

Aurstad Tunnel AS

SKREDFAREVURDERING FOR REGULERINGSARBEID **GREIFSNESET MASSEUTTAK**

Det er utført ei skredfarevurdering i bratt terreng etter TEK17, samt dimensjonering av sikringstiltak ved Greifsneset masseuttak i Volda kommune.

Dato: 25.06.2021
Versjon: 03



Dokumentinformasjon

Oppdragsgjever:	Aurstad Tunnel AS
Tittel på rapport:	Skredfarevurdering for reguleringsarbeid på Greifsneset masseuttak
Oppdragsnamn:	Skredfarevurdering Greifsneset, Volda Rapport
Oppdragsnummer:	627152-01
Skriven av:	Tonje Mek Eidset
Oppdragsleiar:	Leif Egil Friestad
Tilgang:	Åpen

Kort samandrag

Det er gjennomført ein detaljert skredfarevurdering for eit planområde ved Greifsneset masseuttak, Volda kommune. Planområdet ligg innafor aktsemdkartet frå NVE for snøskred og steinsprang, samt NGI sitt kombinerte aktsemdkart for snøskred og steinsprang. Oppdragsgjiver ønskjer ein detaljert vurdering av faren for skred i bratt terreng i høve krava gitt i TEK17, tryggleik mot skred, samt dimensjonering av naudsynt sikringstiltak.

Plan- og bygningslova og TEK17 stiller krav til tryggleik mot skred for ulike typar tiltak. Vi har vurdert området opp mot krava i tryggleiksklasse S1, der årleg sannsyn for skred eller sekundæreffektar av skred ikkje skal overskride 1/100.

Fare for alle typar skred i bratt terreng er vurdert på bakgrunn av følgande arbeid:

- Terrengeanalyse
- Klimaanalyse
- Historiske opplysningar
- Synfaring
- Modellarbeid
- Erfaring/fagleg skjønn
- Tidlegare rapportar

Etter Asplan Viak AS sine vurderingar er det steinsprang som er den mest aktuelle skredtypen for det aktuelle området. Det er vurdert at store delar av området ikkje tilfredsstiller lovverket sitt krav til tryggleik mot skred i tryggleiksklasse S1. Faresone for steinsprang er teikna inn med omsyn på det terrenget som er i dag. Det er mogleg å oppnå tilstrekkeleg tryggleik for område tiltenkt utviding med å byggje sikringstiltak. Ein voll er det mest aktuelle sikringstiltaket for området.

For å sikre område mot steinsprang med årleg sannsyn 1/100 må følgande tiltak bli utarbeida:

- Sikringsvoll med høgd 4 m langs heile kanten av området.

04	25.06.21	Oppdatert faresonekart i høve planområdet	TME	LEF
03	14.06.21	Kap. 4 oppdatert med faresonekart (fig. 27)	TME	LEF
02	15.04.20	Revisjon av kap. 5	TME	AHP
01	03.02.20	Nytt dokument	TME	LEF
VERSJON	DATO	SKRILDRING	SKRIVEN AV	KS

Føreord

Asplan Viak har vore engasjert av Aurstad Tunnel AS for å gjennomføre ei skredfarevurdering i bratt terreng etter TEK17 for masseuttaket på Greifsneset i Volda kommune. Området ligg innanfor aktsemdsområder for steinsprang og snøskred.

Leif Egil Friestad og Tonje Mek Eidset har utført synfaring, modellering, vurderinger. Rapport er skriven av Tonje Mek Eidset. Leif Egil Friestad har stått for sidemannskontroll.

Leif Egil Friestad har vore oppdragsleiar for Asplan Viak.

Ørsta, 03.02.2020

Tonje Mek Eidset

Tonje Mek Eidset
Rapportansvarleg

Leif Egil Friestad

Leif Egil Friestad
Kvalitetssikrar

Innhald

1. INNLEIING	5
1.1. Kartgrunnlag og terrengmodell.....	6
1.2. Atterhald og avgrensinger.....	6
1.2.1. Krav til tryggleik mot skred for nybygg og tilbygg	6
1.2.2. Krav til tryggleik mot skred for veg og gang- og sykkelveg	6
1.2.3. Krav til tryggleik mot skred for Greifsneset masseuttak	7
1.3. Vurderte skredtypar	7
2. OMRÅDESKILDRING OG OBSERVASJONER I FELT	8
2.1. Synfaring	8
2.2. Topografi og vegetasjon	8
2.3. Vegetasjon	9
2.4. Hydrologi	9
2.5. Geologi	11
2.5.1. Berggrunn	11
2.5.2. Lausmasser	12
2.6. Klima	12
2.6.1. Normalar	13
2.7. Registrerte skredhendingar	14
2.8. Tidlegare skredfarevurderinger av området	14
2.9. Observasjonar i felt	14
3. VURDERING AV SKREDFAREN.....	15
3.1. Steinsprang	15
3.1.1. Steinsprangmodell (RocFall).....	16
3.1.2. Vurdering av fare for steinsprang mot planområdet	26
3.2. Steinskred	27
3.3. Snøskred.....	27
3.4. Sørpeskred	28
3.5. Lausmasseskred	29
4. FARESONEKART OG FORSLAG TIL TILTAK.....	30
5. PLASSERING OG DIMENSJONERING AV SIKRINGSTILTAK FOR REGULERING AV MASSEUTTAKET	31
6. KONKLUSJON	34
KJELDER	35
7. VEDLEGG.....	1

1. INNLEIING

Asplan Viak har vore engasjert av Aurstad Tunnel AS for å gjere ei vurdering av fare for skred i bratt terreng for området til masseuttaket ved Greifsneset, Volda kommune. Området har blitt vurdert i høve krava gitt i TEK17, i tryggleiksklasse S1. Rapporten er utarbeidd med utgangspunkt i anbefalingane til NVE sin rettleiar 8-2014.

For oversikt over det vurderte området, sjå Figur 1.



Figur 1: Oversikt over det vurderte området [10]

1.1. Kartgrunnlag og terregmodell

Kartgrunnlaget er laserdata med 5 punkt per kvadratmeter fra 2017 (NDH Volda-Ørsta 5pkt 2017) som er lasta ned fra hoydedata.no [6]. Terregodata er studert i ArcGIS 10.6 og det er laga terregmodell og skyggerelieffkart. Terregmodellen er vidare nytta til å lage tverrprofil til simuleringsprogrammet Rocfall av Rocscience.Inc.

1.2. Atterhald og avgrensingar

Vurderingane er basert på terreg og vegetasjon som blei observert under synfaringa, flyfoto og terregmodell. Betydelege endringar i terreg og vegetasjon kan ha innverknad på skredfara i området. Ved slike høve bør vurderingane utførast på nytt.

Figur 1 viser omrisset over området som skal vurderast.Krav til tryggleik mot skred

1.2.1. Krav til tryggleik mot skred for nybygg og tilbygg

Plan- og bygningslova § 28-1 stiller krav om tilstrekkeleg tryggleik mot naturfare for nybygg og tilbygg:

Grunn kan bare bebygges, eller eiendom opprettes eller endres, dersom det er tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe som følge av natur- eller miljøforhold. Det samme gjelder for grunn som utsettes for fare eller vesentlig ulempe som følge av tiltak.

Byggeteknisk forskrift TEK17 § 7-3 definerer krav til tryggleik mot skred for nybygg og tilhøyrande uteareal (Tabell 1). I rettleiaren til TEK17 vert det gjeve retningsgivande døme på byggverk som kjem inn under dei ulike tryggleiksklassane for skred.

Tabell 1. Tryggleiksklassar ved plassering av byggverk i skredfareområde.

Tryggleiksklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlege sannsyn
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Tryggleiksklasse S1 omfattar til dømes byggverk der det normalt ikkje oppheld seg personar og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvensar. Byggverk som kan inngå i denne tryggleiksklassen er garasjar, uthus, båtnaust og moloar.

1.2.2. Krav til tryggleik mot skred for veg og gang- og sykkelveg

Krava for tryggleik mot skred for veg skil seg noko frå krava for nybygg. Akseptkriteria er gitt i SVV si Handbok N200 Vegbygging (2018), Figur 3. Det er ikkje skildra krav spesifikt for gang- og sykkelveg i N200, men ofte vert same krav som for veg nytta. I likskap med TEK17 så skal alle typar skred vurderast. Ut frå SVV si trafikkmengdeoversikt på vegevesen.no/vegkart viser nærmeste veg en årsdøgntrafikk (ÅDT) på 20. Dette gir ut frå Figur 3 en minste akseptable sannsyn for skred på 1/10 per einingsstrekning på 1 km.

Dimensjonerende trafikkmengde	< 200	200 – 499	500 – 1499	1500 – 3999	4000 – 7999	> 8000
Skred- sannsynlighet						
Akseptabel skredsannsynlighet pr. km og år (bør-krav)	1/10	1/20	1/50	1/50	1/100	1/1000
Tolererbar skredsannsynlighet pr. km og år (skal-krav)	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100

Figur 2: Tryggleikskrav for skredsannsyn på veg

1.2.3. Krav til tryggleik mot skred for Greifsneset masseuttak

Det finnast ikkje eigne krav til tryggleik mot skred for masseuttak. TEK17 nyttast som utgangspunkt, med stadspesifikke vurderingar.

Etter det vi har fått opplyst vil det ikkje vere kontorbrakke eller mannskapsbrakke inne på området med permanent personopphold. Personar som driv med knusing, sprenging, massetransport osv. vil opphalde seg i området i kortare tidsrom, generelt mindre enn 5 personar i talet.

Generelt vil mindre enn 5 lastebilar og anleggsmaskiner opphalde seg i området i driftsperiodane. Knusing og sortering vil skje innanfor planområdet. Utstyret som nyttast er mobilt og flyttbart.

Verdien ein får for akseptabelt skredsannsyn ved bruk av N200 (sjå Figur 2) gjeld strekningar der trafikken normalt flyt. I følgje N200, skal TEK17 gjelde for områder der det leggast til rette for stans. Verken krava i TEK17 eller N200 er optimale for bruk i prosjektet, men krava i TEK17 bør nyttast som utgangspunkt då det må leggast til rette for stans og midlertidig personopphold i planområdet.

Asplan Viak si vurdering er at største nominelle årlege sannsyn for skred bør settast til 1/100 i perioden det skal vere anleggsområde og masseuttak. Når masseuttaket er ferdigstilt og det skal tilbakeførast til jordbruksjord, er det ikkje naudsynt å ta omsyn til skred på grunn av at det ikkje skal vere jamnleg midlertidig personopphold. Det skal berre vere midlertidig opphold for drift av jordbruk.

Gamlevegen mellom Volda og Hjartåbygda som går forbi planområdet vert ikkje vurdert, grunna dette er ei lengre strekning der heile strekninga bør vurderast under eitt.

Vurderingar og rapport har blitt utført etter gjeldande retningslinjer og standardar gitt av NVE (2014). Den endelege vurderinga av skredfare er samla nominelt årleg sannsyn for skred, som kan samanliknast direkte med krava i Tabell 1.

1.3. Vurderte skredtypar

I TEK17 er det spesifisert at samla sannsyn for alle skredtypar skal leggast til grunn for vurderinga av årleg sannsyn. Følgande skredtypar har blitt vurdert:

- Skred i fast fjell
- Steinsprang
- Skred i lausmassar
- Snøskred, inkludert sørpeskred

2. OMrådeskildring og observasjoner i felt

Reguleringsplanen ligg søraust for bustadane på Greifsneset, langs gamlevegen mellom Volda og Hjartåbygda. Området ligg i nedre delar av ei sørvestvendt fjellsida, under Nonstuva (530 moh).



Figur 3: Oversikt over topografin i området. Området der masseuttaket er lokalisert er innramma i ei raud ellipse.

2.1. Synfaring

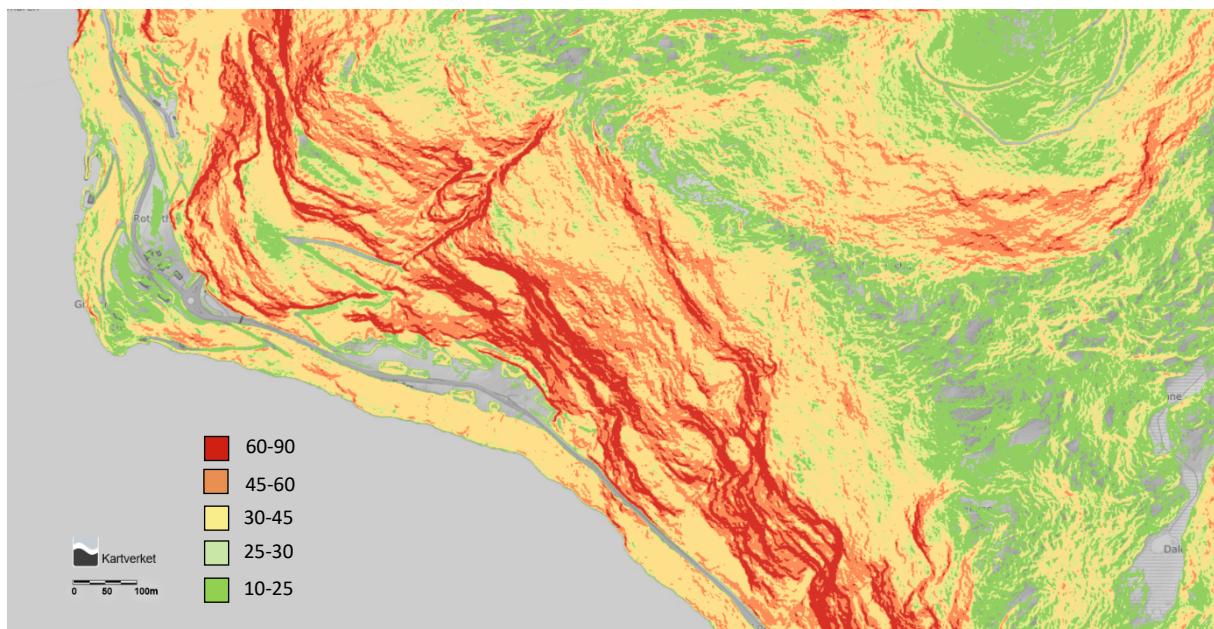
Leif Egil Friestad og Tonje Mek Eidset var på synfaring i området 06. januar 2020. Bilete og vurderingar for synfaringa er presentert i etterfølgande avsnitt.

2.2. Topografi og vegetasjon

Topografin i området er prega av bratte fjellsider, typisk for regionen. Reguleringsplanen ligg i nedre delar av ei sørvest vendt fjellsida under toppen av Nonstuva (530 moh). Nonstuva utgjer delar av ein nordvest-søraust vendt rygg som strekk seg frå Rosethornet (649 moh), via Nonstuva og Heidane (648 moh), til Hornet (693 moh).

Sjølve reguleringsplanen strekk seg frå ca. 40 til om lag 200 moh. I nedre delar av området for reguleringsplanen er terrenget planert til ei helling på 0-20° kring gamlevegen. Over vegnivå er det betydeleg brattare, der størstedelen av terrenget har helling > 45°. Heile skrånninga opp mot fjellryggen, Nonstuva, er bratt nok til at skred potensielt kan løysast ut.

For detaljar om terrenghellinga i det vurderte området, sjå Figur 4.



Figur 4: Terrenghellingskart over det vurderte området [6]

2.3. Vegetasjon

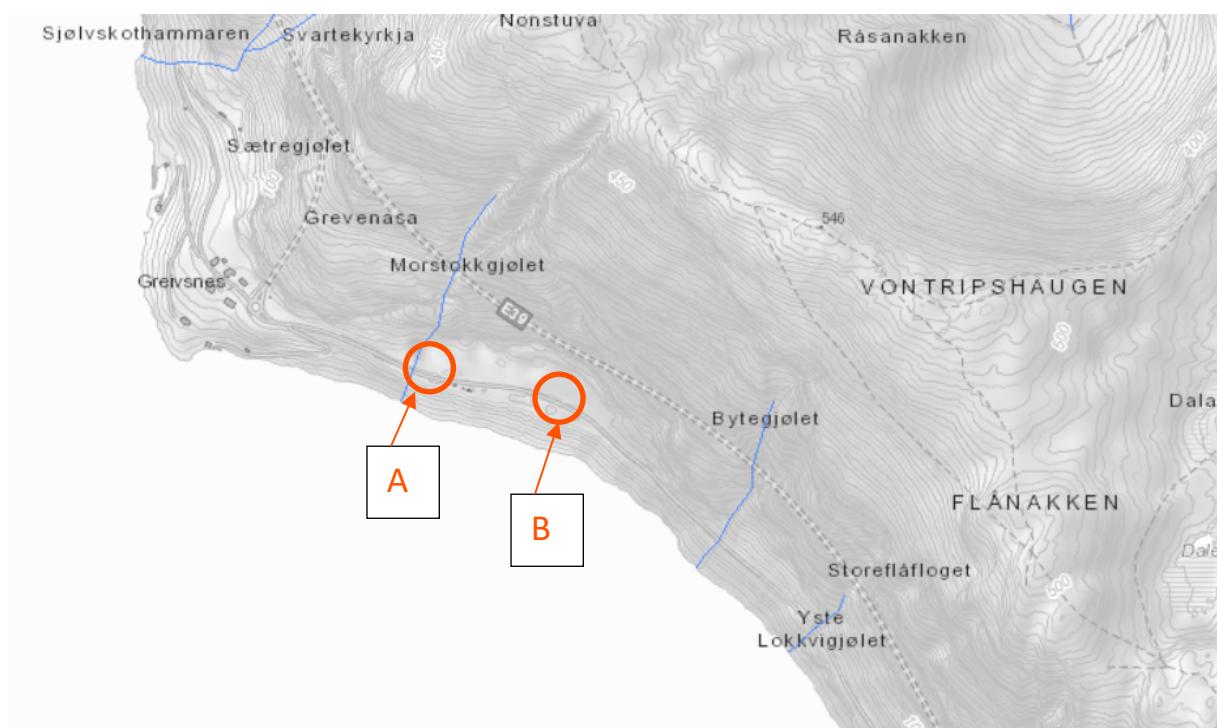
I fjellskråninga er det delvis tre. I slakare parti og hyller det er vegetasjon i form av blanda skog, lyng og mose. I bratte parti er det ikkje tre.



Figur 5: Eit oversiktsbilete over området gir eit bilet på vegetasjonsdekket i fjellsida

2.4. Hydrologi

Ved Morstokkgjølet renn ei elv ned i planområdet. Utover denne, vart det under synfaring observert at det også renn det ein bekke ned til planområdet lenger sørvest. Figur 6 syner eit kart med lokalitetane der det vart observert vatn teikna inn med omtrentleg plassering. Figur 7 syner bilete av rennande vatn i fjellskråninga observert under synfaringa.



Figur 6: Kart over dreneringssituasjonen ned mot planområdet. Elvenett i området er markert med blå linjer. Raude sirkler markerar omtrentleg plassering av observasjonar av rennande vatn i fjellskråninga.

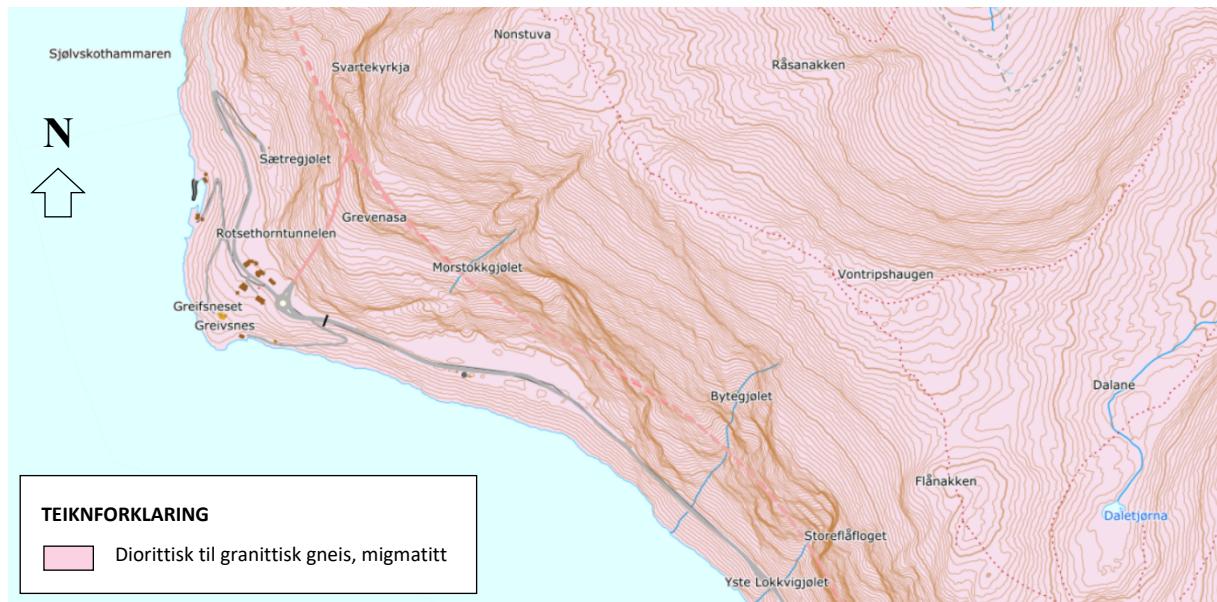


Figur 7: Observasjonar av rennande vatn i fjellskråninga under synfaring.

