde  $\text{CaCO}_3$  som er nødvendig for å nøytralisere den potensielle mengden syre som kan dannes. Alt uorganisk karbon (TIC) antas å stamme fra karbonater og all svovel antas å stamme fra sulfider. Metoden kan derfor føre til en overestimering av både det nøytraliserende og syredannende potensialet.

Tabell 3.1: Vurdering av syredanningspotensiale

| NP:AP > 3:1      | 3:1 > NP:AP > 1:1 | NP:AP < 1:1 |
|------------------|-------------------|-------------|
| Ikke syredannede | Usikker           | Syredannede |

## 3.2 Fe:S

Forholdet mellom svovel- og jerninnholdet i prøvene kan regnes om ved hjelp av formlene gitt i veileder M-310 (NGI, 2015) (Tabell 3.2). Hensikten er å vurdere i hvor stor grad jern og tungmetaller er bundet som sulfider. Dette kan si noe om utlekkingspotensialet til tungmetallene ved oksidasjon og syredannelse.

Tabell 3.2: Forklaring av forhold mellom Jern (Fe) og Svovel (S)

| Fe:S > 2:1                                   | Fe:S = 1                        | Fe:S = 1:2 | Fe:S < 1:2                                   |
|----------------------------------------------|---------------------------------|------------|----------------------------------------------|
| Jern og tungmetaller også bundet i silikater | Alt Jern er bundet som sulfider | Pyritt     | Svovel bundet i andre mineraler enn sulfider |

## 3.3 Totalinnholdet av stoffer

Ifølge forurensingsforskriften § 2-3 anses grunn som ikke overstiger lokalt naturlig bakgrunnsnivå i områder der et terrenginngrep er planlagt gjennomført som ikke forurenset. Noen bergarter har et naturlig forhøyet innhold av tungmetaller og er derfor ikke å betrakte som forurenset. Dette gjelder kun dersom berggrunnen ikke er syredannende eller på annen måte kan medføre en miljøfare.

# 4 Analyseresultater

## 4.1 Fossetangen

Prøvene BK1 og BK2 er lokalisert i bergarten amfibolitt ifølge NGUs bergartskart. Prøve BK2 er tatt nær bergartsgrensen mellom amfibolitt og migmatitt, og skiller seg fra BK1 i kjemisk sammensetning. Dette vurderes til å skyldes litologisk variasjon eller påvirkning fra migmatisering (delvis omdanning).

### 4.1.1 Vurdering av syredanningspotensiale

BK1 har moderat svovelinnhold (1300 ppm, *Tabell 4.1*) tilsvarende et beregnet syredanningspotensiale (AP) på 4,1 CaCO<sub>3</sub> kg/tonn. Det kan gi et reelt syredanningspotensial, særlig ved fin nedknusing eller store mengder masser. BK2 har et relativt lavt svovelinnhold (430 ppm) og lavere AP på 1,3 CaCO<sub>3</sub> kg/tonn (*Tabell 4.1*). For begge prøvene er totalt uorganisk karbon (TIC) målt til under deteksjonsgrensen (<0,15 %). Dette støttes av svært lavt glødetap (Loss on Ignition, LOI, <0,2%), og det antas derfor at det nøytraliserende potensialet til begge prøvene er neglisjerbart. Ca og Mg antas å være silikatbundet, og vil heller ikke bidra til nøytralisering.

Det er også gjort en vurdering av forholdet mellom jern og svovel i prøvene, i henhold til Tabell 3.2. Både BK1 og BK2 har jern bundet hovedsakelig i silikater, selv om sulfider spiller en større rolle i jernforbindelsene for BK2 enn BK1. Forskjellen i Fe:S-forhold mellom BK1 og BK2 indikerer at svovel i BK1 i større grad er knyttet til jernsulfider og dermed mer reaktivt, mens BK2 har et høyere Fe:S-forhold som tilsier lavere sulfiddominans og redusert syredanningsrisiko.

