

VURDERING AV SYREDANNENDE BERG VED SVEBERG OG STAV

RAPPORT



01	Vurdering av syredannende potensial til bergarter ved Stav og Sveberg	Anna Pryadunenko	Lameck Omondi Omolo	Embla Østebrot	13.06.2025
Revisjon	Revisjonen gjelder	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	Rev. dato
		 			
Oppdragsgiver		Prod. av	Rambøll Norge AS		
Prosjekt	E6 Ranheim-Sveberg	Tittel	Vurdering av syredannende berg ved Stav og Sveberg		
Prosj.nr.	80102000				
Parsell	DS03	Dokument nr.	NV50E6RS- YML-NOT-0010		
Dok. type	Rapport				

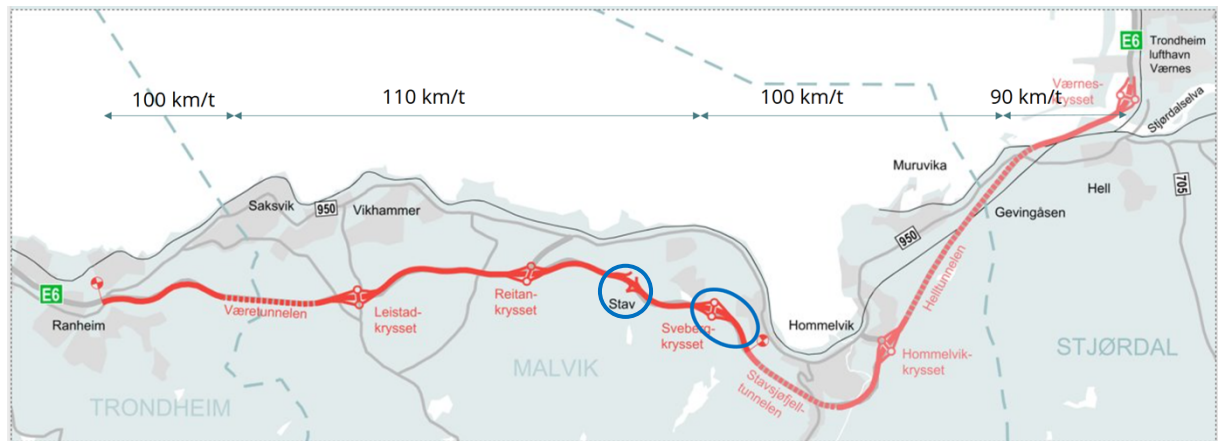
INNHALDSFORTEGNELSE

1.	INNLEDNING	3
1.1	BAKGRUNN	3
1.2	HENSIKTEN MED UTREDNINGEN	3
2.	TIDLIGERE UTFØRTE UNDERSØKELSER	4
3.	UNDERSØKELSER 2025	5
3.1	METODE	5
3.2	SVEBERG	6
3.3	STAV	8
4.	KONKLUSJON	9
5.	REFERANSER	11
6.	Vedleggsoversikt	11

1. INNLEDNING

1.1 BAKGRUNN

Det ble påvist forekomster av sulfidrike bergarter med høyt svovelinnhold ved tidligere geologiske og miljøtekniske undersøkelser i Sveberg-området. Slike forekomster har potensial for å utvikle syredannende egenskaper dersom de utsettes for luft og vann, noe som kan medføre miljømessige utfordringer ved utbygging og massehåndtering. På bakgrunn av dette er det gjennomført en ny runde med supplerende prøvetaking og analyser for å bedre kartlegge utbredelsen og karakteren til de sulfidholdige bergartene, og for å vurdere behov for tiltak ved håndtering av massene. Det ble i tillegg gjennomført undersøkelser i Stav-området. Bakgrunnen for dette var informasjon fra geologiske kart som indikerte forekomster av lignende bergarter i dette området. Det ble derfor gjennomført en befaring og tatt prøver for å kunne vurdere eventuell tilstedeværelse av syredannende bergarter på Stav. De aktuelle er markert på kartet i Figur 1.



Figur 1. E6 strekningen Ranheim – Værnes. Områder med mistanke om forekomster av syredannende bergarter er markert med blåe sirkler.