2.5. Geologi

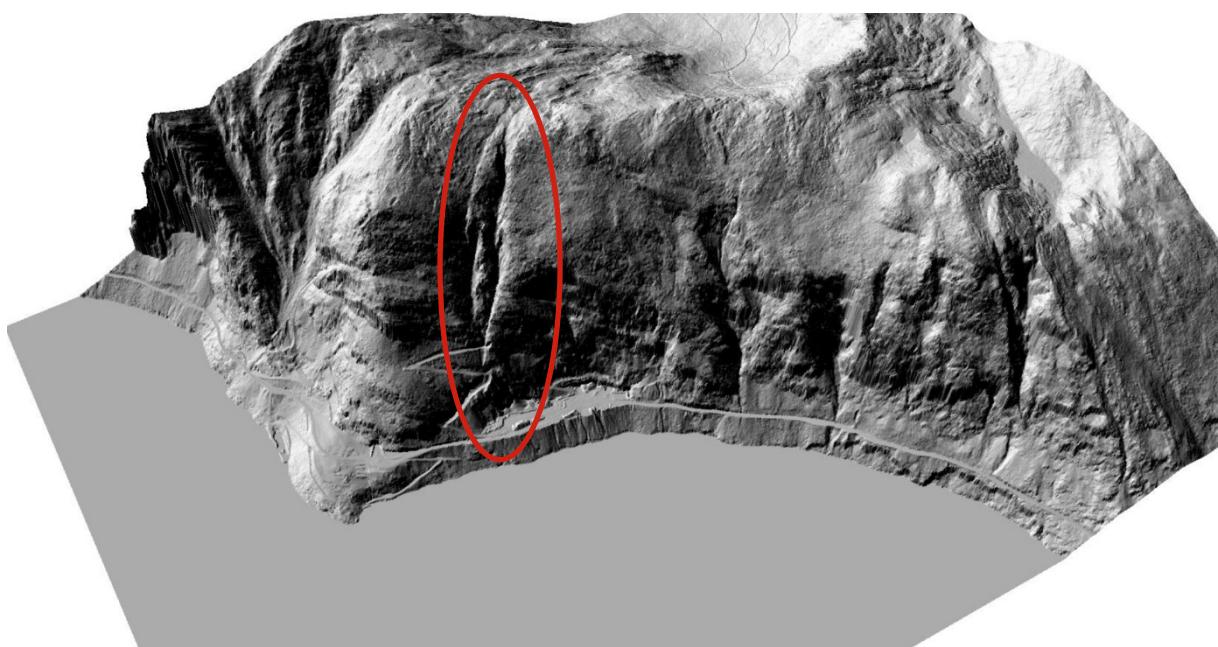
2.5.1. Berggrunn

Ifølge bergrunnskartet til NGU består berggrunnen av diorittisk til granittisk gneis/ migmatitt i det vurderte området [7]. Diorittisk til granittisk gneis har ei samansetting der hovudkomponentane er felsiske mineral som kvarts og feltspat. Dette er generelt ein høvesvis hard og sterk bergart, med låg porøsitet og primær permeabilitet.



Figur 8: Oversikt over berggrunnen i området [7]

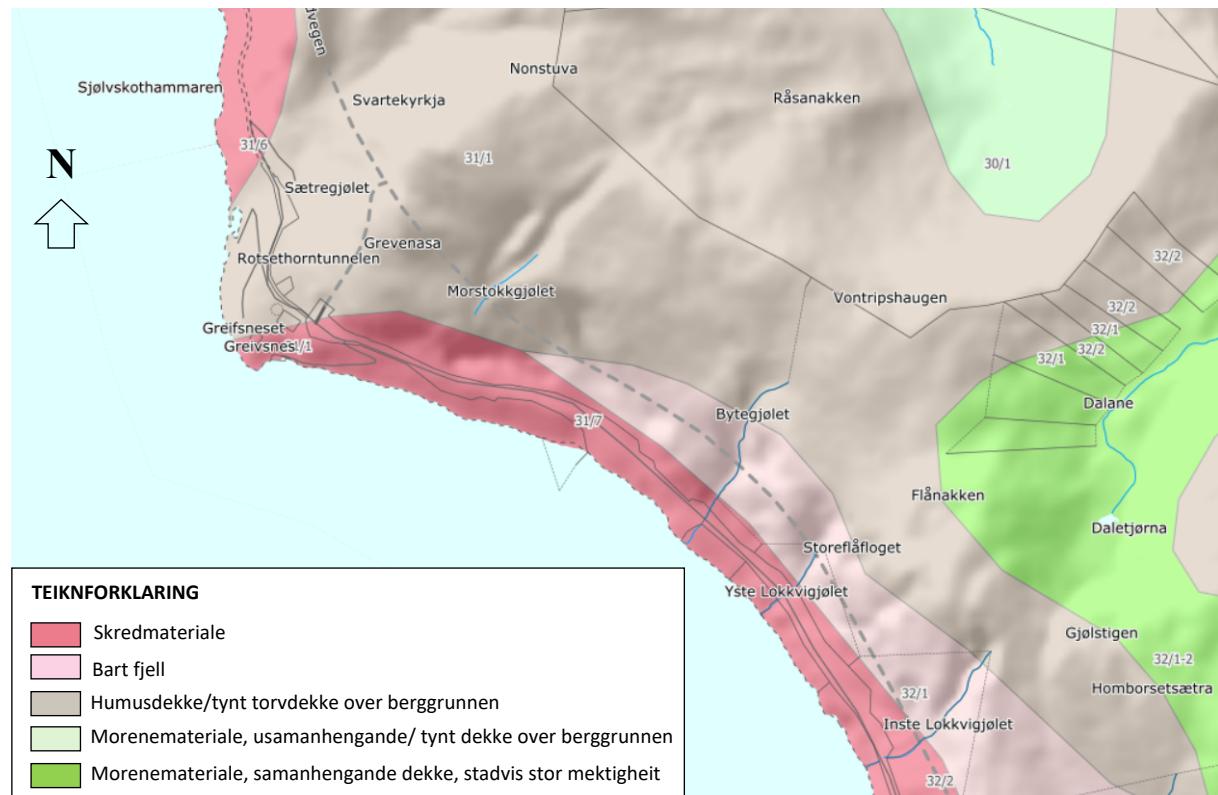
Dalar og søkk i terrenget følger ofte områder med svakare berg. Dette er fordi topografien vert prega av styrken til bergmassen og også iserosjon. Granittisk gneis er ein hard bergart som har stor erosjonsmotstand. Nedsenkingar i området kan dermed indikere svakheitsoner sine utløp i dagen. Ved hjelp av interpolering ved bruk av helling og orientering, kan estimering av ei svakheitssone si forplanting i berggrunnen utførast. Dette er ikkje gjort i samband med denne rapporten.



Figur 9: Skjermbilete av terrengmodell konstruert i ArcGIS. Særleg markert i området er to steile og parallele strukturar i nordvestre delar av planområdet. Ei raud ellipse rammar inn aktuelt område [6]

2.5.2. Lausmasser

Ifølge lausmassekartet til NGU er det bart fjell i dei steilaste delane av det vurderte området [8]. I nedre delar av planområdet angir lausmassekartet eit samanhengande dekke av skredmateriale.



Figur 10: Oversikt over lausmassefordelinga i området [8]

2.6. Klima

Klimadata og statistikk er henta frå Metereologisk institutt si vær- og klimadatabase eKlima [9]. Data er henta frå representative målestasjonar i området.

Til vurderingar av nedbør og temperatur på bakgrunn av normalperioden 1961-1990, har vi brukt stasjonen Ekset i Volda (58 moh). Målestasjonen på Ekset var i drift i perioden 1959-2008, med plassering omlag 6 km nordvest for det vurderte området.

Måleseriar for nedbør, temperatur og vind frå 2014 er tilgjengeleg for målestasjonen Ørsta-Eitrefjell (600 moh). Vinndata frå stasjonen Ørsta-Eitrefjell er brukt til å dokumentere vind og vindretningar i området.

Vindrose, frekvensfordeling av vind

Vindretning delt inn i sektorar på 30°

Frekvensfordeling av vindfart i prosent %

Vindfart (m/s)

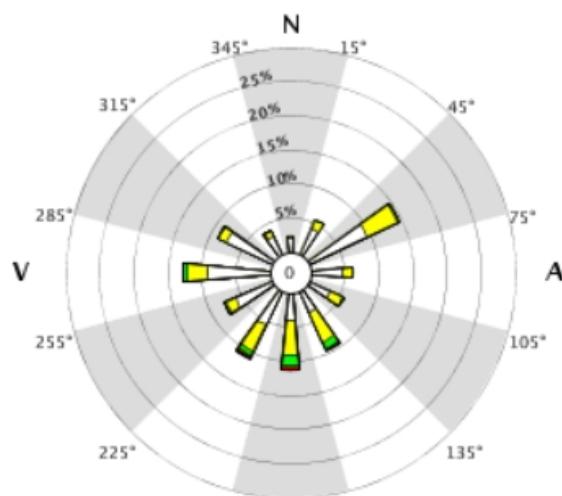
- >20.2
- 15.2-20.2
- 10.2-15.1
- 5.1-10.1
- 0.1-5

Stille (%)



Meteorologisk
institutt

59695 ØRSTA - EITREFJELL



År: 2014 - 2019

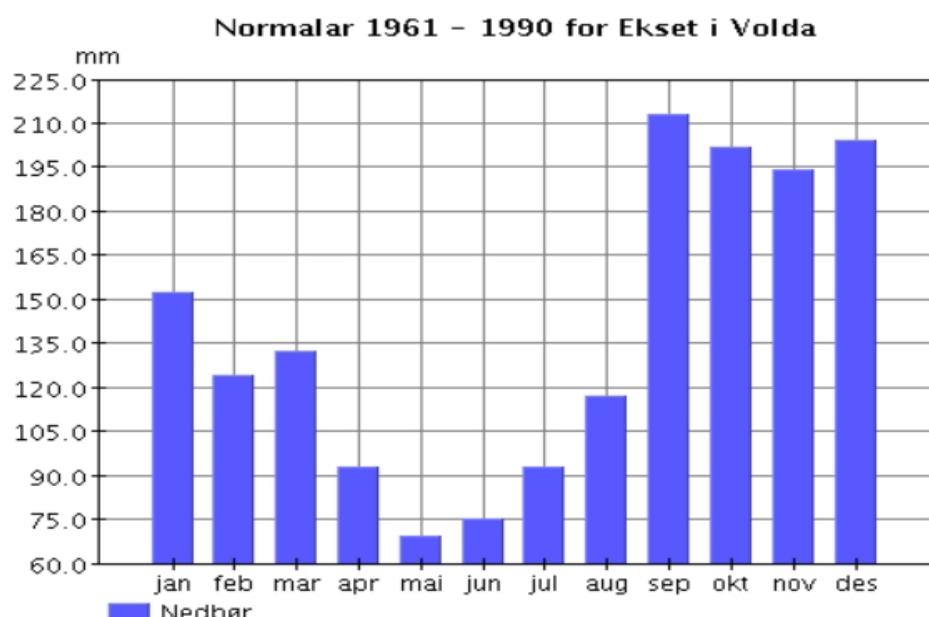
jan, feb, mar, apr, mai, jun, jul, aug, sep, okt, nov, des

Tidspunkt: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

Då det ikkje er direkte nedbørsutløysande skredtypar, som snøskred og flom- og jordskred, som blir vurdert til å utgjere den største faren for planområdet har vi ikkje samla inn statistikk på ekstremnedbør.

2.6.1. Normalar

Figur 11 viser månadsnormalar for normalperioden 1961-1990 for stasjonen Ekset i Volda. Klimaet i området er maritimt med milde vintrar. Mesteparten av nedbøren kjem om hausten og tidleg vinter, ei nedbørsfordeling som er vanleg for kyststrøka i Noreg. Middel årsnedbør for stasjonen Ekset i Volda er 1668 mm. Nedbørsførande vindretning ved stasjonen Ørsta-Eitrefjell er nordaustleg, vestleg og sørleg.



Figur 11: Månadsnormal for nedbør i området. [9]

2.7. Registrerte skredhendingar

Det er ingen registrert tidlegare skredhendingar i planområdet. Næraste registrerte skredhending er eit steinsprang frå 1993, lokalisiert meir enn 800 meter i luftlinje frå planområdet.

Observasjonar under synfaring og lausmassekartet til NGU [8] viser skredavsettingar knytt til steinsprang/steinskred i planområdet. Særleg på nedsida av vegen observerast det mykje skredmateriale. Basert på flyfoto og eigne observasjonar, verkar det som vegen i planområdet går gjennom urmasser.

2.8. Tidlegare skredfarevurderingar av området

Asplan Viak kjenner ikkje til at det tidlegare er utført skredfarevurdering i området. Området vart ikkje vurdert i NGI si faresonekartlegging i bratt terrenget for Volda kommune (2019) [16].

2.9. Observasjonar i felt

Som skildra i kap. 2.2, har terrenget i fjellsida terrassar med slakare terrenget (hyller). Elles er fjellskråninga i hovudsak steil. Fleire moglege lausneområder for steinsprang vart observert, i tillegg til «sår» etter nylege hendingar.



Figur 12: Observasjonar i felt

3. VURDERING AV SKREDFAREN

Skredfaren er vurdert ut frå synfaring, aktsemdkart, nedslagsfelt for nedbør, klima, lausmasseforhold, terrenghelling, terrengformasjoner, modellarbeid og fagleg skjønn. For steinsprang er køyrt modellar for eit bestemt antal blokkutfall, der ein har sett på utløpslengde, energi og sprethøgde. Relevante modellar for vurdering av skredfare og sikringsomfang er lagt inn i rapporten som figurar.

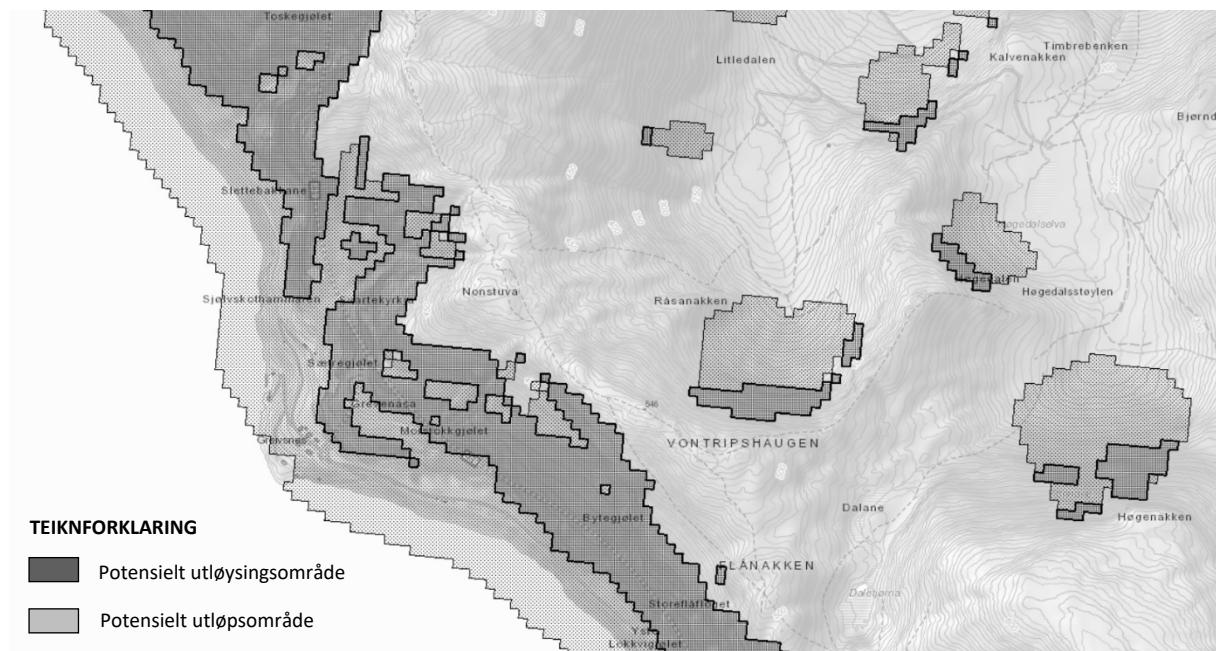
Planområdet ligg innanfor aktsemdskart for steinsprang og snøskred [11].

3.1. Steinsprang

Omgrepet steinsprang vert nytta når ei eller fleire steinblokker lausnar, sprett, rullar eller sklir nedover ei skråning. Steinsprang blir generelt utløyst i terrenget som er brattare enn 45° , og i terrenget slakare enn 23° vil steinsprangblokker generelt byrje å bremse opp. Utløysande årsaker kan vere store nedbørsmengder, fryse/tine-prosessar eller rotsprenging. Avgjerande grunnforhold for lausneområder er bergartstype, oppsprekkingsgrad, oppsprekkingsmønster, sprekkefyll, tilgang til vatn og røter.

Aktsemdskartet frå NVE viser at det er potensiale for steinsprang inn i planområdet frå fjellsida. Ein grov digital terrenghmodell (10mx10m) vert nytta som grunnlag for aktsemdkarta for steinsprang, utan feltregistreringar [17, 18]. Kartet viser områder med potensiell skredfare, men tek ikkje omsyn til lokale faktorar som kan påverke utløsing og utløp. Lokale faktorar inkluderer klima, vegetasjon, avrenning, vegetasjon og terrenget. Kartet er eit hjelpemiddel for ei vidare vurdering av skredfare, men seier ikkje noko om sannsyn for steinsprang aleine [17, 18].

Sjå Figur 13 for fleire detaljar om potensielle utløysing- og utløpsområder i planområdet.



Figur 13: Aktsemdskartet til NVE viser at det er potensiale for utløp av steinsprang inn i planområdet. Mørk grå farge markerar potensielle utløsningsområder for steinsprang ($>45^\circ$), medan lys grå farge markerar terrenget i utløpsområdet til potensielle steinsprang.

Store potensielle utløsningsområder for steinsprang med omsyn til helling, nylege «sår» i fjellskråninga etter nedfallshendingar (sjå Figur 14), samt dimensjonering av sikringstiltak gjer at Rocfall har blitt nytta som eit supplement til vurderinga av faren for steinsprang. Den dynamiske modelleringa blir særleg nytta for å sjå korleis skredmassar vil bevege seg langs fjellsida.

Resultat av skredmodellering blir nytta til å etterprøve og underbygge vurderingar av forventa skredutløp basert på andre kjelder som skredhistorikk, feltobservasjonar og skjønn. Meir om dette i kapittel 3.1.1.



Figur 14: Oversiktsbilete der lokalitet av nylege «sår» etter nedfall er synlege i fjellskråninga.

3.1.1. Steinsprangmodell (RocFall)

For å sjå nærmare på utløpslengder har vi som et supplement til vurderinga av steinsprang utført dynamiske simuleringar av steinsprang med datasimuleringsprogrammet RocFall (Rocscience.Inc). Rocfall er et todimensjonalt simuleringsprogram for steinsprang. Resultatet frå simuleringane er ei statistisk fordeling av sannsynlege skredbaner for eit spesifisert antal simuleringar. Blokkene sine mest trulege baner, energiar og utløpsdistansar vert rekna ut og presentert for heile skredbana.

Modellane i RocFall moglegjer val av spesifikke observasjonspunkt i skredbana for å vise blokkenergi og spranghøgde. Dette er nyttig for dimensjonering av sikringstiltak med tanke på plassering samt naudsynt høgde og kapasitet, meir om dette i avsnitt 5.1.1.1 og 5.1.1.2.