Tabell 4.1. Fossetangen: de viktigste parameterne for å vurdere nøytraliserende potensial.

| Prøve | NP | AP  | NP/AP | Fe:S | Svovel (mg/kg) | LOI   | TIC    | Kalsium (Ca) |
|-------|----|-----|-------|------|----------------|-------|--------|--------------|
| BK1   | -  | 4,1 | -     | 14   | 1300           | <0,2% | <0,15% | 14000        |

|     |   |     |   |    |     |       |        |       |
|-----|---|-----|---|----|-----|-------|--------|-------|
| BK2 | - | 1,3 | - | 87 | 430 | <0,2% | <0,15% | 66000 |
|-----|---|-----|---|----|-----|-------|--------|-------|

#### 4.1.2 Totalinnhold av stoffer

Innholdet av metaller er vurdert etter helsebaserte tilstandsklasser (TKL) (Miljødirektoratet, u.d.). Selv om disse verdiene ikke er beregnet for berggrunn, gir det et inntrykk av det naturlige bakgrunnsnivået. Resultatene for de relevante stoffer (kan være farlig for miljøet) er vist i *Tabell 4.2*. Det er påvist nivåer av krom i TKL 2 i både BK1 og BK2. Ingen andre aktuelle tungmetaller er over normverdiene, og det er ikke påvist spor etter menneskeskapt forurensning.

*Tabell 4.2 Fossetangen: innhold av tungmetaller vurdert etter helsebaserte tilstandsklasser. Tilstandsklasse 1 er markert med blå og tilstandsklasse 2 er markert med grønn.*

| Stoff          | Normverdi | Enhet    | BK1   | BK2   |
|----------------|-----------|----------|-------|-------|
| Arsen (As)     | < 8       | mg/kg TS | <0,2  | <0,2  |
| Bly (Pb)       | < 60      | mg/kg TS | 14    | 3,4   |
| Kadmium (Cd)   | < 1,5     | mg/kg TS | <0,1  | 0,11  |
| Kvikksølv (Hg) | < 1       | mg/kg TS | <0,08 | <0,08 |
| Kobber (Cu)    | < 100     | mg/kg TS | 20    | 18    |
| Sink (Zn)      | < 200     | mg/kg TS | 76    | 93    |
| Krom (Cr)      | < 50      | mg/kg TS | 89    | 190   |
| Nikkel (Ni)    | < 60      | mg/kg TS | 36    | 26    |

## 4.2 Tveitereid

Berggrunnskart fra NGU angir granitt og granittisk gneis, mikroklinførende og foliert i varierende grad, med vanlige diabasganger i området. De analyserte prøvene BK3 og BK9 viser også tydelig geokjemisk variasjon, noe som reflekterer litologisk heterogenitet.

### 4.2.1 Vurdering av syredanningspotensiale

BK3 vurderes å være en granitt eller granittisk gneis basert på felsisk litologi (dominert av Si, Al og K, med lave konsentrasjoner av Fe, Mg og Ca). BK3 har også et innhold av svovel under deteksjonsgrensen (<50 ppm, se *Tabell 4.3*), og vurderes til å ikke ha syredanningspotensial. BK9 har forhøyede verdier av Fe, Mg og Ca, og vurderes til å ha en mafisk sammensetning og mulig representere en diabasgang eller mafisk linse i den granittiske gneisen. BK9 har et lavt, men målbart innhold av svovel (290 ppm), noe som gir et syredanningspotensial (AP) på 0,9 CaCO<sub>3</sub> kg/tonn (*Tabell 4.3*).

Også i disse prøvene er totalt organisk karbon (TIC) under deteksjonsgrensen (<0,15 %), og det lave karboninnholdet støttet av lavt glødetap (BK3 = 0,8%tv og BK9 = 0,2%tv). Det nøytraliserende potensialet antas derfor å være neglisjerbart.