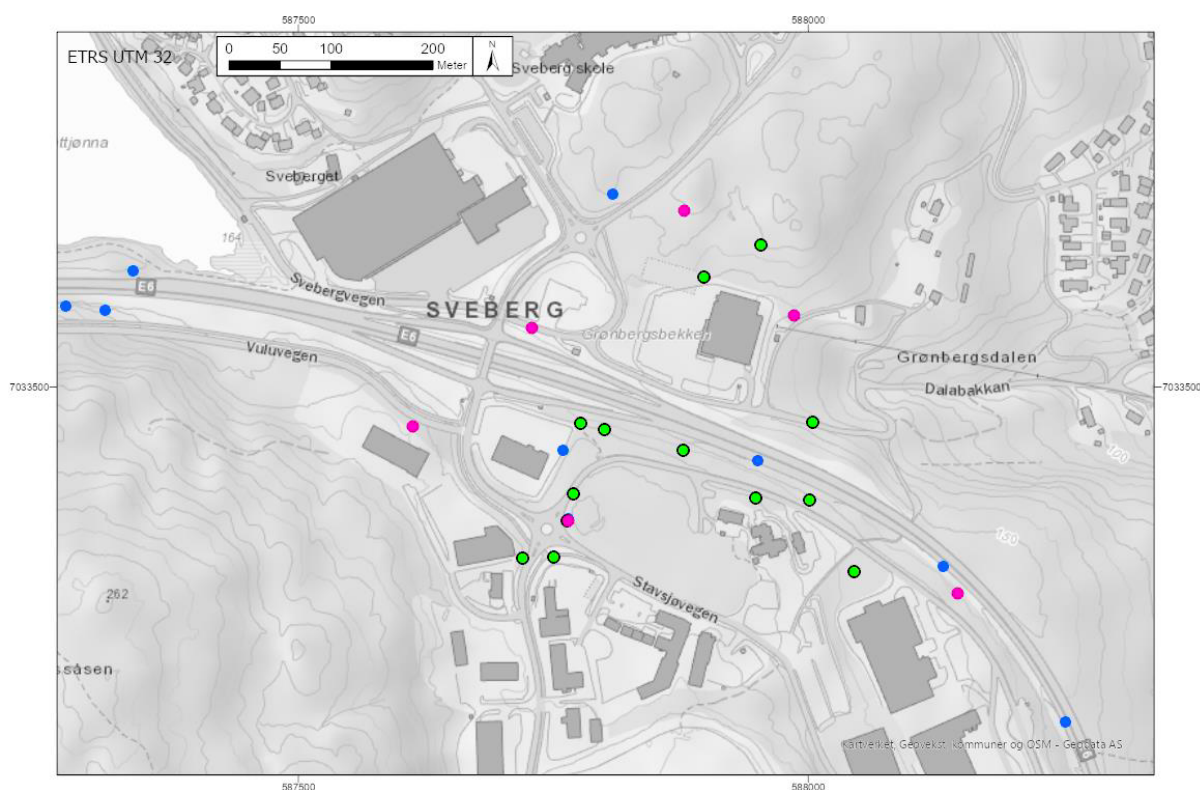
1.2 HENSIKTEN MED UTREDNINGEN

Syredannende bergarter er bergarter som inneholder et høyt innhold av sulfidmineraler, som for eksempel pyritt (FeS_2) og pyrrhotitt (Fe_{1-x}S). Når disse bergartene kommer i kontakt med oksygen og vann, kan det dannes svovelsyre. Dette kan føre til syreavrenning, som igjen kan ha negative konsekvenser for det ytre miljøet, særlig i form av forurensning av vann og jord

2. TIDLIGERE UTFØRTE UNDERSØKELSER

Første runde med kartlegging og uttak av prøver på Sveberg ble gjennomført i vinteren/våren 2020 (**Rambøll , 2021**). Det ble påvist forhøyede svovelverdier i enkelte prøver, blant annet prøver #5 til #8, som kunne indikere et slikt potensial, og det ble derfor nødvendig å gjøre ytterligere prøvetaking for å få et bedre grunnlag for vurdering.