Generell framgangsmåte i RocFall er som følgande

- Fastsetting av eigenskapane til individuelle blokker, fjellsida sin geometri og dei materialeigenskapane den har.
- Det er simulert 1000 utløyste blokker per kjeldeområde. Det er nytta 3 kjeldeområder per profil.
- Det er ikkje teke høgde for skog, då vi ikkje ventar at den minimale skogen i skredbana vil ha noko å seie for bremsing av eventuelle store blokker.
- Terrenget over 45° med ein viss relief utgjer utgangspunkt for val av moglege utløysingsområde for steinsprang. Punkta er vald i toppen av særleg bratte parti.

3.1.1.1. Inngangsparameter for blokker

- Tettleik: 2700 kg/m^3
- Blokkform: kvadratisk og avrunda kvadratisk.
- Antal steinsprangblokker: Det vert sluppe 1000 blokker frå kvart utløysingspunkt. Det er tre utløysingspunkt for kvart profil. Totalt blir det derfor simulert 3000 steinsprang for kvart profil.
- Storlek på steinsprangblokker: Typiske verdiar som vi har brukt, er på $0,5 \text{ m}^3$ for 100 års hendingar og 1 m^3 for 1000 års hending. Dette valet er i lite grad avhengig av storleik og oppsprekkingsgrad vurdert for dei ulike kjeldeområda, heller typisk nytta verdiar. Dei lokale tilhøva i fjellsida og lokalitet av avsettingar observert i felt er tatt i betrakting i en seinare fase, dvs. ved tolking av modelleringsresultat opp mot andre element.

3.1.1.2. Inngangsparameter: Geometrien til terrengeoverflata

Geometrien til utrekningsmodellen er basert på terrenghodellen frå laserdata. I modelleringa har vi nytta raster terrenghodell med oppløsing på 1m som er basert på laserdata med 5 punkt per m^2 [6]. Alle operasjoner er utført med programvara ArcGIS 10.6. Med laserdata blir terrenghodellen detaljert og terrenghformasjonar i tverrprofilen som kan vere viktige for utløpslengda vil kome fram. Sjølv om det todimensjonale simuleringsprogrammet RocFall ikkje tek omsyn til sidevegs rørsleendring underveis i skredbana, dvs. at steinspranga tek andre retningar pga. sprett mot underlaget, vil detaljgrada til terrenget i analyseplanet vere viktig for analyseresultata.

3.1.1.3. Inngangsparameterar: Skråninga sine materialeigenskaper

For modellen har vi definert bakkeegenskapane i fjellsida. Segment av profila er gjevne ulike eigenskapar. Ruheit og dempingseigenskapane i fjellsida har mykje å seie på utløpslengdene til blokker. Normal restitusjonskoeffisienten og tangential restitusjonskoeffisienten angir kor mykje av hastigheita/energien som vert dempa i eit treff med underlaget. Ruheita speglar variasjonar i skråningsgeometrien innanfor dei ulike segmenta.

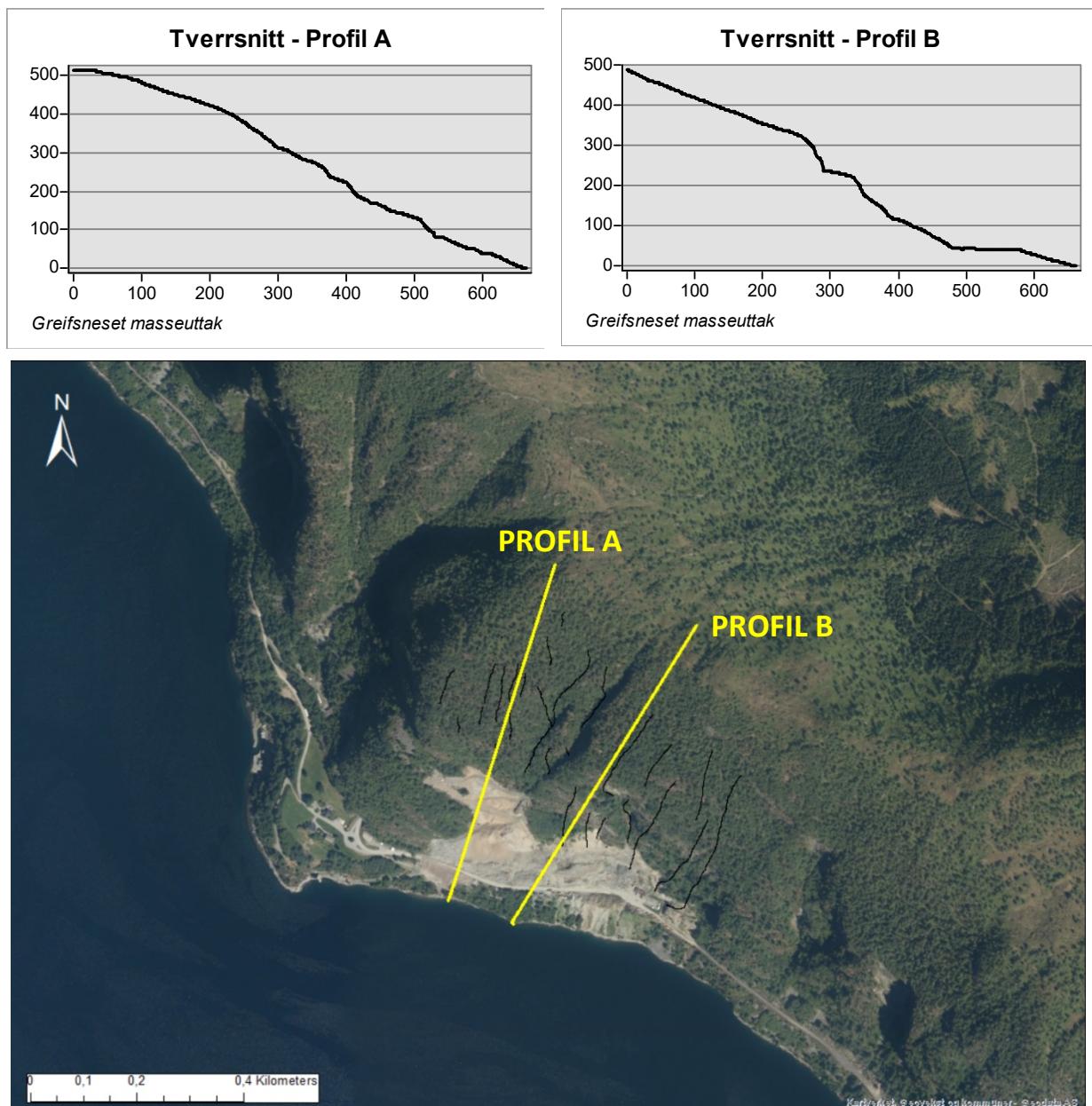
Parametarane er fastsett frå erfaringstal og tabulerte verdiar frå bruk av Rocfall og CRSP, samt tabulerte verdiar av Rocscience.Inc for «Rigid Body» metoden, som tek omsyn til blokkform, rotasjon og sprethøgde.

Tabell 2: Inngangsparameterar for materialeigenskapane til skråninga

	Plassering	Bakgrunn for val av parameter	Vald parameter
Restitusjonsforhold, Rn	Fjelloverflate	Erfaringstal frå rufsa/ujamne fjelloverflater viser Rn verdiar på ca. 0,5. Erfaringsal frå småhakkete avsatsar/fjellhyller viser Rn rundt 0,35.	0,35 - 0,5
	Grusdekka vegbane	Erfaringstal ligg kring 0,35.	0,35
Restitusjonsforhold, Rt	Fjelloverflate	Erfaringstal frå rufsa/ujamne fjelloverflater viser Rt verdiar på ca. 0,95. Erfaringsal frå småhakkete avsatsar/fjellhyller viser Rn rundt 0,85.	0,85 - 0,95
	Grusdekka vegbane		
Dynamisk friksjon	Fjelloverflate		0,5
	Grusdekka vegbane		0,5
Rullemotstand	Fjelloverflate		0,15
	Grusdekka vegbane		0,2

3.1.1.4. Endelig oppsett for simuleringer i Rocfall

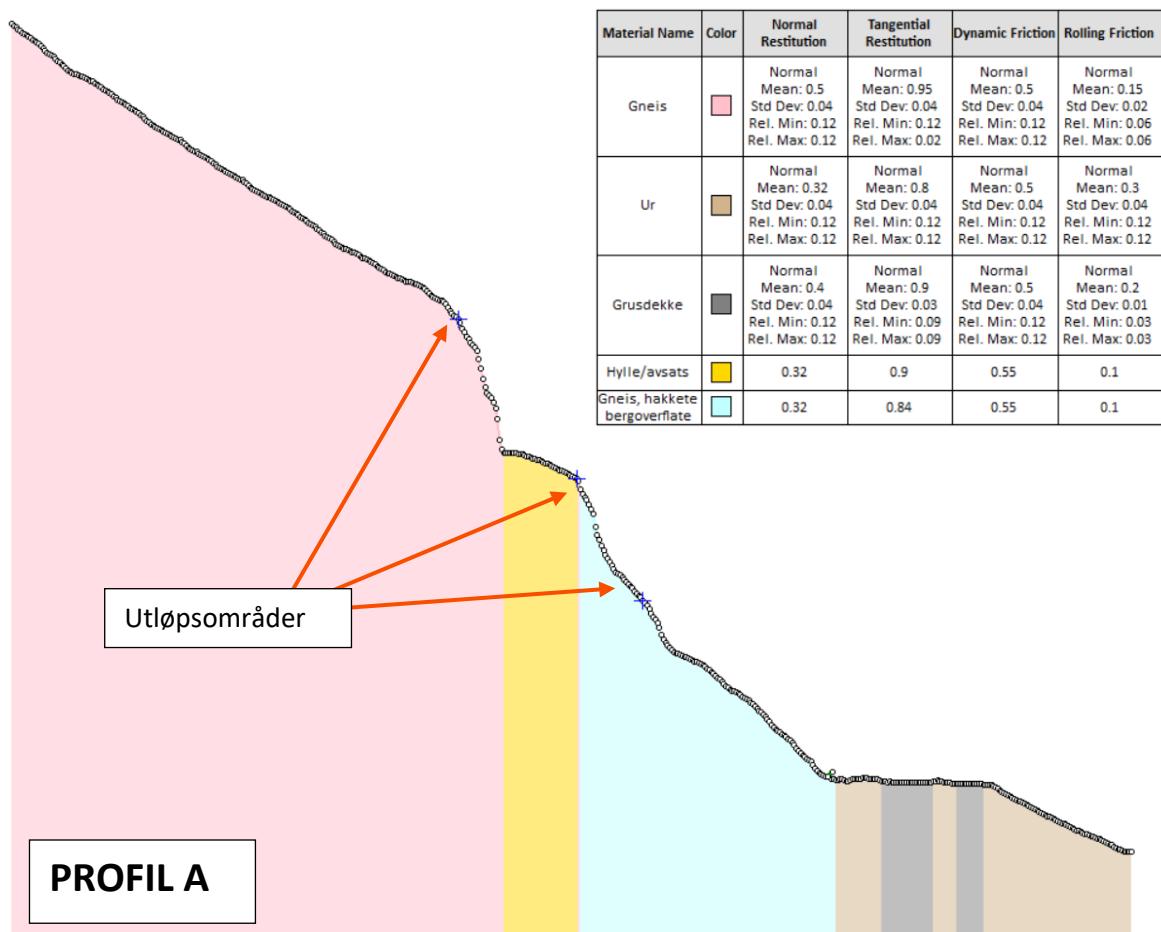
Figur 15 viser plassering og tverrsnitt for dei modellerte profila. Tabell 3 viser koordinatar for valde utløppspunkt, medan Figur 16 og Figur 17 viser oversiktsfigurar for høvesvis Profil A og Profil B. Oversiktsfigurane presenterer variasjonen i materialeigenskapar langs tverrsnitta.



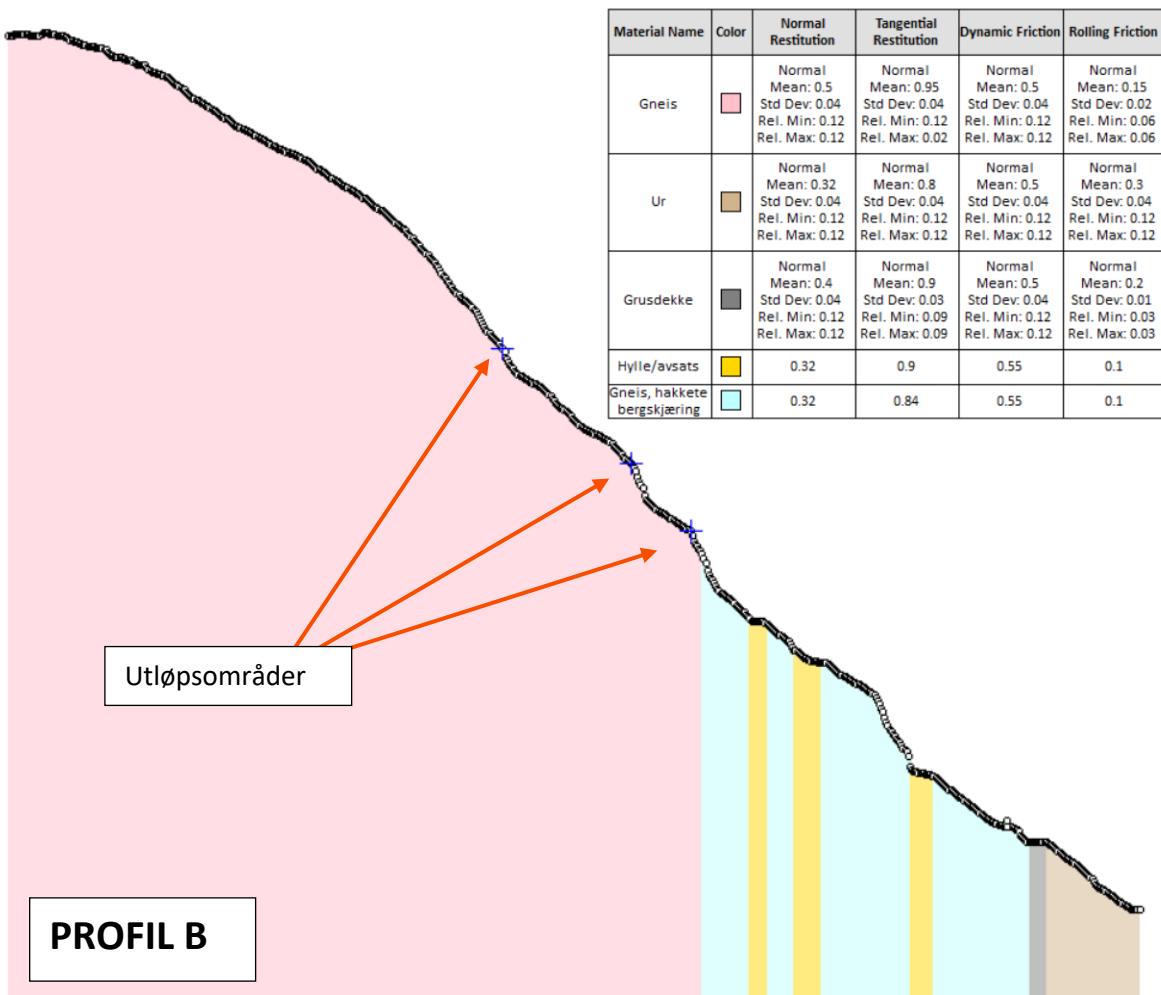
Figur 15: Oversiktsbilde som syner plasseringa av analyserte profil med gul farge. Dei svarte linjene angir brattaste veg frå eit gitt punkt nedover fjellsida.

Tabell 3: Oversikt over utløpspunkt for simuleringar i RocFall

Utløpsområde, Profil A	x	y
1 (øverste)	289.9093909	329.4154
2 (midtre)	364.8859575	262.4503
3 (nederste)	399.875022	222.3176
Utløpsområde, Profil B	x	y
1 (øverste)	263.8547298	314.7176
2 (midtre)	335.0341452	219.0017
3 (nederste)	374.3055469	146.9891



Figur 16: Oversiktsfigur for Profil A



Figur 17: Oversiktsfigur over Profil B

3.1.1.5. Føresetnadar ved bruk av Rocfall

Følgande antakingar er gjort for modelleringa:

- Dei todimensjonale profila reflekterar den reelle, tredimensjonale fjellsida i tilstrekkeleg grad.
- Valde profil er representative for sannsynlege skredbaner i fjellsida
- Blokker forblir intakte i heile skredbana. Rocfall tek ikkje omsyn til den oppknusing ei blokk vil ha under si ferd nedover fjellsida. Heller ikkje eventuell deformasjon når ei blokk treff sikringsvollen er teke omsyn til.
- I tillegg til storleik, forblir også forma til blokka konstant (kvadratisk) under simuleringa
- Mest aktuelle lausneområder ligg i øvre delar av steile bergparti.
- Steinspranget består berre av ei blokk. Ein ser såleis vekk i frå det samansette samspelet mellom blokker som kolliderer og påverkar skredbanene til kvarandre langs og på tvers av tverrprofilen.

Antakingane over er avgrensingar i analysen. Det er difor viktig at simuleringsresultata berre utgjer eit supplement til faglege og erfaringsmessige vurderingar.

3.1.1.6. Modelleringsresultat

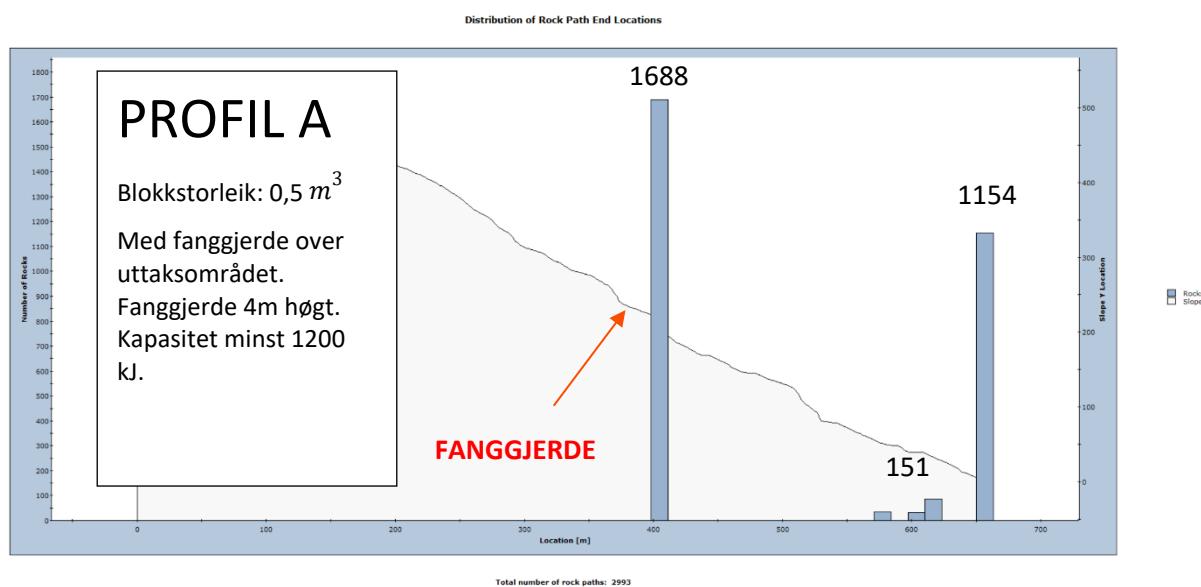
Energitap som resulterer frå støt og rotasjon undervegs i skredbana er teke omsyn til. Det er lagt inn eigenskapar for terrenget langs steinsprangprofila. I det følgande presenterast utløpslengdene for profila, både utan og med sikringstiltak. For kvart profil køyrast modellen med to ulike blokkstorleikar.