BK3 inneholder svovel under deteksjonsgrensen (*Tabell 4.3*), og det er derfor ikke mulig å estimere Fe:S-forholdet. Dette forholdet er allikevel av liten interesse ettersom svovelinnholdet i bergarten er

neglisjerbart. BK3 har et lavt innhold av svovel og et høyt Fe:S-forhold, som støtter lav syredanningsrisiko.

1. *Tabell 4.3. Tveitereid: de viktigste parameterne for å vurdere nøytraliserende potensial.*

| Prøve | NP | AP   | NP/AP | Fe:S | Svovel (mg/kg) | LOI     | Kalsium (Ca) |
|-------|----|------|-------|------|----------------|---------|--------------|
| BK3   | -  | -    | -     | -    | <50            | 0,8%tv  | 8700         |
| BK9   | -  | 0,91 | -     | 86   | 290            | <0,2%tv | 40000        |

#### 4.2.2 Totalinnhold av stoffer

Innholdet av metaller er vurdert etter helsebaserte tilstandsklasser (Miljødirektoratet, u.d.). Selv om disse verdiene ikke er beregnet for berggrunn, gir det et inntrykk av det naturlige bakgrunnsnivået. Resultatene for de relevante stoffer (kan være farlig for miljøet) er vist i

*Tabell 4.4. Ingen aktuelle tungmetaller er over normverdiene, og det er heller ikke påvist spor etter menneskeskapt forurensning.*

*Tabell 4.4 Tveitereid: innholdet av tungmetaller vurdert etter helsebaserte tilstandsklasser. Alle verdier er innenfor tilstandsklasse 1 (markert med blå).*

| Stoff          | Normverdi | Enhet    | BK3   | BK9   |
|----------------|-----------|----------|-------|-------|
| Arsen (As)     | < 8       | mg/kg TS | 0,28  | 0,29  |
| Bly (Pb)       | < 60      | mg/kg TS | 3,2   | 1,8   |
| Kadmium (Cd)   | < 1,5     | mg/kg TS | <0,1  | <0,1  |
| Kvikksølv (Hg) | < 1       | mg/kg TS | <0,08 | <0,08 |
| Kobber (Cu)    | < 100     | mg/kg TS | <2    | 26    |
| Sink (Zn)      | < 200     | mg/kg TS | 21    | 11    |
| Krom (Cr)      | < 50      | mg/kg TS | 10    | 39    |
| Nikkel (Ni)    | < 60      | mg/kg TS | 7,7   | 44    |

#### 4.3 Vurdering av radioaktivitet

Noen bergarter kan inneholde uran i mengder som kan utgjøre en strålingsfare. I veileder M-310 (NGI, 2015a) er det utført korrelasjonsanalyser mellom målt stråling og konsentrasjon av uran i steinprøver. Generelt sett konkluderes det med at for konsentrasjoner lavere enn 50 mg/kg er strålingsfaren for alle praktiske formål neglisjerbar, og dette er tilfellet for alle prøvene undersøkt her.