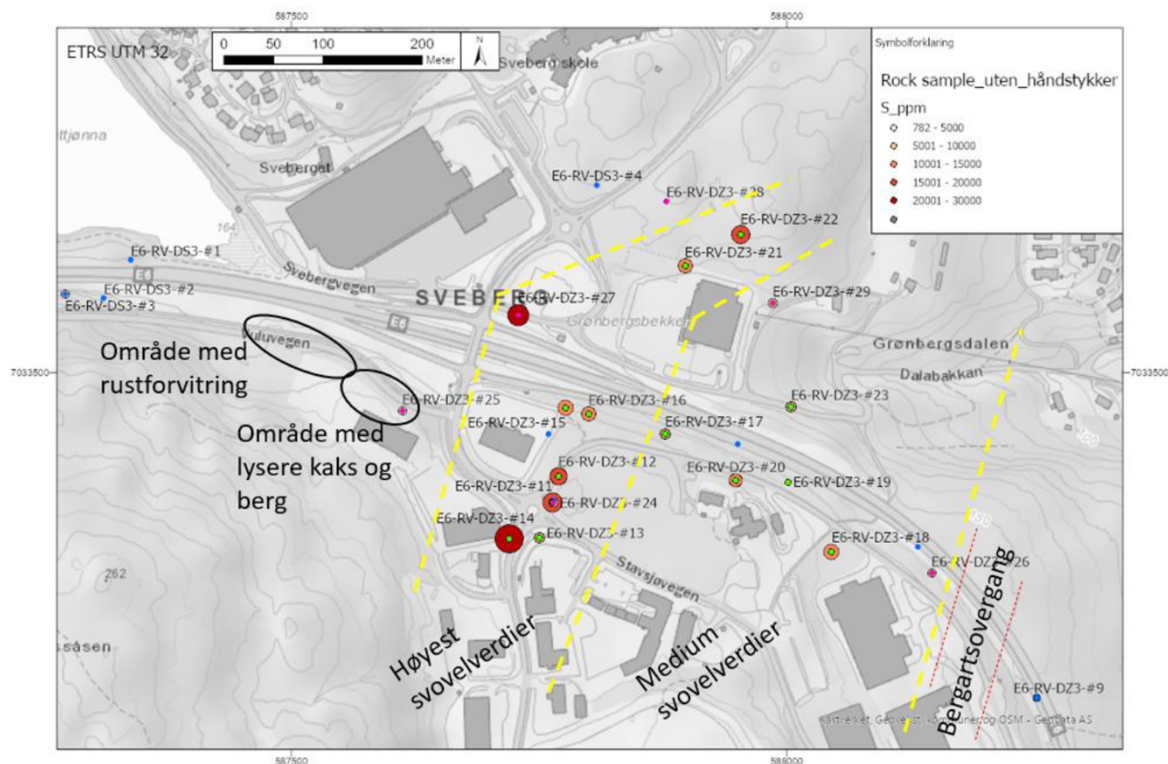
Supplerende prøvetaking ble utført av Rambøll den 30. september og 27. oktober 2021 (**Rambøll , 2021**). Det ble brukt håndholdt slagdrill til å ta ut borkaks, og prøvene ble delt inn i bulkprøver (11–23), hvor flere borhull ble slått sammen til én prøve, og trippelprøver (24–29), hvor tre separate borhull ble analysert hver for seg. Alle prøvene ble analysert med røntgenfluorescens (XRF), som gir grunnstoffanalyser med høy nøyaktighet. Materialet ble først knust og siktet til en kornstørrelse under 250 µm for å få mest mulig pålitelige analyseresultater. Figur 2 viser kart over området og plassering av prøvepunkt fra undersøkelser utført i 2020 og i 2021.



Figur 2. Kart som viser plassering av prøvepunktene. Punkter med blått viser prøver fra vinteren/våren 2020 (håndstykker), grønne (bulk prøver) og rosa prikker (triple prøver) viser supplerende prøvene som er tatt i oktober 2021.

Resultatene viste en nord-sør-gående sone sentralt i Sveberg-området hvor flere prøver hadde forhøyet svovelinnhold, med enkelte målinger over 15.000 ppm -grensen for AP=50, som indikerer et potensielt surt miljø. Den mest fremtredende prøven var #27, der alle tre delprøver viste konsistent høye svovelverdier mellom 16.000 og 28.000 ppm. Dette antydnet at grunnmassen kan ha et gjennomgående høyt innhold av sulfider, i motsetning til andre prøver hvor enkeltmålinger med høy svovelverdi trolig skyldtes treff på større sulfidkorn. Videre kartlegging viste at området øst og vest for den sentrale sonen hadde lavere eller ubetydelige svovelinnhold. Vest for høykonsentrasjonsområdet ble det observert noe rustforvitring, men uten forhøyede svovelverdier i analysene. I øst ble det registrert enkelte mellomliggende prøver med noe høyere verdier, men fortsatt under 15.000 ppm.

Figur 3 viser resultater fra tidligere undersøkelser av syredannende bergarter i det aktuelle området. Høye svovolverdier ble påvist i en nord-sør-gående sone sentralt på Sveberg.