Profil A

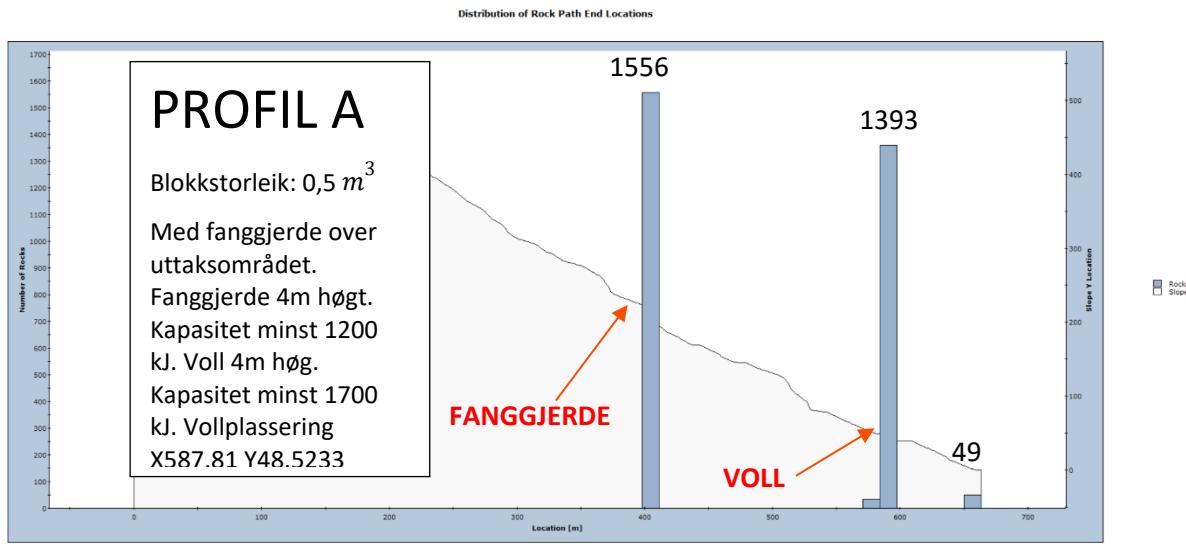
For profil A køyrast simuleringane med fanggjerde monert i overkant av uttaksområdet i fjellskråninga. I simuleringane er høgde på fanggjerdet satt til 4 eller 5 meter. Utvalde figurar er vist fortløpande i teksten. Resterande modelleringsresultat er samla i vedlegget.

➤ Simulering 1 (blokkstorleik 0.5 m^3)

I denne simuleringa har vi brukt 0.5 m^3 blokker for alle utløysningsområde. Modellen viser bremseeffekten bakkeeeigenskapane og terrenghellinga har på blokkene. Figur 18 og Figur 19 viser utløpslenger for eit steinsprang med storleik 0.5 m^3 for Profil A, høvesvis utan og med sikringstiltak.



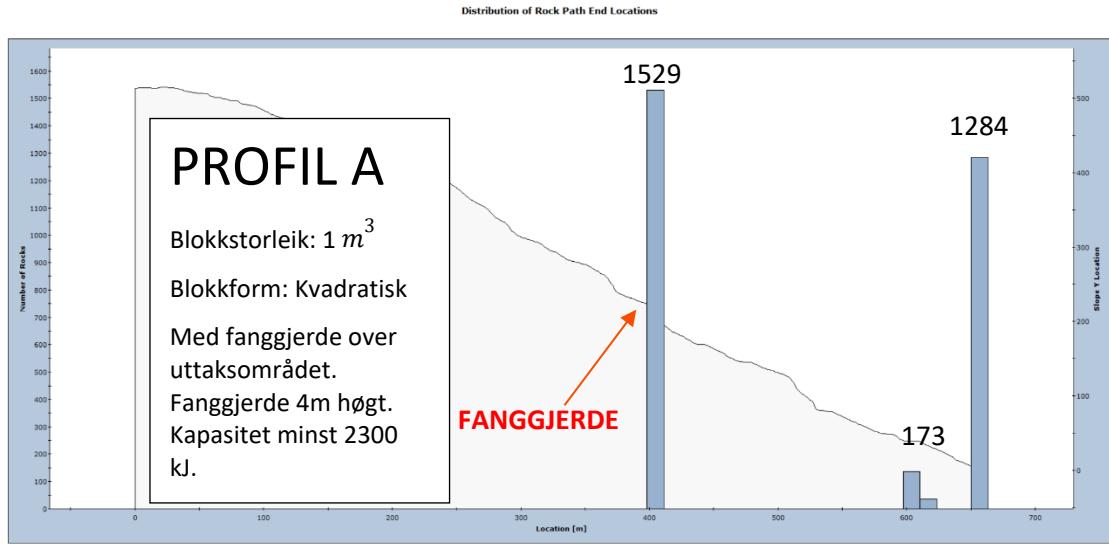
Figur 18: Utløpslengder for steinsprang med storleik 0.5 m^3 for profil A. Fanggjerde er inkludert i modellen



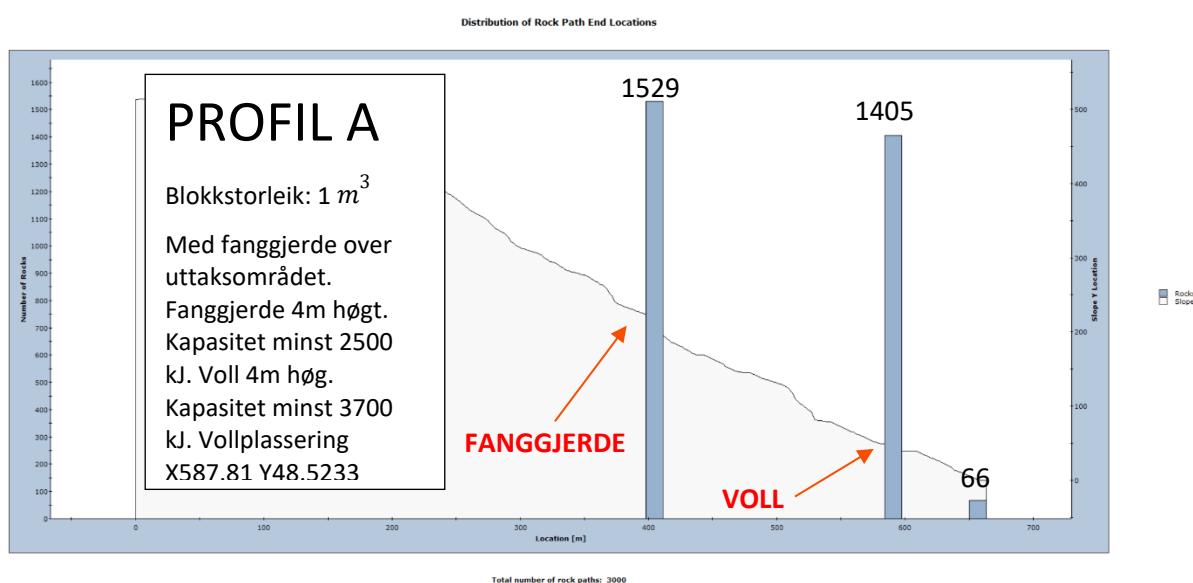
Figur 19: Utløpslengder for steinsprang med storleik 0.5 m^3 for profil A. Fanggjerde på 4 m og voll på 4 m er inkludert i modellen.

➤ Simulering 2 (blokkstorleik 1 m^3):

I denne simuleringa har vi brukt 1 m^3 blokker for alle utløysningsområde. Modellen viser bremseeffekten bakkeegenskapane og terrenghellinga har på blokkene. Figur 20 og Figur 21 viser utløpslenger for eit steinsprang med storleik 1 m^3 for Profil A, høvesvis utan og med sikringstiltak.



Figur 20: Utløpslengder for steinsprang med storleik 1 m^3 for profil A. Fanggjerde på 4 m er inkludert i modellen.



Figur 21: Utløpslengder for steinsprang med storleik 1 m^3 for profil A. Fanggjerde på 4 m og voll på 4 m er inkludert i modellen. Ny plassering av voll.

Modelleringsresultatet viser følgande:

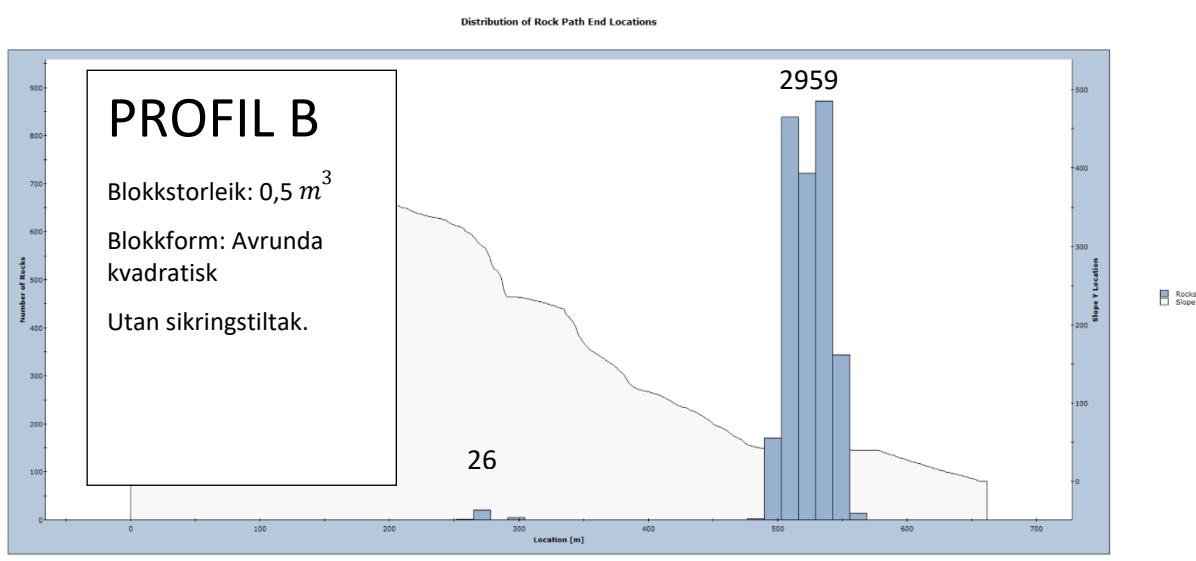
- Utan noko form for sikringstiltak i fjellskråninga, når samtlege av dei simulerte blokkene ut i reguleringsområdet.
- For Profil A har montering av eit fanggjerde ovanfor uttaksområdet stor effekt på utløpslengdene. Om lag halvparten av det totale antalet blokker stoppar i fanggjerdet når dette monterast med ei lengde på 4 m og ein vinkel på 75 mellom fangnettet og gjennomsnittleg helling på fjellskråninga kring monteringsstaden. Fanggjerdet er montert over nedre utløppspunkt, og stoppar i overkant av 75% av dei simulerte blokkene som har utløppspunkt over fanggjerdepllasseringa.
- Utrekningar i RocFall for total kinetisk energi for blokkene som treff fanggjerde, viser at fanggjerdet minst må ha ein kapasitet på 2300 kJ. Medrekna sikkerheitsmargin og tilgjengelege fanggjerder på marknaden, er 2500 kJ godt eigna. Ved å auke lengda på steinsprangnettet med 1 m får ein ei prosentvis auke på 9.22% i antal blokker som stoppast. Nødvendig kapasitet på nettet vil her vere lik som eit gjerde på 4 m.
- Effekta av å legge inn ein 4 meter høg barriere i nedre delar av skredbana er stor. Plasseringa av barrieren er viktig, ettersom evna barriera har til å fange opp blokkene aukar når barriera flyttast lenger ut mot sjøen. Mesteparten av blokkene som treff barriera har ein total kinetisk energi under 1500 kJ, men enkeltblokker har kinetisk energi opp mot 3700 kJ.

PROFIL B

Profil B er køyrd med ei avrunda, kvadratisk blokkform ettersom dette gav meir representative modelleringsresultat enn kvadratiske blokker. For reint kvadratiske blokker vart rørsla ned fjellsida avbroten.

➤ Simulering 1 ($0,5 \text{ m}^3$)

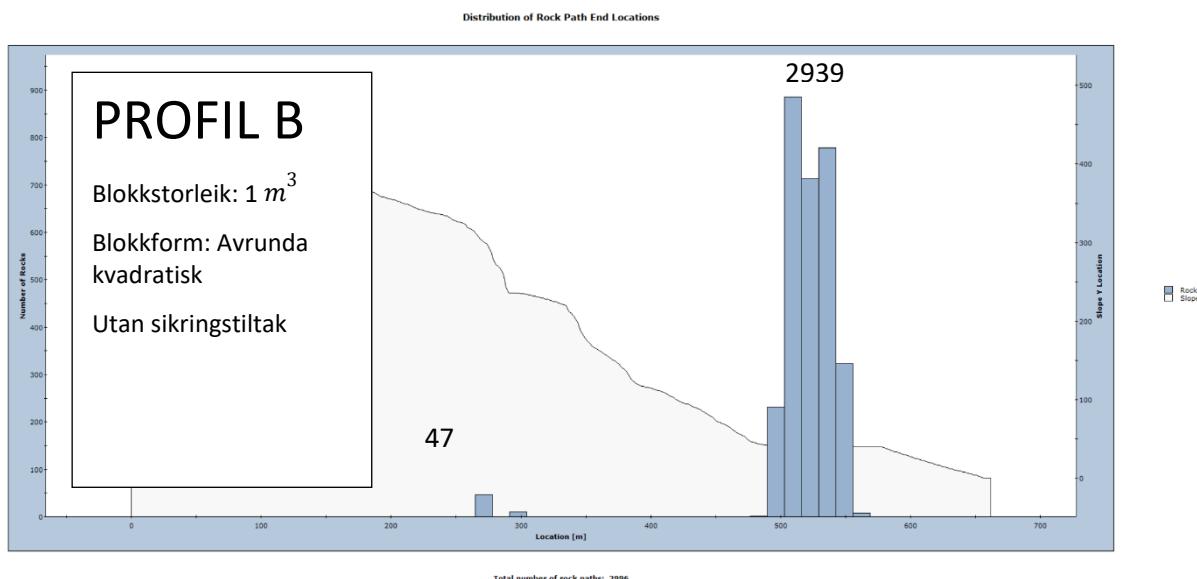
I denne simuleringa har vi brukt $0,5 \text{ m}^3$ blokker for alle utløsningsområde. Modellen viser bremseeffekten bakkeegenskapane og terrenghellinga har på blokkene. Figur 22 viser utløpslenger eit steinsprang med storleik $0,5 \text{ m}^3$ for Profil A utan sikringstiltak.



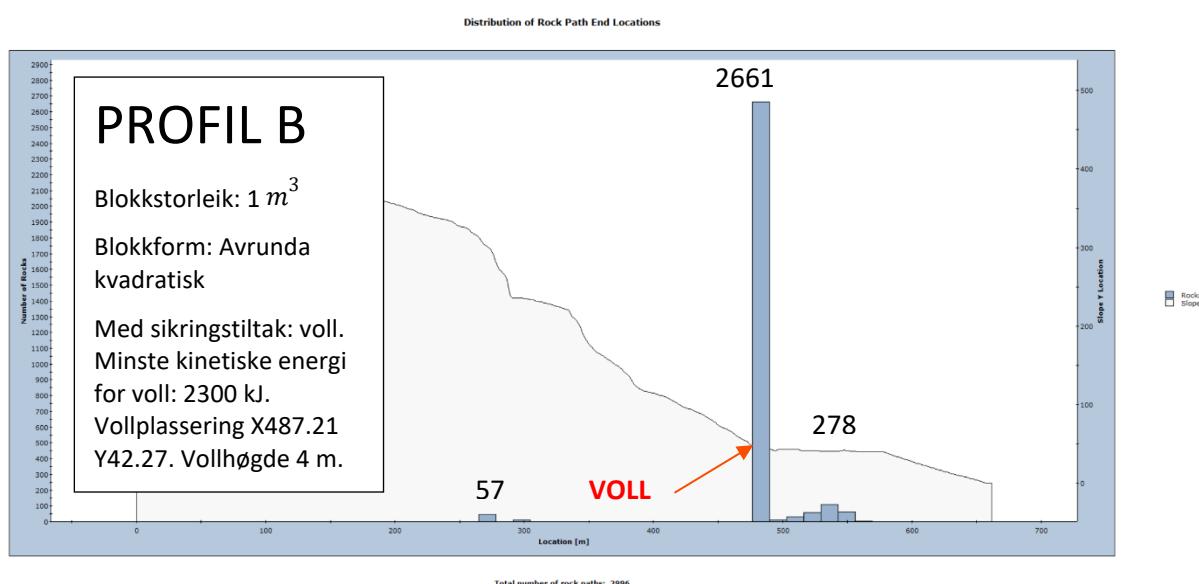
Figur 22: Utløpslengder for steinsprang med storleik $0,5 \text{ m}^3$ og avrunda kvadratisk form for profil B. Utan sikringstiltak.

➤ Simulering 2 (1 m³)

I denne simuleringa har vi brukt 1m³ blokker for alle utløysningsområde. Modellen viser bremseeffekten bakkeegenskapane og terrenghellinga har på blokkene. Figur 23 og Figur 24 viser utløpslenger for eit steinsprang med storleik 1 m³ for Profil A, høvesvis utan og med sikringstiltak.



Figur 23: Utløpslengder for steinsprang med storleik 1 m³ og avrunda kvadratisk form for profil B. Utan sikringstiltak.



Figur 24: Utløpslengder for steinsprang med storleik 1,0 m³ og avrunda kvadratisk form for profil B. Voll på 4 m er inkludert i modellen.

Modelleringsresultatet for profil B viser følgande:

- Utan noko form for sikringstiltak i fjellskråninga, når mesteparten av dei simulerte blokkene ut i reguleringsområdet. Blokkene stoppar på det flate området.
- Forma til steinsprangblokkene når dei treff den naturlege hylla i terrenget i Profil B har innverknad på utløpslengdene til dei simulerte steinspranga som lausnar i overkant av hylla. Ei meir avrunda form medfører at færre blokkar stoppar opp.
- Etablering av ein voll i nedre delar av skråninga har særskild god effekt på å stanse dei simulerte blokkene, både for $0,5$ og $1,0 m^3$ storlek.
- Basert på den kinetiske energien blokkene har når dei treff vollen, vil minste kinetiske energi for vollen måtte vere over 1200 kJ.

3.1.2. Vurdering av fare for steinsprang mot planområdet

Basert på observasjonar i felt vurderer vi at dette er gode modellar som viser rekkevidda for steinsprang i storleksordenen $0,5\text{--}1 m^3$. Det blir vurdert at sannsynet for steinsprang inn i delar av planområdet er høgare enn 1/100 utan sikringstiltak. Dette er basert på følgande argument:

- I felt blei det observert både mogleg utfallsområder for steinsprangblokker, samt urmasser på nedsida av vegen.
- Ferske sår i fjellsida etter steinsprang
- Oppsprekking i fjellsida
- Bratthet i området
- Simuleringar viser at meir enn 1 av 100 av simuleringane ender godt ut på flata der anleggsarbeid og masseuttak skal føregå.

Det er tydeleg at det har vore nedfall i området tidlegare. Det er likevel usikkert kor mykje av urmassane nedanfor vegen har kome som enkeltblokker/ steinsprang av mindre volum, og kor mykje som er kome som del av større steinsprang. Det er også usikkert kor mange gongar det har vore nedfall, når nedfalla har skjedd og hyppigheita av dei.

Anleggsarbeid i området fjernar i stor grad høvet til å vurdere om det har vore nylege nedfall, kor store nedfalla har vore og kor langt desse har nådd ut i planområdet. I tilfelle der fjerning av material ikkje er ei aktuell problemstilling, vil ikkje-nærvær av ur i planområdet tyde på at det ikkje har vore hyppige utfall av blokker, og seie noko om sannsynet for utfall av blokker. Anleggsarbeidet og mogleg fjerninga av blokknedfall, eliminerer dermed moglegheit til å vurdere om det er ferske utfall av blokker med lengre utløp, hyppigheita til utfall av blokker mot planområdet og gjentaksintervall.

Basert på observasjonar i felt og modellkjøringar vurderer vi at årleg nominelt sannsyn for steinsprang inn i planområdet er høgare enn 1/100. På bakgrunn av dette, vil det vere nødvendig med sikringstiltak mot steinsprang.