| Prøve | Uran (mg/kg) |
|-------|--------------|
| BK1   | 1,5          |

|     |      |
|-----|------|
| BK2 | 0,49 |
| BK3 | 2,3  |
| BK9 | 1,5  |

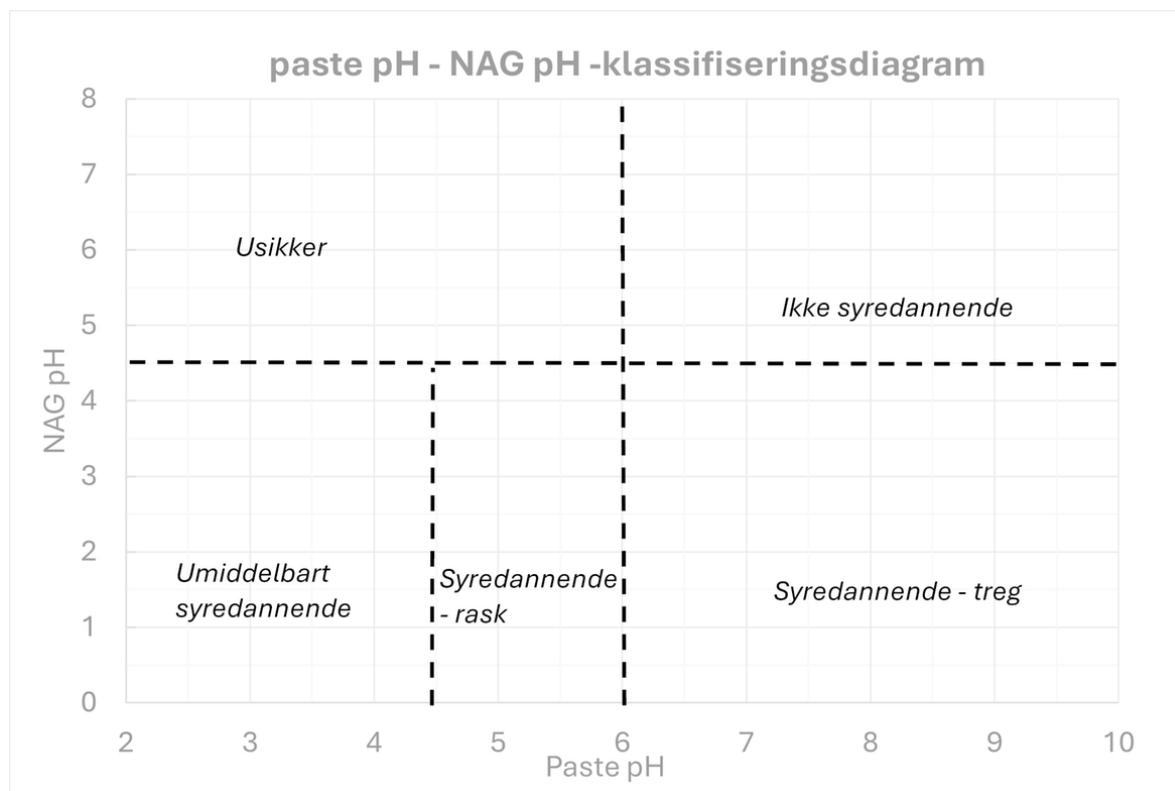
## 5 Supplerende prøvetaking

Det ble tatt to prøver fra hver tomt. Dette er for lavt til å konkludere med berggrunnens kjemiske variasjon. Det finnes ikke egne standarder for berggrunn, så det anbefales å legge til grunn Norsk standard for forurenset grunn ved planlegging av supplerende prøvetaking (Norsk standard, 2018). Her er en egen kategori «Forurensning til stede med heterogen fordeling uten punktkilder av forurensning». Miljødirektoratets veileder for forurenset grunn (Miljødirektoratet, u.d.) har ikke utarbeidet et prøveestimat for denne kategorien, men tiltaksområdet er estimert til minst 5000 m<sup>2</sup>. I den laveste klassen og formålet («Diffus og homogen forurensning, ved 5000 m<sup>2</sup> og arealbruk til industri, Tabell 5.1) vil dette gi totalt 12 prøver. Dette er allikevel kun en veileder, og endelig prøveantall vil måtte fastsettes nærmere.

Tabell 5.1. Minimum antall prøvepunkter relatert til størrelse og arealbruk på lokaliteter med diffus og homogen forurensning. Tabell: Miljødirektoratet.

| Størrelse (m <sup>2</sup> )/<br>Arealbruk | <500 | 1 000 | 2 000 | 3 000 | 4 000 | 5 000 | Økning per 1 000 m <sup>2</sup> ved lokalitet med areal 5 000 – 10 000 m <sup>2</sup> | Økning per 1 000 m <sup>2</sup> ved lokalitet med areal >10 000 m <sup>2</sup> |
|-------------------------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| Bolig                                     | 4    | 8     | 10    | 12    | 14    | 16    | 2                                                                                     | 1                                                                              |
| Sentrum                                   | 4    | 8     | 8     | 10    | 12    | 14    | 2                                                                                     | 1                                                                              |
| Industri                                  | 4    | 8     | 8     | 8     | 10    | 12    | 2                                                                                     | 1                                                                              |