Figur 3. Oversiktskart som viser innhold av svovel (S) i ppm. Punkter med blått viser prøver fra vinteren/våren 2020 (håndstykker), grønne (bulk prøver) og rosa prikker (triple prøver) viser supplerende prøvene som er tatt i oktober 2021. Dokument E6RV-DJV-EV-MEM-DZ03-0007 (Rambøll, 2021)

3. UNDERSØKELSER 2025

3.1 METODE

For hver prøve ble det tatt borestøvprøver fra minimum tre borehull fordelt utover et mindre område i bergmassen. Prøvene ble analysert samlet for å gi et representativt bilde av elementinnholdet i bergmassen. Det ble benyttet håndholdt slagdrill med bor på ca. 10/16 mm og 10/20 cm lengde. For å unngå kontaminering fra vegstøv og forvitret berg, ble de ytterste millimeterne av overflaten ved hvert borepunkt fjernet før prøvetaking. Borestøv fra hvert punkt ble samlet i separate prøveposser, som ble sendt til Rambøll Oslo for XRF-analyse.

Røntgenfluorescens (XRF= X-ray fluorescence) er en analysemetode som brukes for å bestemme konsentrasjoner av ulike grunnstoff i et materiale. XRF-apparatet som er anvendt i dette prosjektet er en Thermo Scientific Niton XL3t. Apparatet er satt til å analysere for følgende elementer: Ag, Al, As, Au, Ba, Bi, Ca, Cd, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Rb, S, Sb, Se, Si, Sn, Sr, Th, Ti, U, V, W, Zn og Zr.

Prøven ble plassert i et stativ med kammer. Analyseprogrammet «mining: Cu/Zn» ble benyttet og prøven ble analysert i 180 sekunder for best mulig nøyaktighet.