3.2. Steinskred

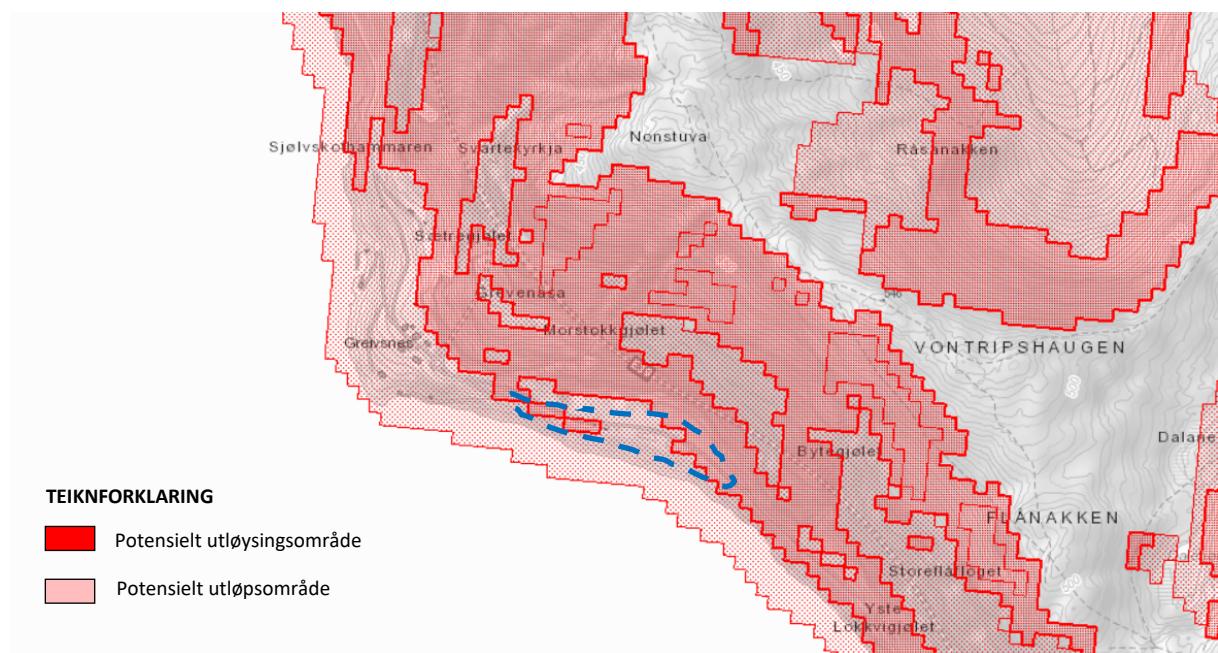
Omgrepet steinskred nyttast oftast om større nedfall (ca. $100 - 10\,000 m^3$), der blokkene splittast opp nedover skråninga. Steinskred opptrer, som steinsprang, i oppsprukne fjellparti med helling som overskrid $40-45^\circ$. I høve blokkene si rørsle nedover skråninga, vil det vere eit samspel mellom blokker som kolliderer og påverkar skredbanene til kvarandre. For enda større volum (storleiksordenen $>100\,000 m^3$), nyttast omgrepet fjellskred.

Det er registrert større menger skredavsetningar på nedsida av vegen. Som omtala ovanfor (avsnitt 3.1.2), er det ikkje mogleg å fastsette tidspunkt og volum på hendingar, og heller ikkje gjentaksintervallet mellom hendingane.

Vi har ikkje observert strukturar i berggrunnen som indikerer fare for utglidning av fjellmassar tilsvarannde ein storleik lik steinskred. På bakgrunn av dette, vurderer vi steinsprang som dimensjonerande skredtype i området. Vi gjer likevel merksam på at steinskred er så store strukturar og sjeldne hendingar at dei er vanskelege å vurdere.

3.3. Snøskred

Aktsemdukartet for snøskred frå NVE [11] viser at planområdet ligg innanfor mogleg rekkevidde for snøskred. Potensielt er alt terreng brattare enn 30° mogleg utløsningsområde for snøskred. I svært bratt terreng, terrenget brattare enn 50° , vil snø som oftast skli ut i mindre delar under eller etter snøfall, og større akkumulasjon av snømengder ventast ikkje. I terrenget som er mellom $30-50^\circ$ bratt vil det kunne bli akkumulasjon av større mengder med snø og flakskred kan bli utløyst.



Figur 25: Det kombinerte aktsemdukartet til NVE for snøskred viser at det er potensielle for både utløsning og utløp for snøskred inn i planområdet. Mørk raud farge markerar potensielle utløsningsområder for snøskred (terrenget $>30^\circ$). Lys raud farge markerar potensielle utløpsområder for snøskred. Planområdet er vist med blå stipla strek.

Sjølv om planområdet ligg i aktsemduksjona for snøskred, samt at det kan vere tilstrekkeleg med snø i området, er særskilt mykje av terrenget $>40^\circ$ slik at det vert vurdert at sannsynet for utløsning og utløp av større snøskred med øydeleggande kraft er særskilt lågt. Dette er basert på følgande argument:

- Terrenget er prega av hyller med primært bratte veggar og enkeltvise slakare terrem. Dette gjer at moglege utløsningsområde for snøskred blir av avgrensa storleik.
- Det er ingen registrerte snøskredhendingar i eller i nærleiken av planområdet.
- Det er ingen teikn i terrenget eller skader på skog som tydar på tidlegare snøskred med utløp inn i eller i nærleiken av planområdet.
- Område med terrenghelling mellom 30-50° er lett skogkledd. Skog forhindrar snøskred av fleire grunnar:
 - o Mykje av nedbøren som kjem som snø vil legge seg på greinene og falle ned som snøklumper, smelteomvandla snø eller smeltevatn. Dette vil øydeleggje lagdelinga i snødekket. Ei lagdeling i snødekket som kan resultere i flaksred vil dermed ikkje bygge seg opp.
 - o Sidan snøen legg seg på greinene, vil det bli mindre snø på skogbotnen. Snødekket vil derfor vere mindre tjukt enn i områder utan skog. Jo tjukkare snødekket, desto større flaksred kan det bli.
 - o Trestammene i skogen har en forankringseffekt på snøen og redusera sannsynet for at snøskred skal bli utløyst.
 - o Vind får mindre tak på øvre deler av snødekket i en skog, får dermed ikkje pakka snøen til flak, noe som igjen reduserer sannsynet for flaksred.

Mindre snøskred kan ikkje utelukkast, men desse er ikkje venta å ha lange utløp og øydeleggande kraft. Steinsprang er meir dimensjonerande skredtype for området enn mindre snøskredutglidinger.

Det blir vurdert at årleg nominelt sannsyn for snøskred inn i planområdet med øydeleggande kraft er lågare enn 1/100.

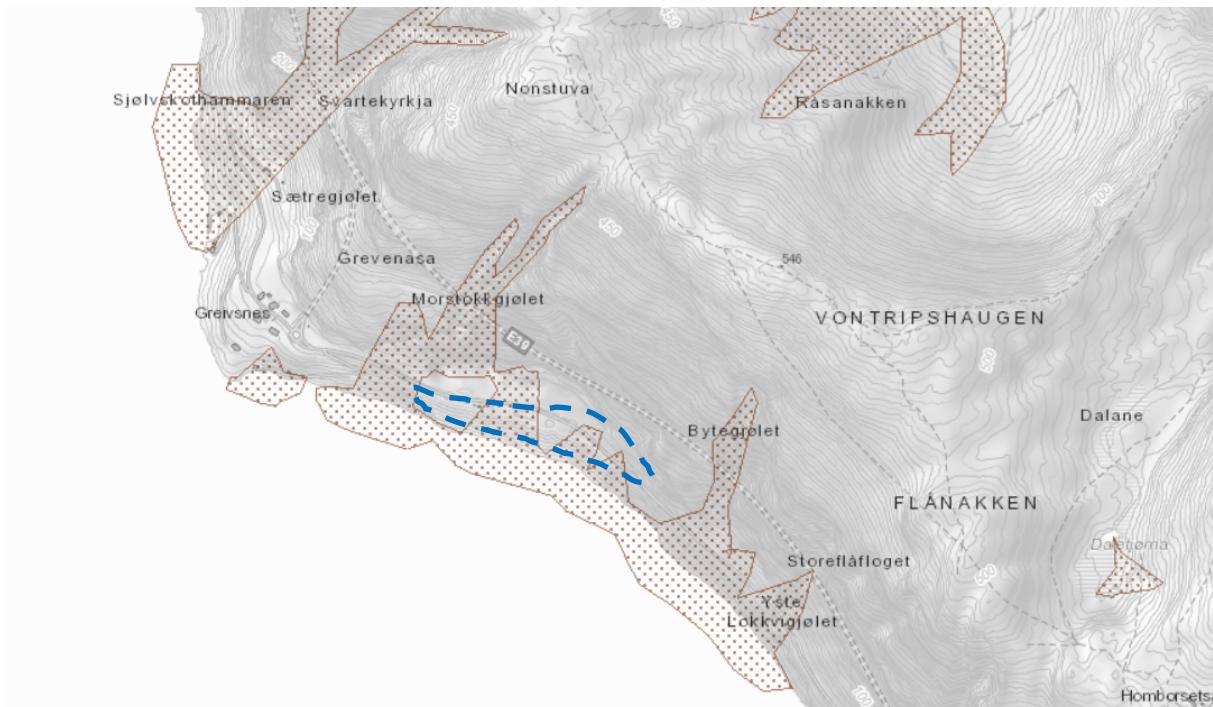
3.4. Sørpeskred

Omgrepet sørpeskred vert nytta om ein straum av vassmetta snømassar. Sørpeskred blir generelt utløyst frå slake terrengområde der vatn kan demmast opp i snødekket, eller oppdemming av bekkar/elvar på grunn av utløyste snøskred inn i bekk/elv. Det er ingen terrengrformasjonar over eller i planområdet der vatn vil kunne bli demma opp. Det er ingen historikk for sørpeskred i dette området.

Det blir vurdert at årleg nominelt sannsyn for sørpeskred inn i planområdet med øydeleggande kraft er lågare enn 1/100.

3.5. Lausmasseskred

Aktsemndskartet frå NVE for lausmasseskred indikerer at det er potensiale for lausmasseskred innanfor planområdet. Jordskred kan generelt bli utløyst i terrenget $>25^\circ$. Så å seie heile terrenget over og i planområdet har ei helling $>25^\circ$.



Figur 26: Aktsemndskartet frå NVE på jord- og flaumskred viser at det er utløp inn i planområdet.

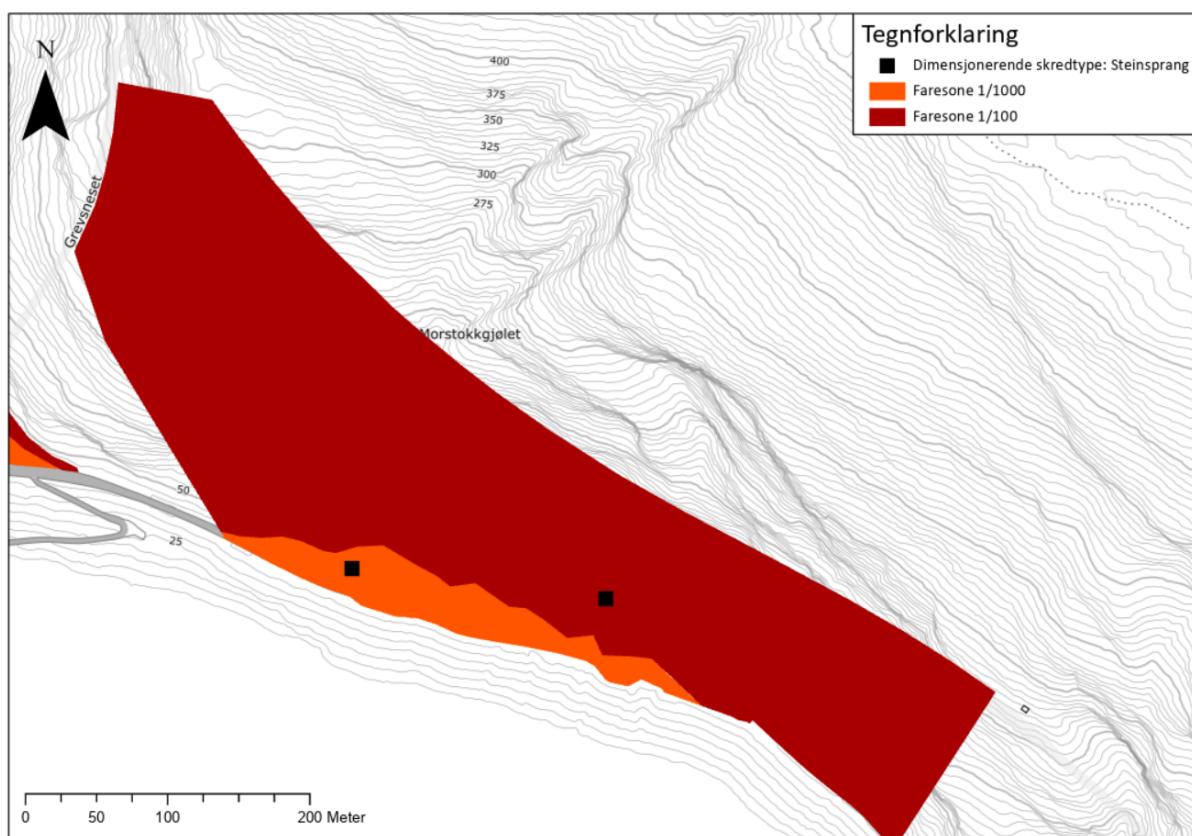
Vi vurderer at faren for jord- og flaumskred mot planområdet er særslig låg. Dette er basert på følgande argument:

- Lausmassedekket består i planområdet av skrint til fråverande.
- Det var ikkje var teikn til nyleg erosjon og massetransport, eller ferske skredavsetningar i form av lausmasseskred i eller i nærleiken av området.
- Det er ingen registrerte lausmasseskredhendingar i eller i nærleiken av planområdet.

Basert på punkta gitt over blir det vurdert at årleg nominell sannsyn for lausmasseskred med øydeleggande kraft inn i planområdet er lågare enn 1/100.

4. FARESONEKART OG FORSLAG TIL TILTAK

Viser til Figur 27. Faresona 1/100 i planområdet er basert på observasjonar under synfaring, modellering av steinsprang i RocFall og fagleg skjønn. Som det går fram av figuren, tilfredsstiller ikkje delar av området lovverket sitt krav til tryggleik mot skred i bratt terrenget for tryggleiksklasse S1, der årleg nominelt sannsyn for skred ikkje skal overskride 1/100. Tiltak i desse områda er naudsynt for å tilfredsstille krav for S1.



Figur 27: Faresonekart for vurdert område.

5. PLASSERING OG DIMENSJONERING AV SIKRINGSTILTAK FOR REGULERING AV MASSEUTTAKET

Plassering og dimensjonering av sikringstiltak for masseuttaket er vurdert og basert på synfaring og resultat frå simuleringsprogrammet RocFall. Vi gjer merksam på at dette ikkje er ein detaljprosjektering av tiltaket. Vidare må det merkast at det ikkje er meiningsa at det skal etablerast ein permanent voll som også skal sikre området etter at det er tilbakeført til jordbruksareal. Vollen planleggast fjerna etter at bruken som provisjonsareal er avslutta og det jamnlege midlertidige opphaldet er over. Når arealet tilbakeførast til jordbruksareal, vurderer vi det ikkje som naudsynt å ta omsyn til skred på grunn av at det ikkje skal vere jamnleg midlertidig personopphold her.

Ut frå Asplan Viak si vurdering er det steinsprang som er den skredhendinga som vil bestemme dimensjonane av sikringstiltaket.

Det er generelt alltid lurt å plassere ein voll lengst mogleg frå fjellsida slik at blokker naturleg misser spretthøgde og energi. Ei plassering av steinsprangsvollen i høve korleis blokker bevegar seg nedover fjellsida er viktig. Ein voll får vanskeleg effektiv høgde i bratt terreng, men det planerte nivået ved botnen av masseuttaket mogleggjer ein fangvoll som tiltak for dette prosjektet.

Plasseringa er også gunstig på generell basis fordi dette er langt nede i skredbana.

Resultata frå simuleringsprogrammet er nyttar for å vurdere storleik på vollen i høve forventa utløpslengde og retning på steinsprang, spretthøgde på steinsprangblokker og energi i blokker når dei treff vollen. Eventuelle steinsprangblokker vil ha eit bremsesområde i vollmaterialet som tappar blokker for energi og reduserer spretthøgde.

5.1.1.1. Plassering av fangvoll

Plassering av vollen i forhold til korleis blokker sprett og rullar nedover fjellsida er viktig. Vi ser derfor på spretthøgde og energi ved høgdenivået til vegen. Plassering av vollen i skisse er gitt i Figur 28.



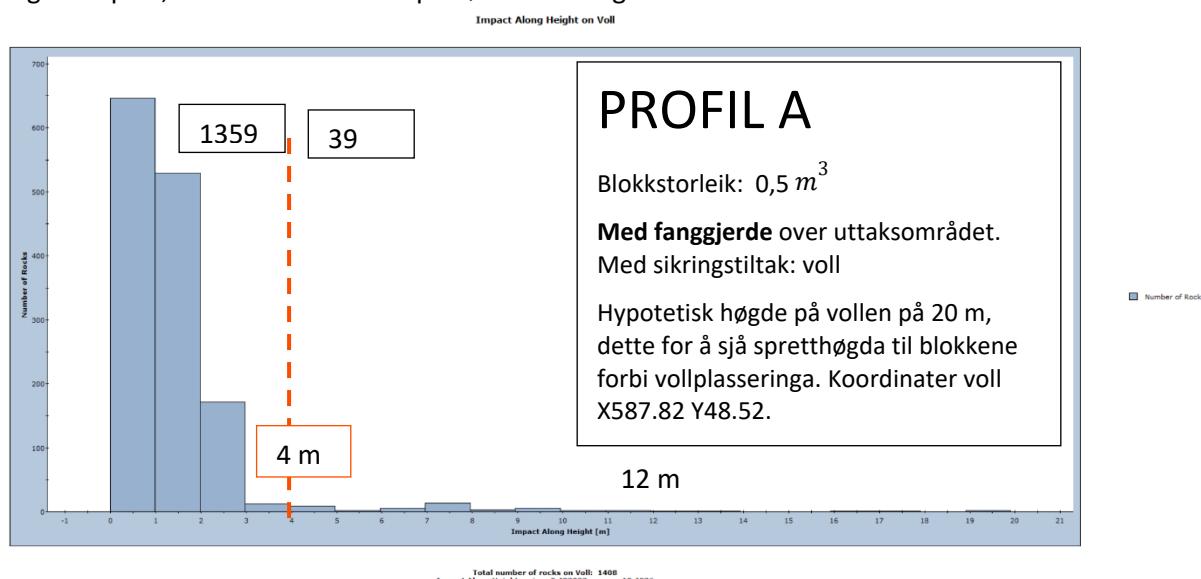
Figur 28: Forslag plassering av voll ved dei ulike modellerte profila.

Simuleringane er utført med to vollplasseringar for kvart profil. Resultata viser at plasseringa nærmest sjøen er mest gunstig for kvart av profila. Ei plassering 7-10 meter frå skråningståa/nedste pall vil vere gunstig.

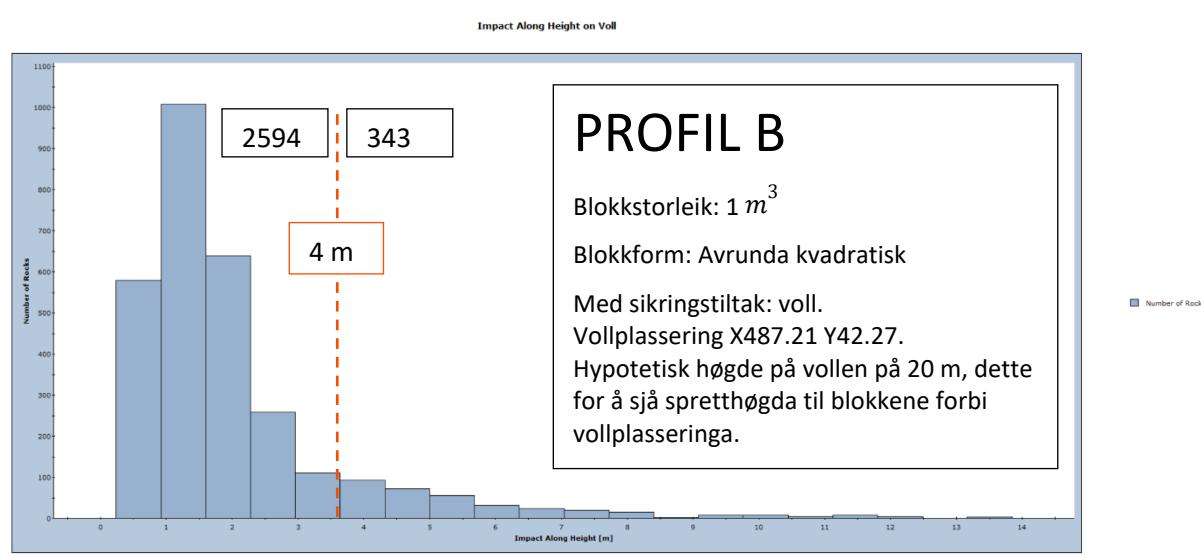
Simuleringane er utført for dagens terren, ikkje menneskeskapa skjeringar i tilknyting til masseuttaket. Uttak av masser vil medføre ei endring i tverrprofflet, frå ei høvesvis jann overflate til ei utforming med hyller. Det vil etterkvart som massar takast ut vere mogleg å flytte vollen i takt med nedre pall.