I arbeidet med analyseresultatene er den regionale veilederen «Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis» (Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder, 2021) lagt til grunn der den er relevant. Denne veilederen skal revideres og deler av metodikken for å klassifisere syredannende bergarter er endret (Lillesand kommune, 2025). Klassifiseringen av magmatiske bergarter (til forskjell fra sedimentære bergarter som for eksempel svartskifere) baserer seg nå på paste-pH og NAG-pH-tester (Figur 3), og det anbefales derfor å gjøre dette for aktuelle prøver.



Figur 3. Som diagrammet viser er det primært verdien for NAG-pH (under eller over 4,5) som styrer om prøven blir klassifisert som syredannende eller ikke. Verdien fra paste-pH indikerer hvor rask syredannelsen vil være. Kilde: Lillesand kommune.

## 6 Konklusjon

De analyserte bergartsprøvene fra Fossetangen inneholder neglisjerbare mengder inorganisk karbon, noe som betyr at bergartene ikke har bufferkapasitet for å nøytralisere eventuell syredannelse. Prøve BK1 har et moderat svovelinnhold, mens BK2 har et lavere innhold av svovel. Flere prøver vil derfor være nødvendig for å vite mer om variasjonen i svovelinnhold i bergartene på Fossetangen. Det anbefales også supplerende analyser. AP indikerer potensiale for syredannelse for begge prøvene, men denne metoden antar at all svovel er bundet i reaktive sulfider. Dette kan føre til en overestimering, og det anbefales derfor å foreta utlekkingstest og paste-pH+NAG-pH-analyse for BK 1 og BK 2 for å vurdere om det beregnede syredanningspotensialet faktisk gir reell syredannelse ved oksidasjon.

Prøvene fra Tveitereid (BK3 og BK9) viser tilsvarende lav bufferkapasitet som prøvene fra Fossetangen. Her er svovelinnholdet lavere, og for BK3 er svovelinnholdet under deteksjonsgrensen. Denne har dermed ikke syredanningspotensial. For BK9 er svovelinnholdet lavere enn i prøvene fra Fossetangen, men det har fortsatt et visst beregnet syredanningspotensiale. For Tveitereid anbefales det derfor å gjøre utlekkingstest og paste-pH+NAG-pH-testing av kun prøve BK9 (ikke BK3) for å bekrefte om det lave beregnede syredanningspotensialet gir reell syredannelse ved oksidasjon. I tillegg anbefales feltkartlegging og supplerende prøvetaking. Det er ikke kjent i hvor stor utstrekning diabasgangene på Tveitereid har, og forekomsten av disse er noe som burde kartlegges for å avgjøre i hvilken grad de påvirker bruken av området.

Det vurderes at risiko for radioaktivitet er neglisjerbar både på Fossetangen og ved Tveitereid, og det vil ikke være behov for risikoreduserende tiltak knyttet til stråling.

## 7 Referanser

- Lillesand kommune. (2025, oktober 2). *Syredannende bergarter (sulfid) i Lillesand kommune*. Hentet februar 2, 2026 fra <https://www.lillesand.kommune.no/ForurenssetGrunn.html>
- Miljødirektoratet . (u.d.). *Forurensset grunn* . Hentet 01 09, 2026 fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/forurensning/forurensset-grunn/for-naringsliv/forurensset-grunn-veileder/>
- NGI. (2015). *Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter - veileder for Miljødirektoratet*. Oslo: Miljødirektoratet.
- Norsk standard. (2018). *NS-ISO 184000-203:2018 Jordkvalitet Prøvetaking del 203: Undersøkelser av potensielt forurensede lokaliteter*. Geneve, Sveits.
- Prosjektgruppen for kontroll på svovelholdig avrenning i Agder. (2021). *Retningslinjer for tiltak i områder med syredannende gneis*.

# Vedlegg 1: Analyserapport Eurofins