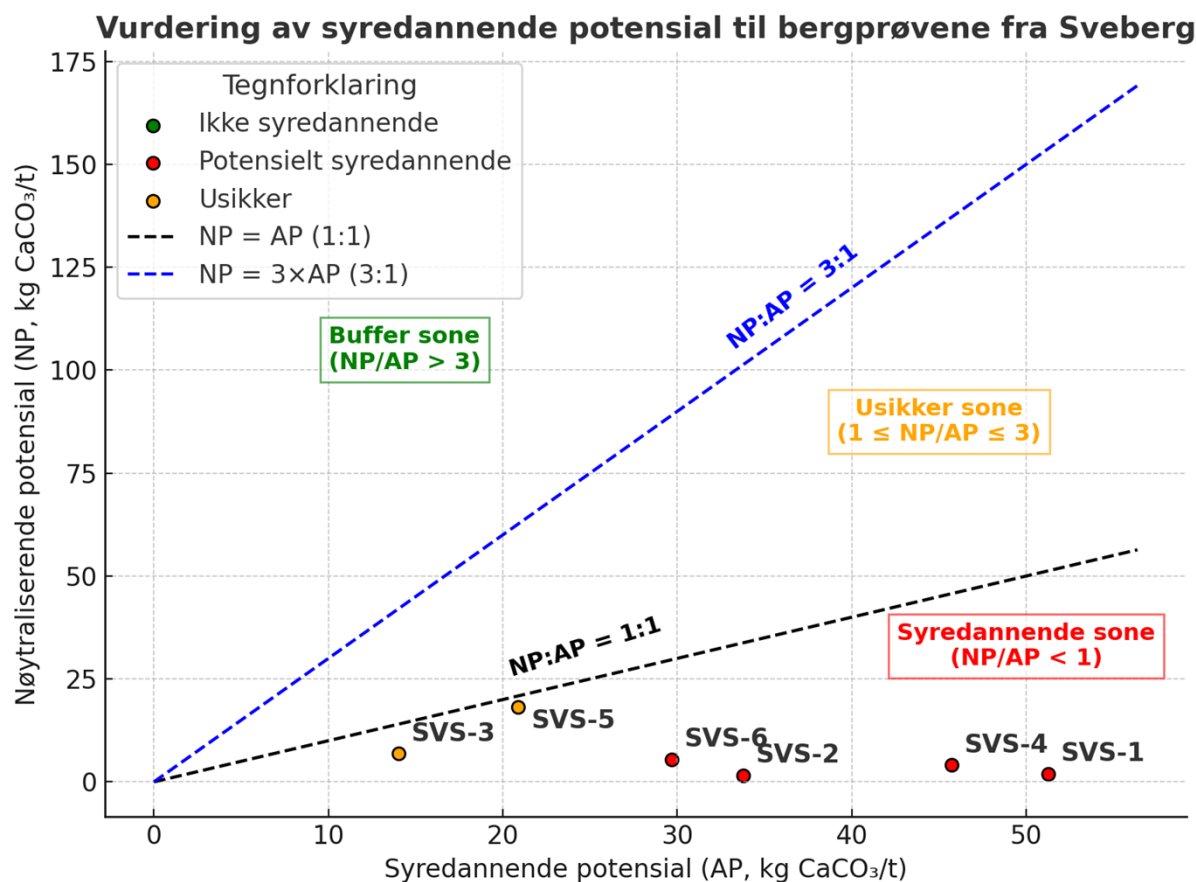
3.2 SVEBERG

En supplerende undersøkelse ble gjennomført våren 2025 for å avgrense sonen med høye svovelverdier. Formålet med undersøkelsen var å få en bedre innsikt i utbredelsen og fordelingen av svovelrike partier i bergmassen, samt å vurdere om de forhøyede verdiene skyldes enkeltstående sulfidkorn eller om et mer jevnt fordelt svovelinnhold i grunnmassen. Det ble totalt tatt seks prøver i områder der bergsprengning og masseuttak er planlagt. Figur 4 viser plassering av de seks prøvepunktene.



Figur 4. Oversiktskart som viser plassering av prøvepunktene for prøver tatt i 2025 i området rundt Sveberg.

Bergarter i det aktuelle området består i hovedsak av grønnstein med innslag av leirskifer og fyllitt og rustforvitring på overflaten observeres i hele området.



Figur 5. Vurdering av syredannede potensial til bergprøvene fra Sveberg.

Diagrammet i Figur 5 viser forholdet mellom syredannende potensial (AP) og nøytraliserende potensial (NP) for seks bergprøver (SVS-1 til SVS-6) fra Sveberg-området, målt i kg CaCO₃ per tonn. Formålet med fremstillingen er å vurdere risikoen for syredannelse ved deponering eller håndtering av bergmasser, basert på kjemisk sammensetning. Verdiene for AP er beregnet ut fra svovelinnholdet i prøvene, mens NP er estimert ut fra innholdet av kalsium og magnesium, som representerer de viktigste naturlige bufferkomponentene i bergmaterialet.

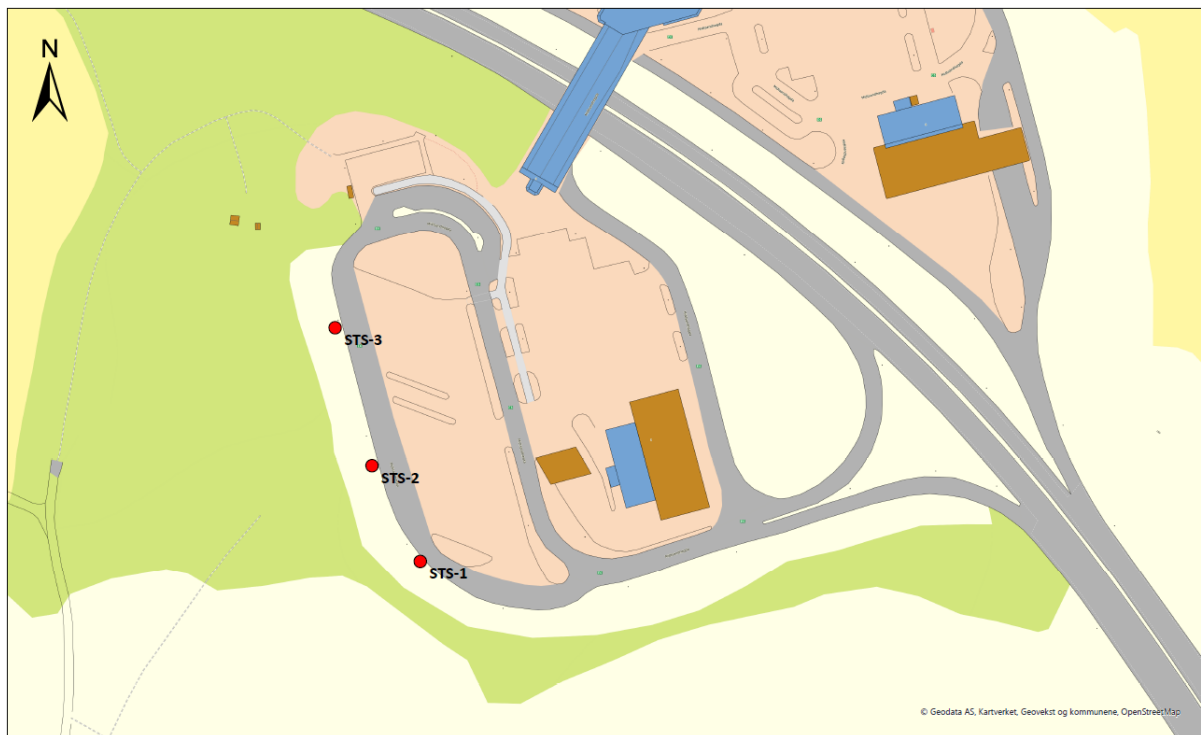
Bergprøvene er klassifisert i henhold til forholdet mellom NP og AP, hvor NP/AP < 1 indikerer at prøven har utilstrekkelig nøytraliserende kapasitet og dermed et potensial for å produsere sur avrenning. Prøver med NP/AP mellom 1 og 3 betegnes som usikre, mens prøver med NP/AP > 3 anses å ha tilstrekkelig bufferkapasitet og klassifiseres som ikke-syredannende. Klassifiseringen visualiseres i diagrammet med en svart stiplet linje som representerer NP = AP (1:1-forhold) og en blå stiplet linje som markerer NP = 3×AP (3:1-forhold). Disse linjene skiller de ulike risikosonene: syredannende sone (NP/AP < 1), usikker sone (1 ≤ NP/AP ≤ 3), og buffer sone (NP/AP > 3).