5.1.1.2. Naudsynt høgde på fangvollen

Ved å hypotetisk sette vollhøgda til 20 m kan ein sjå kvar steinsprangblokkene passerer vollen i tenkt vollplassering. Figur 30 og Figur 29 presenterer histogram for høvesvis Profil A og Profil B. Y-aksen representerer antal blokker. Y-aksen er delt inn i segment på 100, med maksimalverdi på høvesvis 700 og 1100. X-aksen representerer høgda (i meter) der ei blokk treff barriera. X-aksen er inndelt i segment på 1, med maksimalverdi på høvesvis 21 og 14.



Figur 30: Histogram over høgder der steinblokkene treff den hypotetiske barriera på 20 meter. Raud linje markerar ei høgde over bakkenivå på 4 meter. Profil A.



Figur 29: Histogram over høgder der steinblokkene treff den hypotetiske barriera på 20 meter. Raud linje markerar ei høgde over bakkenivå på 4 meter. Profil B.

Skredhyppigheita vert anteke til å vere ca. 1 nedfall per år. Storleiken på utfall er usikker, men grunna nedknusing av material på veg ned fjellsida, anser vi det som truleg at blokkene vil vere klart mindre enn 1 m^3 som er nytta i simuleringane. Etablering av ein voll med 4 m høgde vil ha god effekt på å stoppe steinsprangblokkene.

Simuleringar viser at enkeltblokker kan nå over vollen. Det vil ikkje vere praktisk mogleg å bygge eit sikringstiltak som fangar opp alle blokkene som er simulert, samstundes som man kan nytta området. Grunna relativt sett lita opphaldstid og lite sannsyn for så høge spretthøgder som modellen syner på sitt høgste, vurderer vi at etablering av en voll på 4 m vil vere tilstrekkeleg når det gjeld spretthøgde. For å tilfredsstilla tryggleikskrava for S1 i TEK17.

Modelleringane for steinsprang i viser at blokker ved dei ulike scenarioa vil ha spretthøgde ned mot planområdet på godt over 4 meter. På grunnlag av utløpslengder og blokker i planområdet vurderer vi at blokker ikkje vil ha så stor spretthøgde som modellen. Vi vurderer difor at ei høgde på sikringstiltaket på 4 meter skal vere tilstrekkeleg når det gjeld spretthøgde.

Ut frå synfaring og modellane blir det vurdert at ein fangvoll som tek omsyn til spretthøgde på 4 meter skal vere tilstrekkeleg. Sprethøgda er ein funksjon av fallhøgde og energi.

5.1.1.3. Naudsynt sikringstiltak

Resultata frå simuleringsprogrammet er nytta for å vurdere effekten ein eventuell fangvoll har i høve forventa spretthøgde på steinsprangblokker og energien til blokkene når dei treff vollen. Ut i frå køyringane finn ein tilstrekkeleg høgde, samt dimensjonering naudsynt for å tåle venta treffenergi. Høgda på vollen må vere omlag 4 meter. Ei høgde på 4 meter gir eit resultat der om lag 90% av alle blokkene stoppar.

Vollen skal vere dimensjonert for en treffenergi på 2000 KNm, noko som tilsvarar 2000 kJ. Det vert tilrådd å bruke stadige massar frå masseuttaket til å bygge fangvollen.

Vollen må etablerast med ei fanggrøft brei nok til at maskinar kan kjøre bak for å fjerne massar. Støtsida av vollen må etablerast med brattast mogleg side, min. 1:1., deretter bør det vere ei vollkrone på 1 meter, og deretter leside med 1:1 eller slakare.

5.1.1.4. Oppsummering dimensjonering av tiltak

Simuleringane viser at det må etablerast ein voll i området der det vert jamnleg midlertidig opphold.

For å sikre planområdet mot steinsprang med årleg sannsyn 1/100 må det byggast ein fangvoll med følgande dimensjonar:

- Høgde 4 meter.
- I ein avstand om lag 7-10 meter frå bergskjering/skrent, tilpassa både geometri og naudsynt plass for maskinar for å koma bak.
- Vollen må tåle ein treffenergi opp mot 2000 kJ.

6. KONKLUSJON

Ut frå observasjonar under synfaring av moglege utløysings- og utløpsområder for ulike skredtypar, samt fagleg skjønn blir det vurdert at delar av planområdet ikkje tilfredsstiller lovverket sitt krav til tryggleik mot skred i bratt terreng for tryggleiksklasse S1, der årleg nominelt sannsyn for skred ikkje skal overskride 1/100. Det er steinsprang som er dimensjonerande skredtype i området.

Masseuttaket er vurdert til å vere eit tiltak i tryggleiksklasse S1 og eit eventuelt sikringstiltak må dimensjoneraast etter dette. Når masseuttaket er ferdigstilt, og det skal tilbakeførast til jordbruksjord, vurderer vi det ikkje som naudsynt å ta omsyn til skred på grunn av at det ikkje skal vere jamnleg midlertidig personopphold. Etter tilbakeføringa til jordbruksjord skal det berre vere midlertidig opphold for drift av jordbruk. Det vert difor vurdert at vollen kan fjernast etter at masseuttaket er ferdig og det jamlege midlertidige personoppaldet er avslutta og det ikkje er naudsynt å ta omsyn til skred.

Kjeldeområda for steinsprang er store og høge, og modellering viser at sannsynet for at nedfall treff planområdet er stort. Tiltak for skredsikring er difor naudsynt for at den midlertidige drifta ved masseuttaket kan utførast etter krav til tryggleik mot skred.

Det vil vere mogleg å sikre planområdet mot steinsprang med ein voll. Sikringstiltaket er dimensjonert nærmare i kapittel 5, med ei høgde på 4 meter. Vi gjer merksam på at dette ikkje er ei detaljprosjektering av vollen.

Dersom vollen blir sett opp som anbefalt, vurderer vi at området tiltenkt regulering av masseuttaket vil tilfredsstille lovverket sitt krav til tryggleik mot skred i tryggleiksklasse S1 på sjøsida av vollen.

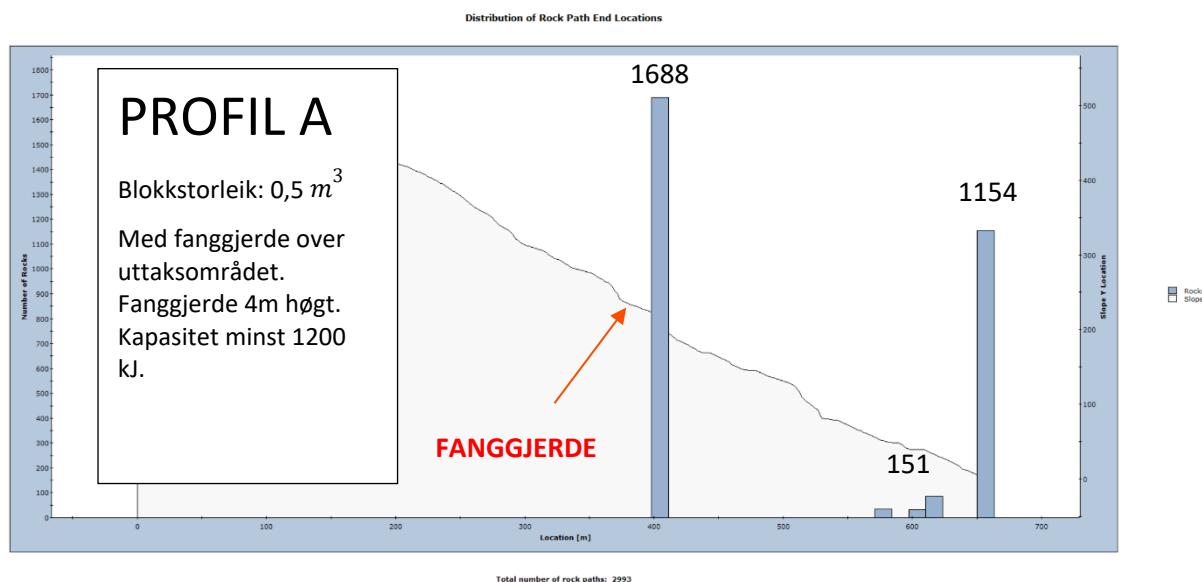
Den innteikna faresonene er basert på terrenget slik det er i dag. Vurderinga tek utgangspunkt i vurderingar for skredsannsyn, samt informasjon om planlagt driftsopplegg og eksponeringstid. Eksponeringstida er lågast nærmast fjellet, ettersom området for knusing og sortering vil ligge på fjordsida av sikringsvollen.

Det er ikkje tillate å sette kvilebrakke eller andre bygg for personopphold som skal tilfredsstille krav til sikkerheit mot skred i tryggleiksklasse S1, innanfor faresone 1/100 (raud skravur). Kvilebrakker kan plasserast utanfor faresona.

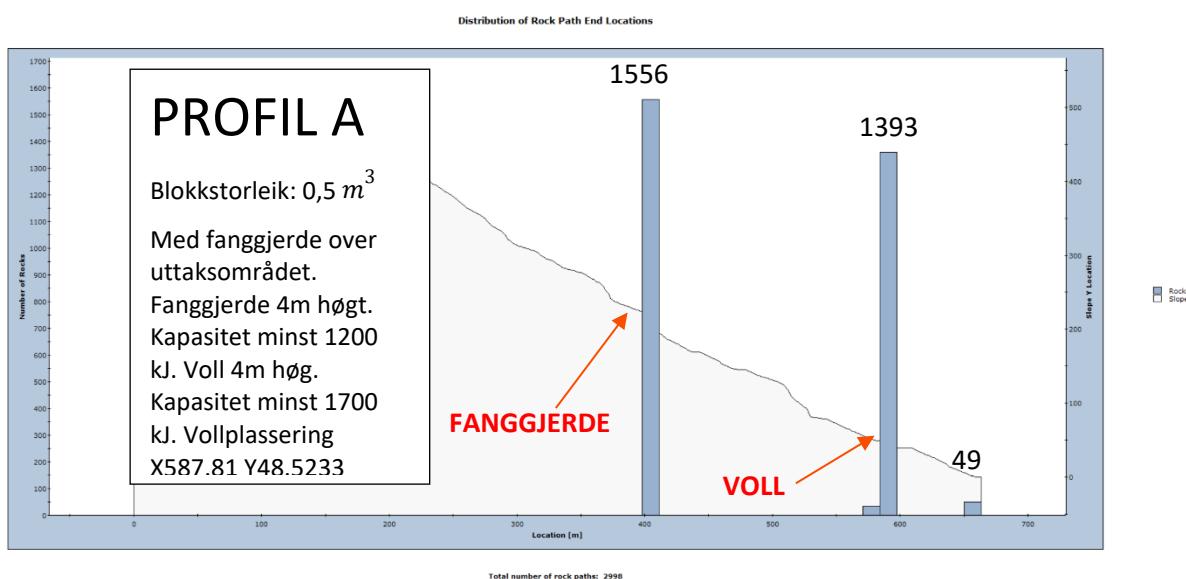
KJELDER

1. NVE (2014). Retningslinjer 2/2011, Flaum og skredfare i arealplanar. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
2. NVE (2014): Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak. Veileder 8 – 2014. Oslo.
3. SVV, Håndbok N200 Vegbygging
4. NIBIO, Kilden (www.kilden.nibio.no)
5. Kartverket, Norgeskart (www.norgeskart.no)
6. Kartverket, Høydedata (www.hoydedata.no)
7. NGU, Berggrunnskart i målestokk 1:50 000 (<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>)
8. NGU, Kvartærgеologisk kart i målestokk 1:50 000 (www.geo.ngu.no/kart/losmasse/)
9. Meteorologisk institutt, Klimadata (www.eklima.met.no)
10. SVV, NIBIO og Statens kartverk, Flyfoto/ortofoto (www.norgeibilder.no)
11. NVE, NVE Atlas (www.atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#)
12. NVE, NIBIO, Statens kartverk, Klimadata (<http://www.senorge.no/aboutXgeo.html>)
13. NGU, Granada (www.geo.ngu.no/kart/granada/)
14. NGU, Grus og pukk (www.geo.ngu.no/kart/grus_pukk/)
15. NGU, NADAG (www.geo.ngu.no/kart/nadag/)
16. NGI (2019): Faresonekartlegging skredfare i bratt terreng.
17. NVE, Aktsomhetskart for snø- og steinskred (NGI) ([www.nve.no flaum-og-skred/kartlegging/aktsemdkart/aktsomhetskart-for-sno-og-steinskred-ngi/](http://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/aktsemdkart/aktsomhetskart-for-sno-og-steinskred-ngi/)).
18. NVE, Aktsomhetskart for steinsprang, (www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/aktsemdkart/aktsomhetskart-for-steinsprang/)

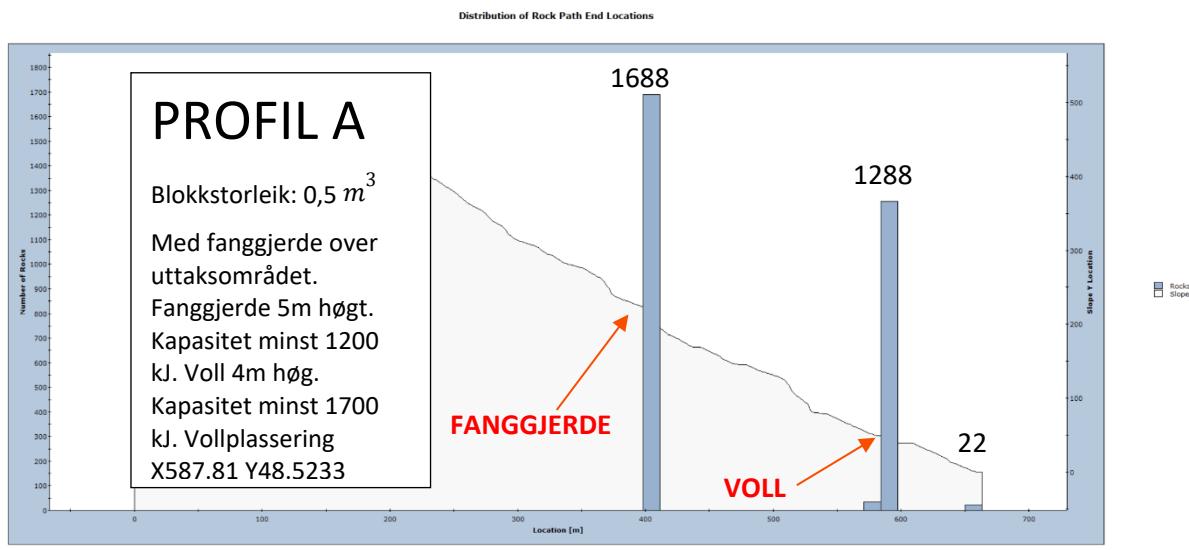
7. VEDLEGG



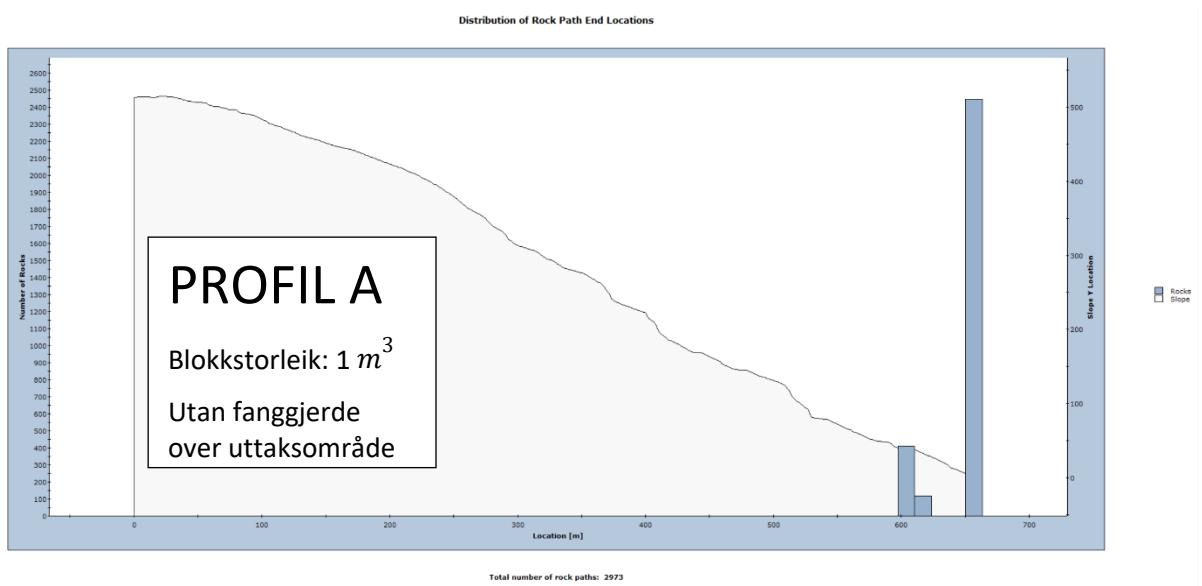
Vedlegg 1, Figur 2: Utløpslengder for steinsprang med storleik $0,5 m^3$ for profil A. Fanggjerde er inkludert i modellen



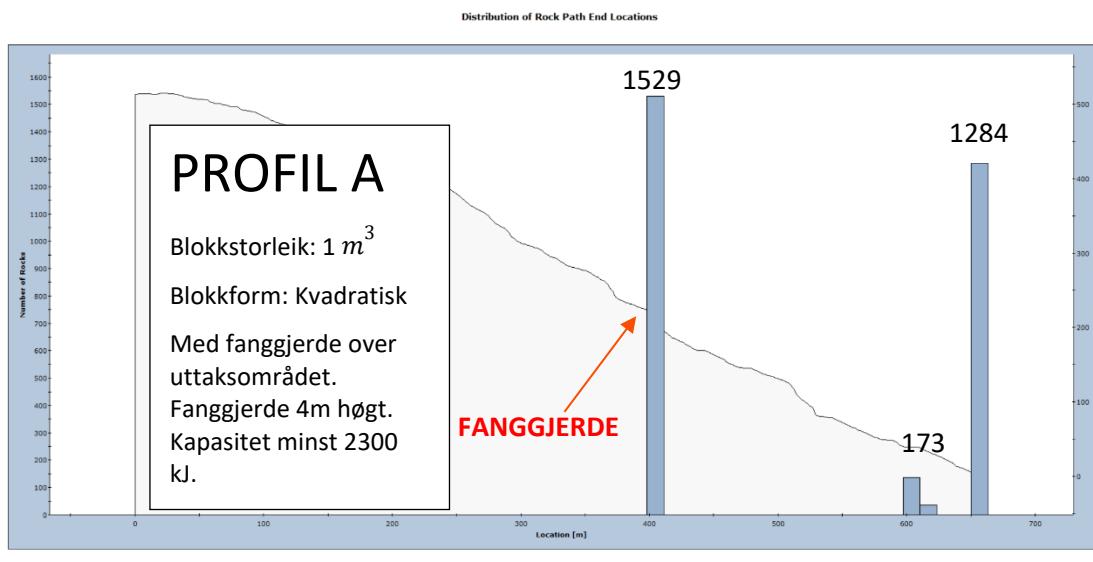
Vedlegg 1, Figur 1: Utløpslengder for steinsprang med storleik $0,5 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 4 m og voll på 4 m er inkludert i modellen.



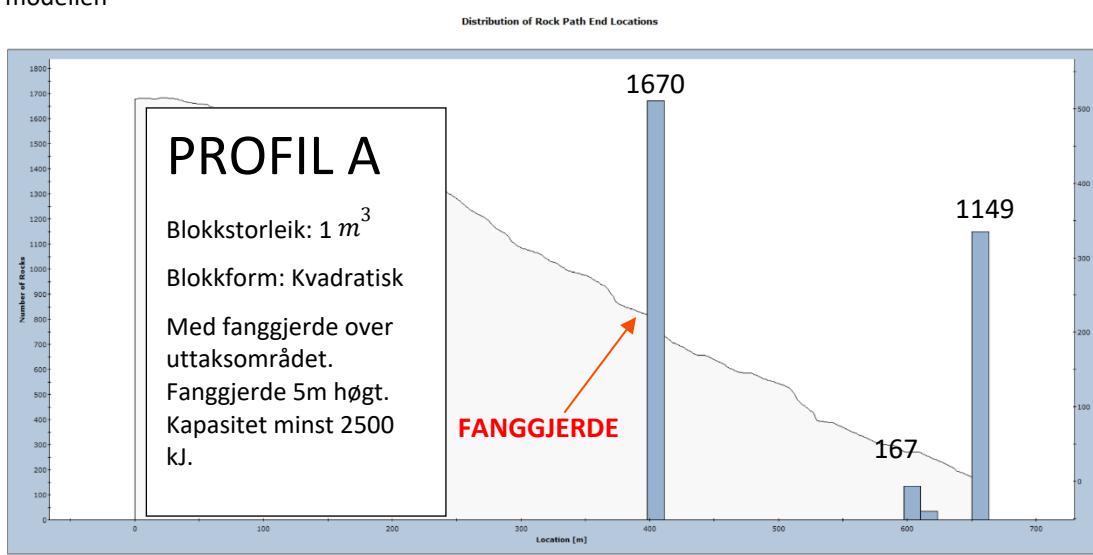
Vedlegg 1, Figur 3: Utløpslengder for steinsprang med storleik $0,5 \text{ m}^3$ for profil A. Fanggjerde på 5 m og voll på 4 m er inkludert i modellen.



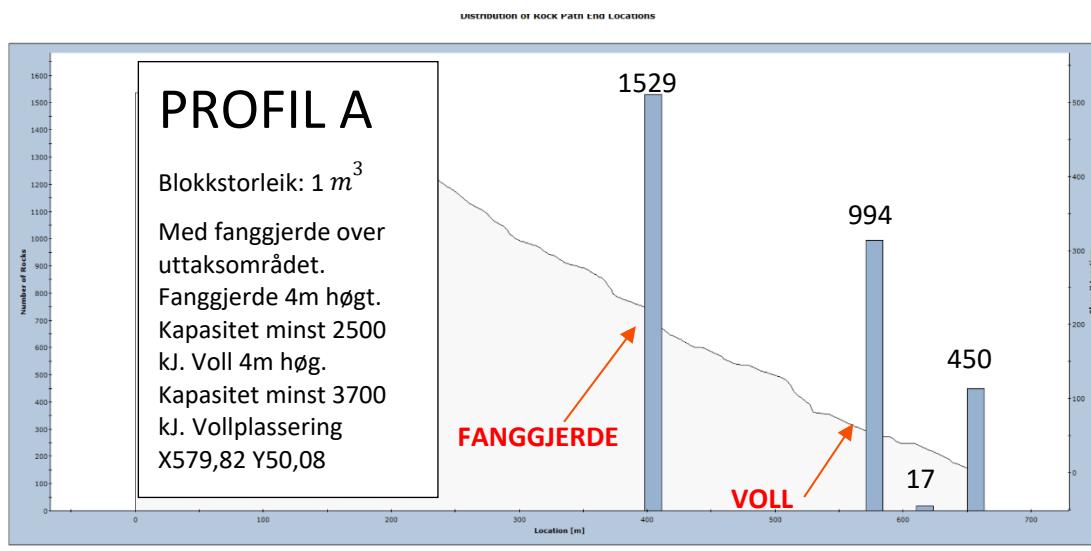
Vedlegg 1, Figur 4: Utløpslengder for steinsprang med storleik 1 m^3 for profil A. Utan sikringstiltak.



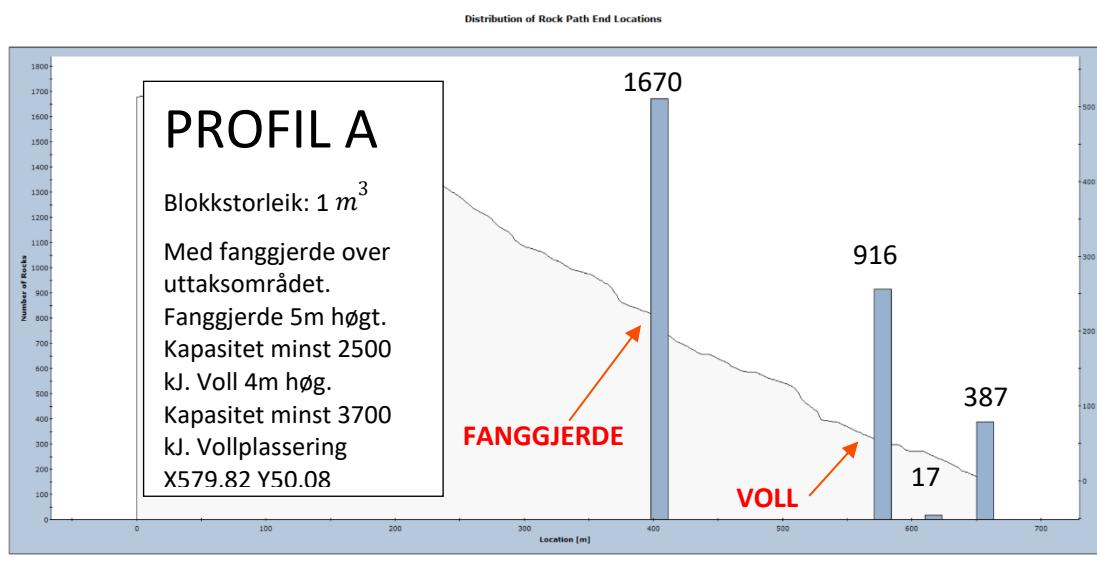
Vedlegg 1, Figur 6: Utløpslengder for steinsprang med storlek $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 4 m er inkludert i modellen



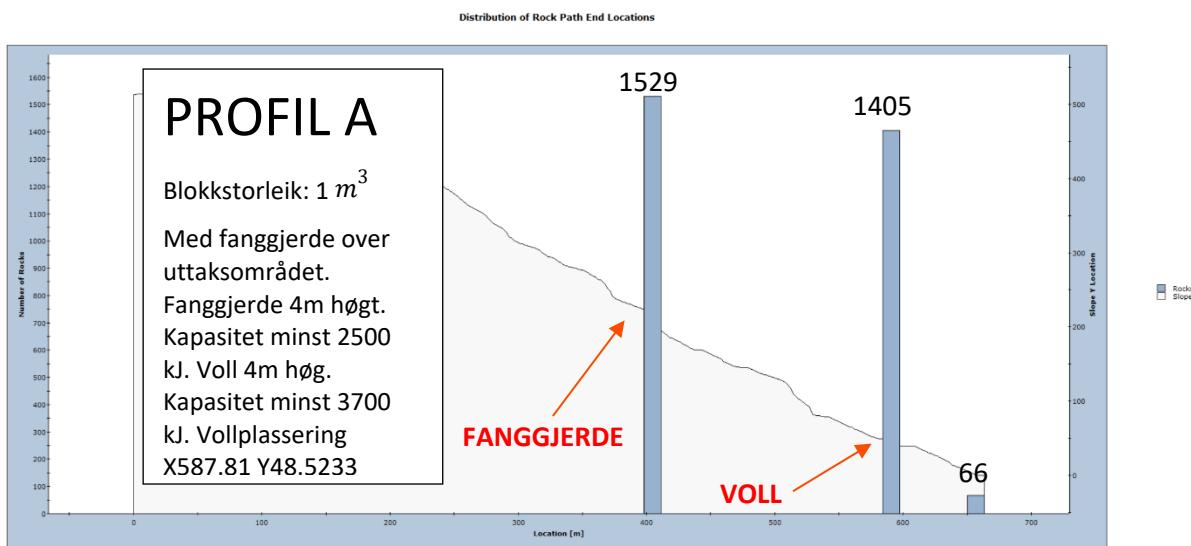
Vedlegg 1, Figur 5: Utløpslengder for steinsprang med storlek $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 5 m er inkludert i modellen



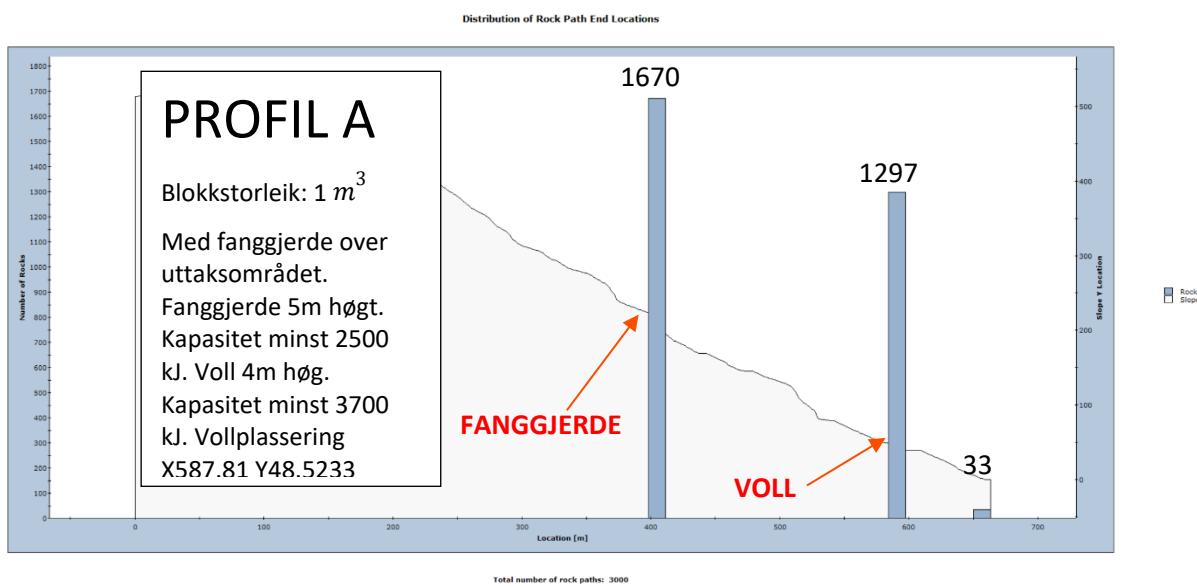
Vedlegg 1, Figur 7: Utløpslengder for steinsprang med storlek $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 4 m er inkludert i modellen.



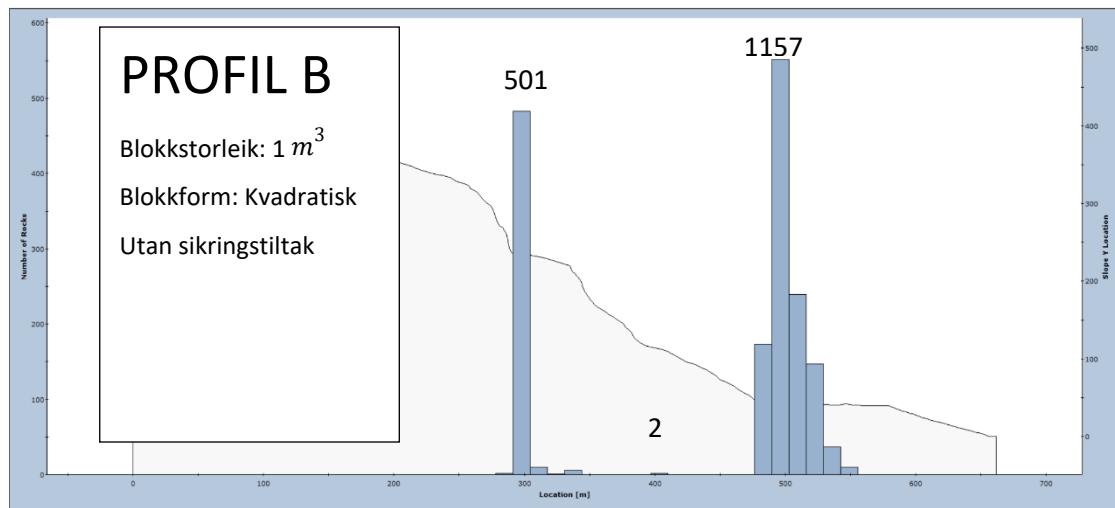
Vedlegg 1, Figur 8: Utløpslengder for steinsprang med storlek $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 5 m og voll på 4 m er inkludert i modellen



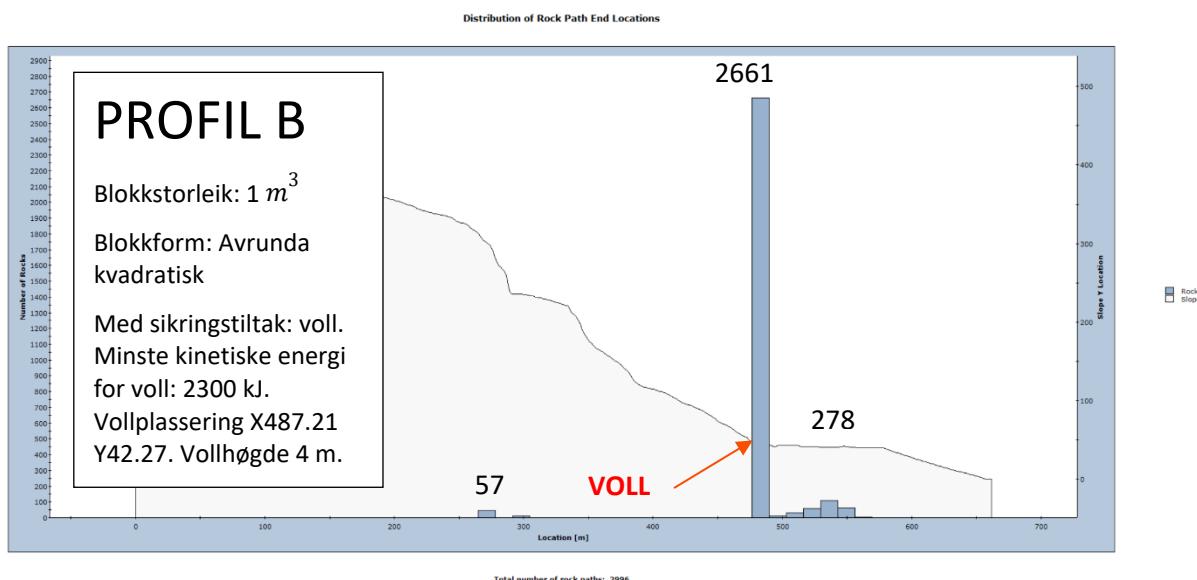
Vedlegg 1, Figur 9: Utløpslengder for steinsprang med storleik $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 4 m og voll på 4 m er inkludert i modellen. Ny plassering av voll.



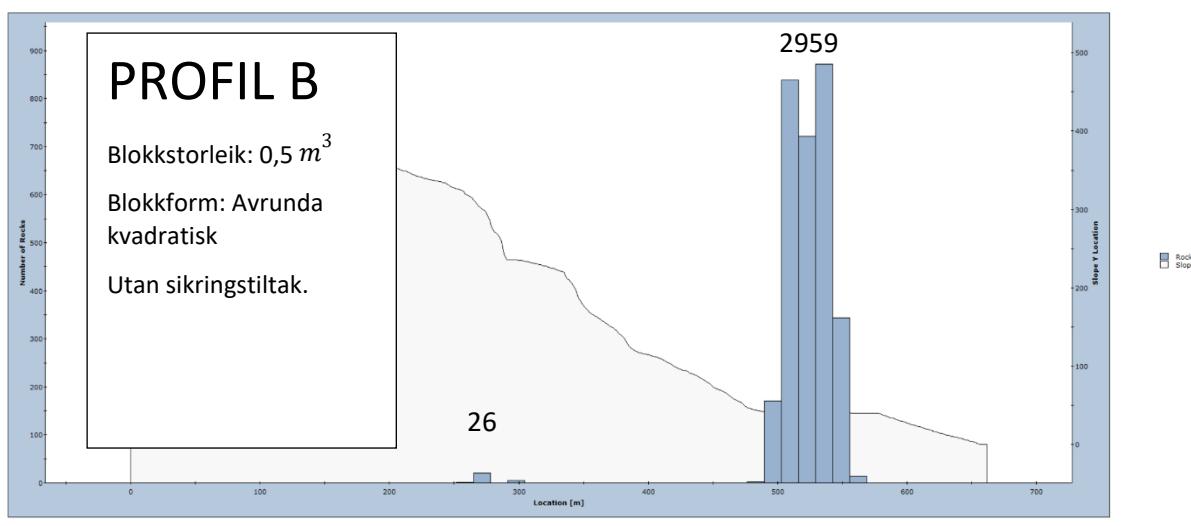
Vedlegg 1, Figur 10: Utløpslengder for steinsprang med storleik $1 m^3$ for profil A. Fanggjerde på 5 m og voll på 4 m er inkludert i modellen. Ny plassering av voll.



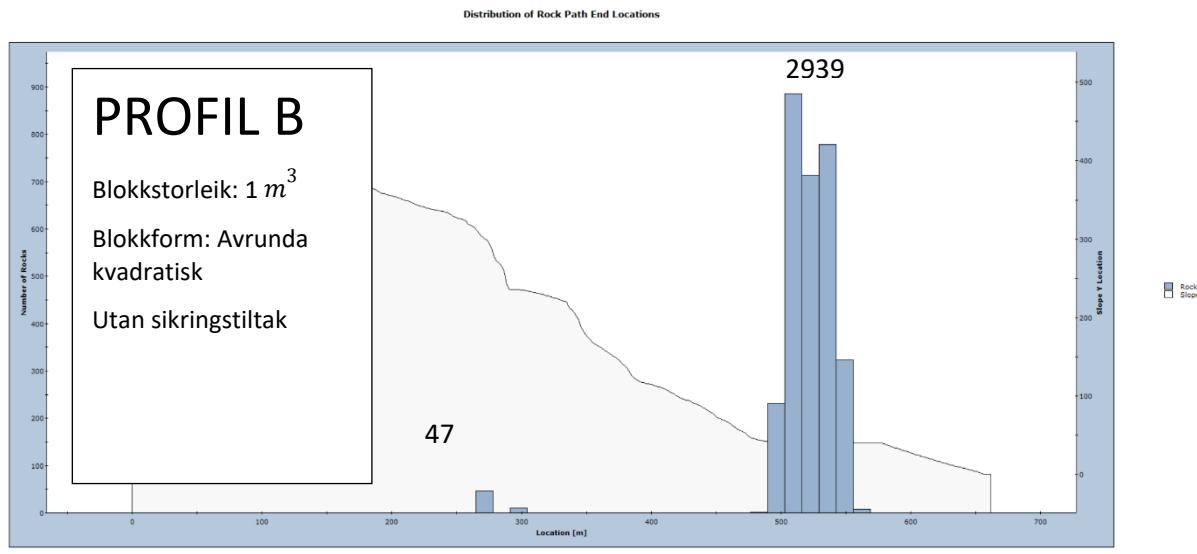
Utløpslengder for steinsprang med storlek $1 m^3$ og kvadratisk form for profil B. Utan sikringstiltak. Vedlegg 1,
Figur 11:



Vedlegg 1, Figur 12: Utløpslengder for steinsprang med storlek $1,0 \text{ m}^3$ og avrunda kvadratisk form for profil B. Voll på 4 m er inkludert i modellen.