Av de seks prøvene faller fire (SVS-1, SVS-2, SVS-4 og SVS-6) i den syredannende kategorien, da deres nøytraliserende potensial er lavere enn det syredannende potensialet. To prøver (SVS-3 og SVS-5) havner i usikker sone, med NP/AP-forhold nær 1,5, noe som antyder en begrenset bufferkapasitet. Ingen av prøvene viser et NP/AP-forhold over 3, og det ble derfor ikke identifisert noen bergprøver med klar nøytraliserende effekt.

Resultatene antyder at hoveddelen av bergmassene fra det undersøkte området har et visst potensial for syredannelse, og at dette må tas hensyn til ved videre planlegging og gjenbruk av overskuddsmasser.

3.3 STAV

Det ble tatt totalt tre prøver i Stav-området. Figur 6 viser plassering av prøvepunktene.



Figur 6. Oversiktskart som viser plassering av prøvepunktene på Stav.

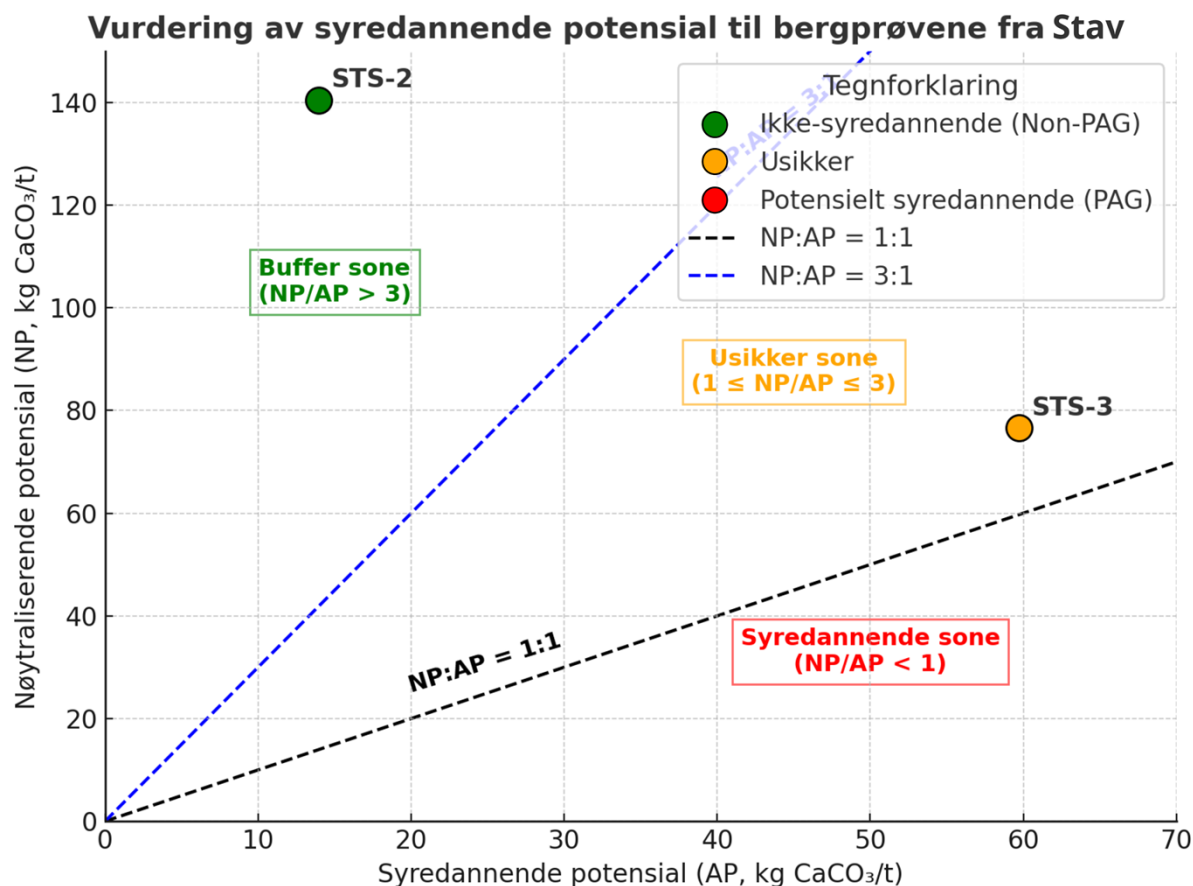
Diagrammet i Figur 7 viser den relative balansen mellom syredannende potensial (AP) og nøytraliserende potensial (NP) for bergprøvene STS-2 og STS-3. Begge parameterne er uttrykt som ekvivalente mengder kalsiumkarbonat (kg CaCO_3 per tonn bergmasse), og utgjør et grunnlag for å vurdere risiko for syredannelse ved deponering eller eksponering av knust bergmateriale.