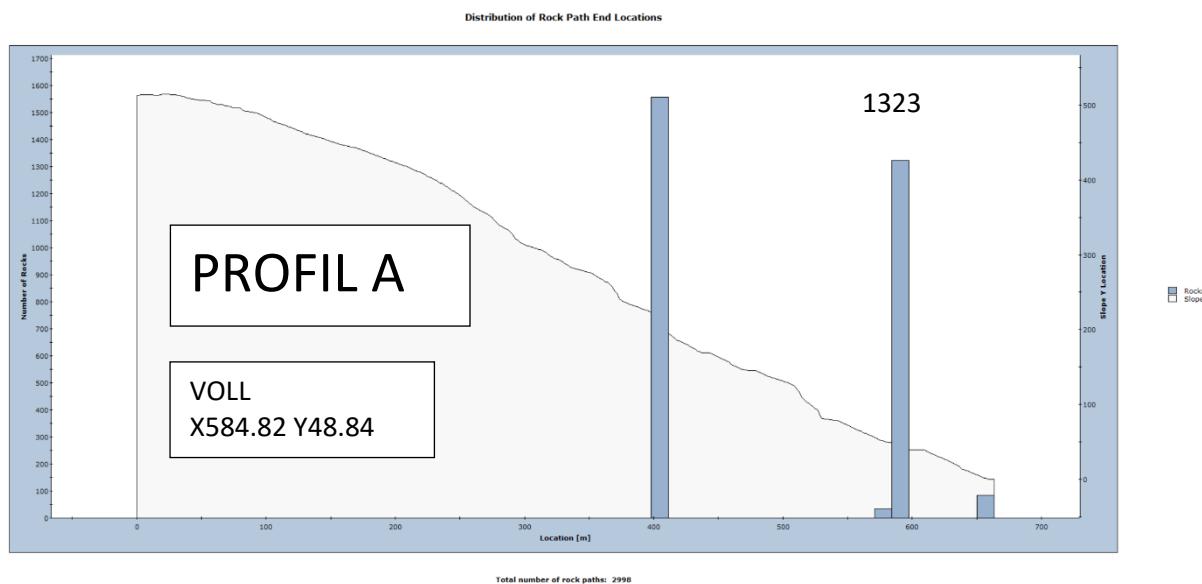


Vedlegg 1, Figur 13: Utløpslengder for steinsprang med storlek $0,5 \text{ m}^3$ og avrunda kvadratisk form for profil B. Utan sikringstiltak.

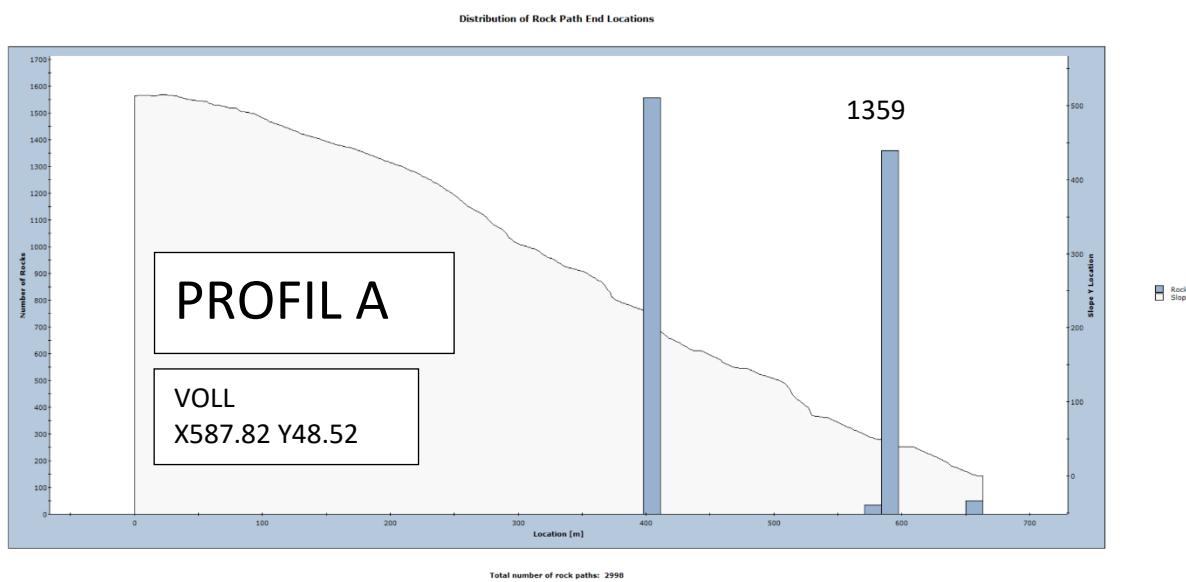


Vedlegg 1, Figur 14: Utløpslengder for steinsprang med storlek 1 m^3 og avrunda kvadratisk form for profil B. Utan sikringstiltak.

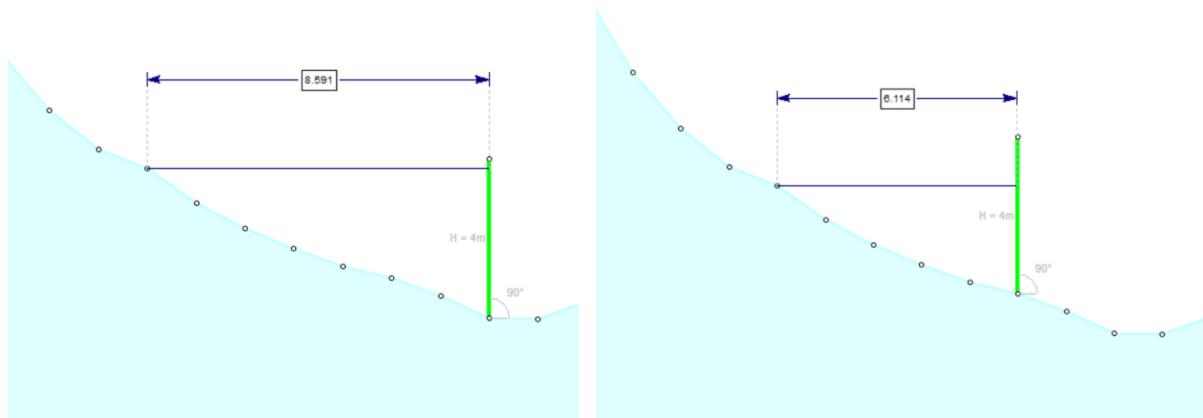
Plassering av voll



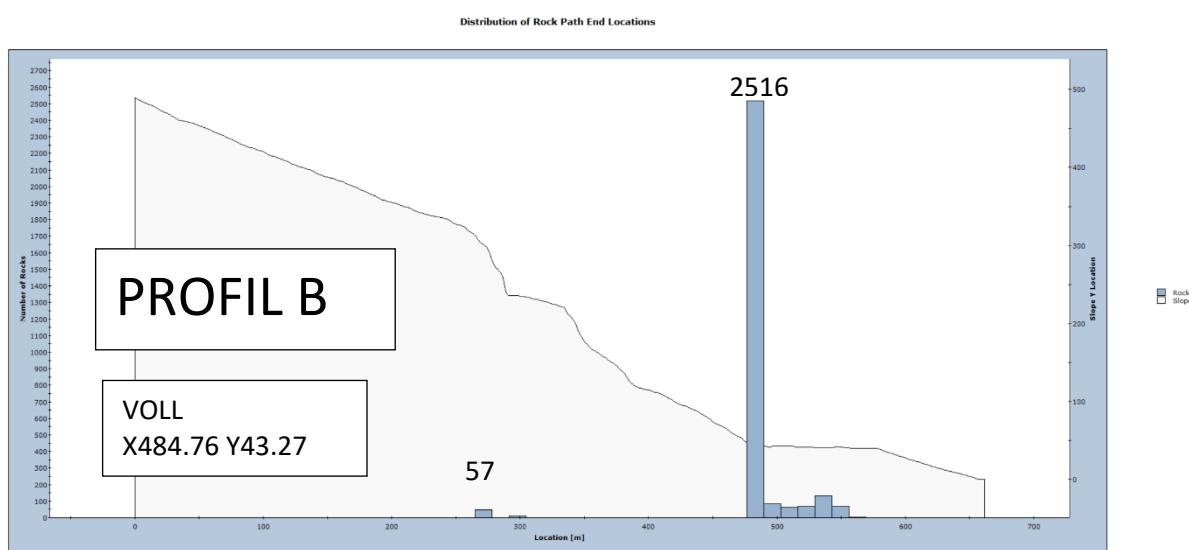
Vedlegg 1, Figur 15: Utløplengder for steinsprang langs profil A. Ein voll plassert ved x584.82 y48.84 stoppar 1323 steinsprang.



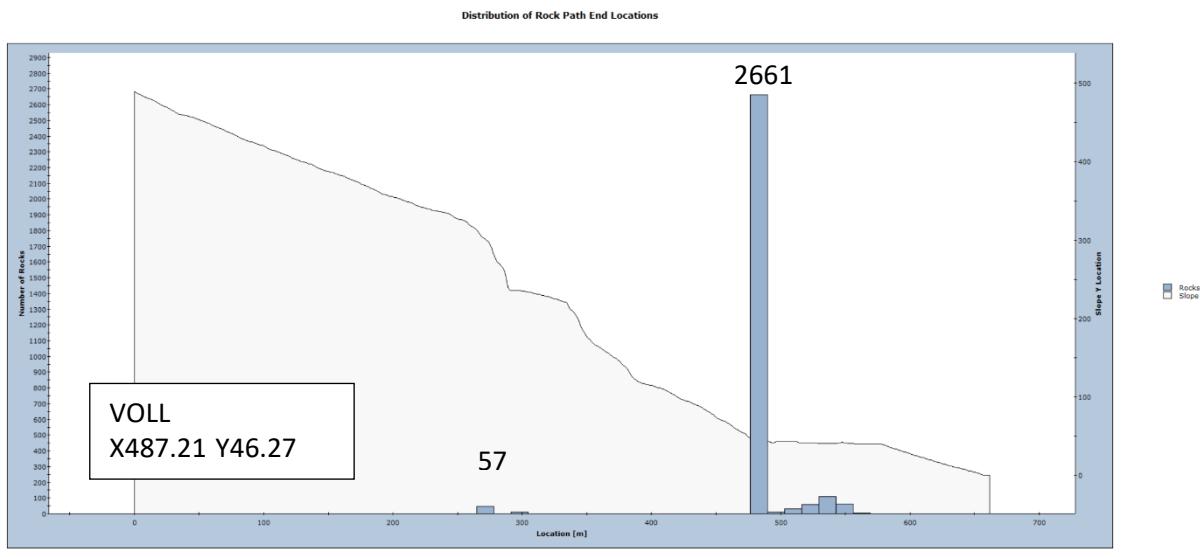
Vedlegg 1, Figur 16: Utløpslengder for steinsprang langs profil A. Ein voll plassert ved x587.82 y48.52 stoppar 1359.



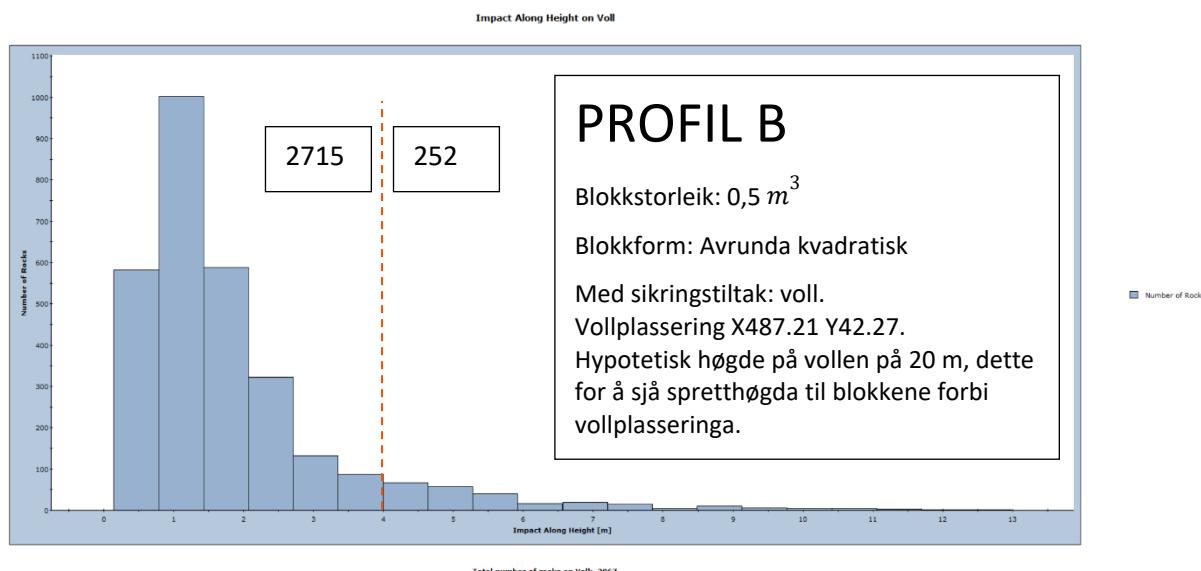
Vedlegg 1, Figur 17: Illustrasjon på flytting av vollplassering for å sjå på effekta avstandsskilnaden har på evna til å fange opp steinsprang. Profil B.



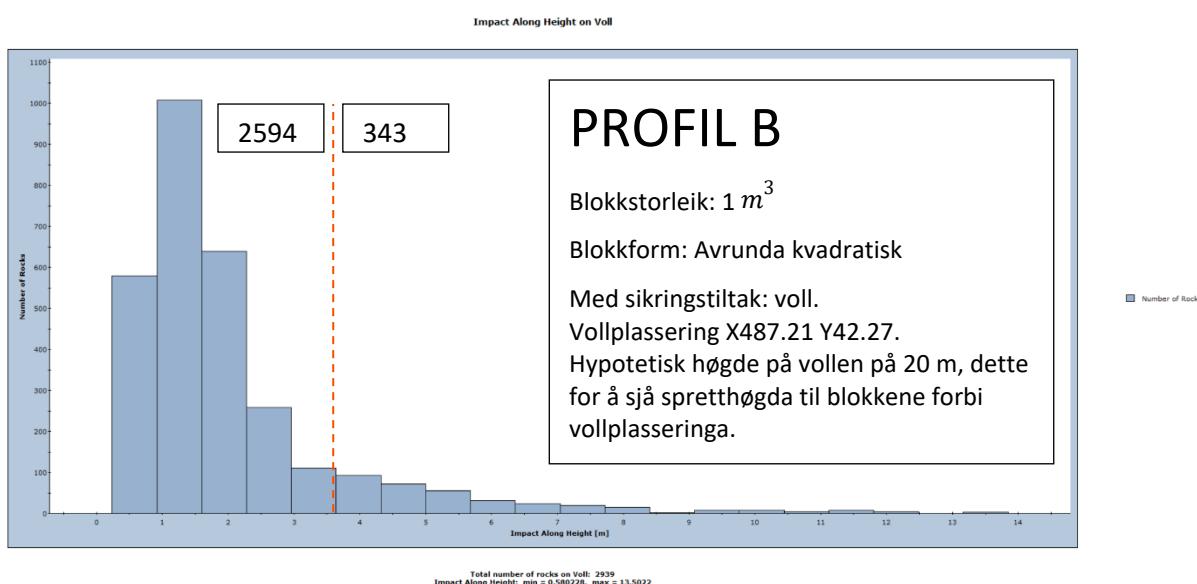
Vedlegg 1, Figur 18: Utløpslengder for steinsprang langs profil A. Ein voll plassert ved 484.76 y43.27 stoppar 2516 steinsprang



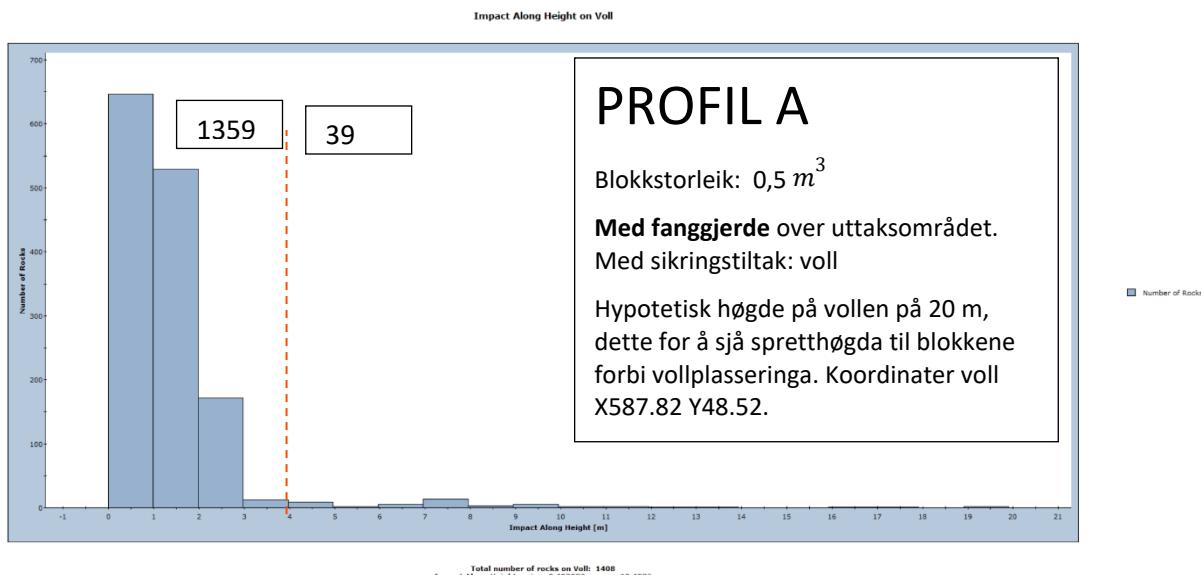
Vedlegg 1, Figur 19: Utløpslengder for steinsprang langs profil A. Ein voll plassert ved 487.21 y46.23 stoppar 2661 steinsprang.



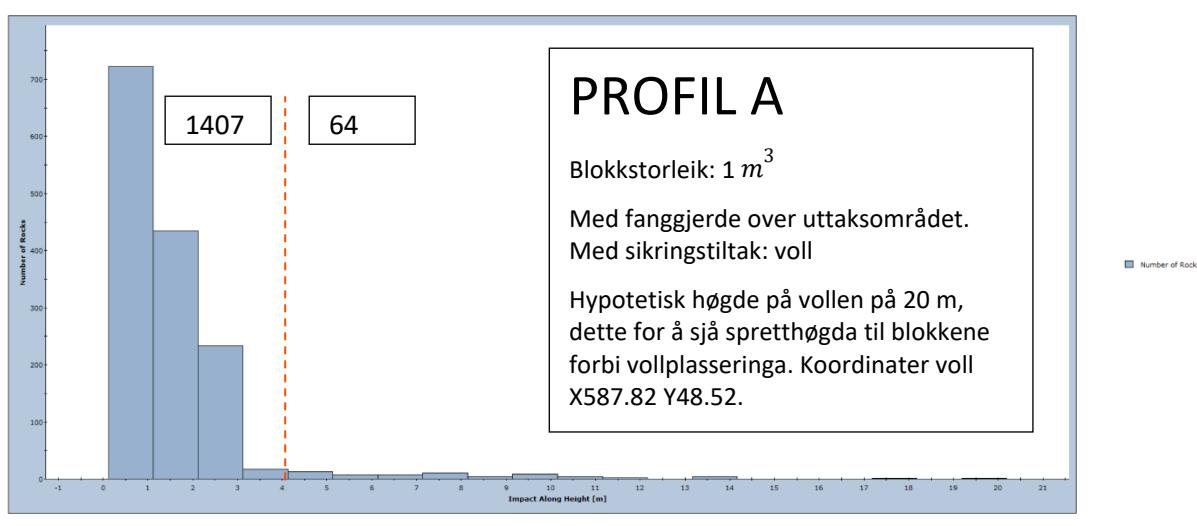
Vedlegg 1, Figur 20: Histogram over høyder der steinblokkene treff den hypotetiske barriera på 20 meter. Raud linje markerar ei høyde over bakkenivå på 4 meter. Profil B. Blokkstørrelse $0,5 m^3$



Vedlegg 1, Figur 21: Histogram over høyder der steinblokkene treff den hypotetiske barriera på 20 meter. Raud linje markerar ei høyde over bakkenivå på 4 meter. Profil B. Blokkstørrelse $1 m^3$.



Vedlegg 1, Figur 23: Histogram over høgder der steinblokkene treff den hypotetiske barrieren på 20 meter. Raud linje markerar ei høgde over bakkenivå på 4 meter. Profil A. Blokkstorleik $0,5 \text{ m}^3$.



Vedlegg 1, Figur 22: Histogram over høgder der steinblokkene treff den hypotetiske barrieren på 20 meter. Raud linje markerar ei høgde over bakkenivå på 4 meter. Profil A. Blokkstorleik 1 m^3 .