STS-2 viser lavt syredannende potensial og høyt nøytraliserende potensial, noe som plasserer prøven godt over grensen $\text{NP} = 3 \times \text{AP}$. Dette indikerer at prøven har bufferkapasitet og vurderes som ikke-syredannende.

STS-3 har derimot et vesentlig høyere syredannende potensial, mens det nøytraliserende potensialet er moderat. Prøven faller i det såkalte usikkerhetsområdet, hvor forholdet NP/AP ligger mellom 1 og 3. Dette tyder på at massen har en viss nøytraliserende evne, men at den ikke nødvendigvis er tilstrekkelig til å forhindre syredannelse under langtidseksponering. Prøven er derfor markert oransje, og dens plassering i den usikre sonen reflekterer behovet for ytterligere vurdering eller tiltak ved eventuell bruk eller deponering.

Prøven STS-1 er ikke vist i plottet ettersom NP til prøven STS-1 tilsvarer 570,05 og prøven har gode bufrende egenskaper og er vurdert som ikke-syredannende.

Referanselinjene i diagrammet, $\text{NP} = \text{AP}$ og $\text{NP} = 3 \times \text{AP}$, markerer henholdsvis minimumsgrense for balanse og trygg buffer. Samlet viser diagrammet at STS-2 er miljømessig trygg med hensyn til syredannelse, mens STS-3 krever nærmere vurdering før videre bruk. Prøven STS-3 vil også re-analyseres ettersom den viser relativt høyt innhold av svovel, noe som tyder på innhold av sulfider i prøven. Det ble ikke observert sulfid-mineraler i prøven og i bergartene i Stav-området generelt og prøven bør derfor re-analyseres.



Figur 7. Vurdering av syredannende potensial til bergprøvene fra Stav.

4. KONKLUSJON

Undersøkelsene i Sveberg- og Stav-områdene viser at det finnes bergarter med potensial for å danne sur avrenning (ARD), særlig knyttet til forekomst av sulfidmineraler og høyt svovelinnhold i enkelte prøver. Resultatene fra kjemiske analyser og beregninger av syredannende potensial (AP) og nøytraliserende potensial (NP) har muliggjort en tydelig klassifisering av prøvene i henhold til Miljødirektoratets retningslinjer.

I **Sveberg-området** ble det identifisert en tydelig nord-sør-gående sone med forhøyede svovelverdier. Fire av seks prøver (SVS-1, SVS-2, SVS-4 og SVS-6) ble klassifisert som potensielt syredannende ($NP/AP < 1$). De to øvrige prøvene (SVS-3 og SVS-5) ble klassifisert som usikre ($1 \leq NP/AP \leq 3$), og ingen av prøvene oppfylte kriteriene for «ikke-syredannende». Funnene tyder på at bergmassene i Sveberg generelt har begrenset bufferkapasitet og bør håndteres med forsiktighet, særlig ved eksponering for luft og vann i forbindelse med sprenging og deponering.

I **Stav-området** ble tre prøver analysert. Prøve STS-2 hadde høyt nøytraliserende potensial og ble klassifisert som ikke-syredannende ($NP/AP > 3$). STS-3 ble vurdert som usikker, med moderat bufferkapasitet, mens STS-1 – som ikke er inkludert i plottene på grunn av et svært høyt NP – ble også vurdert som trygt ikke-syredannende. Det ble imidlertid ikke observert synlige sulfider i prøven STS-3, og prøven skal re-analyseres for å utelukke mulige tekniske feil.

På bakgrunn av resultatene anbefales det at bergmasser fra Sveberg behandles som potensielt syredannende og at nødvendige tiltak iverksettes i tråd med Miljødirektoratets veiledere M310 (NGI, 2015) og M385 (NGI, 2015). For Stav-området er risikoen betydelig lavere, men prøver i usikker kategori bør vurderes nærmere før eventuell bruk eller deponering.

Før gjenbruk av bergmassene kan vurderes, må det utarbeides en plan for håndtering av eventuelle syredannende masser. Planen bør utarbeides når det foreligger oversikt over mengdene som skal sprenges og tas ut, slik at riktige tiltak kan tilpasses mengde, kvalitet og gjenbruksformål.

5. REFERANSER

- NGI. (2015). *M-310. Identifisering og karakterisering av syredannede bergarter. Veileder fra Miljødirektoratet.*
- NGI. (2015). *M-385. Deponering av syredannende bergarter. Grunnlag for veileder.*
- Rambøll . (2021). *Supplerende prøvetaking syredannende berg Sveberg.*

6. VEDLEGGSOVERSIKT

Vedlegg 1 – Analyseresultater bergprøver

VEDLEGG 1 - ANALYSERESULTATER

Reading No	627	628	629	630	631	632	633	634	635
Duration	180,56	180,07	180,85	180,33	180,86	180,68	180,91	180,62	181,06
Units	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
SAMPLE	SVS-1	SVS-2	SVS-3	SVS-4	SVS-5	SVS-6	STS-1	STS-2	STS-3
Ba	412,91	182,94	231,19	352,83	433,66	348,31	381,45	321,01	417,56
Bal	589680,1	603727,4	602314,4	556316,8	559433,2	586570,8	592448,8	591213,6	574832,3
Mo	4,36	7,16	10,59	0	2,39	4,71	0	0	12,43
Nb	14,2	13,43	12,76	15,35	14,09	13,76	12,63	17,03	17,36
Th	15,64	6,51	12,61	6,75	8,09	10,7	4,5	15	7,95
Zr	120,98	101,81	184,15	142,57	191,09	136,14	111	265,55	165,19
Sr	173,04	108,15	171,96	230,67	257,93	188,5	318,85	326,38	231,99
U	10,51	0	6,68	5,67	0	6,56	0	6,92	10,39
Rb	72,92	62,4	48,57	49,42	56,55	64,43	58,94	55,19	72,98
Bi	0	0	0	0	0	0	0	0	0
As	6,93	6,16	0	6,56	0	5,2	109,36	0	160,41
Se	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Au	0	0	0	9,28	0	0	0	0	0
Pb	21,78	16,96	11,48	15,34	21,84	0	0	8,79	22,52
W	0	560,2	48,06	347,04	0	97,03	0	0	0
Zn	87,11	81,21	21,69	122,72	52,81	97,68	37,14	119,27	90,66
Cu	50,92	0	79,68	30,79	0	20,91	0	17,32	63,14
Ni	0	0	0	0	0	0	109,17	0	51,93
Co	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fe	33246,39	35236,3	15910,71	41992,64	20090,26	30449,95	47010,61	34881	43317,74
Mn	289,12	144,92	221,32	356,36	850,87	141,7	914,65	495,26	176,57
Cr	128,78	130,81	41,94	92,11	86,58	106,13	240,79	68,19	163,19
V	131,88	155,71	97,67	162,5	140,14	178,72	153,45	76,57	210,54
Ti	2230,29	2700,06	1413,32	2647,33	2795,24	2923,87	2160,78	1929,7	3671,45
Ca	7883,63	6585,63	27520,33	16318,13	72950,83	7831,11	114010,5	22345,44	9201,85
K	33257,25	25491,02	22741,19	20843,12	26373,88	26946,03	26271,85	23373,61	32242,98
Al	55802,16	49719,24	46534,44	61454,95	62462,12	63684,93	50290,84	64616,29	69347,64
P	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cl	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	16400,58	10804,87	4481,67	14632,98	6685,2	9495,28	447,59	4463,2	19103,22
Mg	0	0	0	0	0	8301,22	0	6884,52	7325,91

