



Fjellskred fra Åknes

Reviderte scenarier, sannsynligheter og konsekvenser

RAPPORT NR 16 / 2026

SKREVET AV Lene Kristensen, Kjetil Indrevær, Gustav Pless, Reginald Hermanns og Pierrick Sylvain Nicolet

FJELLSKRED FRA ÅKNES
– REVIDERTE SCENARIOER, SANNSYNLIGHETER OG KONSEKVENSER
RAPPORT NR 16 / 2026

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfattere: Lene Kristensen, Kjetil Indrevær, Gustav Pless,
Reginald Hermanns (v/Norges Geologiske Undersøkelse)
og Pierrick Sylvain Nicolet

Forsidefoto: Arbeid med boring og plassering av borhullsinstrumentering på det ustabile fjellpartiet Åknes. Foto: NVE

ISBN: 978-82-410-2554-9
ISSN: 2704-0305
Saksnummer: 202610921

Sammendrag: Rapporten presenterer reviderte skredscenarioer og volumestimer for fjellskred fra Åknes, basert på oppdatert kunnskap om fjellpartiet. Fire scenarioer er definert med tilhørende volum og årlig sannsynlighet, hvor tidligere estimer for skredvolum er justert ned. Det er i tillegg gjort en oppdatert konsekvensanalyse for områdene rundt Storfjorden, basert på oppdaterte faresoner for flodbølge for de nye scenarioene. Rapporten er en del av kunnskapsgrunnlaget for videre arbeid med beredskapsplaner, plan- og byggesaker.

Emneord: Fjellskred, Konsekvenser, Risiko, Sannsynlighet, Scenarioer, Åknes

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: nve@nve.no

Internett: <https://www.nve.no>

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

Mai, 2026

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	7
2 Historikk og tidligere scenario	7
2.1 NGI, 1989 - 1996	8
2.2 Åknes/Tafjord prosjektet fra 2004.....	8
2.3 Åknes/Tafjord Beredskap IKS fra 2009.....	11
2.4 Norges vassdrags- og energidirektorat fra 2015.....	12
3 Metodikk og datagrunnlag	13
3.1 Bevegelsesdata som grunnlag for scenario.....	13
3.1.1 GPS (GNSS) data.....	13
3.1.2 Totalstasjon og prismedata	15
3.1.3 Bevegelser i borehull	16
3.1.4 Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) fra satellitt.....	18
3.1.5 Overflatebevegelser målt med bakkebasert radar (InSAR).....	20
3.2 Scenarioer i dypet.....	21
3.3 Geofysikk.....	23
4 Nye scenarioer for Åknes	24
4.1 Scenario D - Lite flankescenario.....	24
4.2 Scenario C - Stort flankescenario.....	27
4.3 Scenario B - Midtre scenario.....	30
4.4 Scenario A - Totalscenario.....	33
4.5 Mindre skred.....	33
4.6 Scenarioer og geofysikk	34
4.6.1 Resistivitet	34
4.6.2 Refraksjonseismikk.....	38
4.7 Usikkerheter - scenarioer og skjærplan.....	39
4.7.1 Muligheten for et dypere skjærplan	39
4.7.2 Korrelasjon fra skjærsone til skjærplan	39
4.7.3 Usikkerheter for volumestimat	40
4.7.4 Medrivning av løsmasser i skredbanen	42
4.7.5 Medrivning av fjellmasser	42
5 Årlig sannsynlighet for skred	42
5.1 Usikkerhet ved av årlig sannsynlighet.....	44
6 Konsekvenser og risiko	45
6.1 Faresoner og konsekvenser	45
6.2 Risikoanalyse.....	46
6.3 Modellert grunnlag for evakueringssoner	47
7 Referanser	47

Forord

Det ustabile fjellpartiet Åknes er et av de mest undersøkte fjellskredområdene i Norge. Kunnskapen om fjellpartiet har blitt bygget opp gjennom flere tiår med systematisk overvåking, feltundersøkelser og forskning, i tett samarbeid mellom NVE, NGU, forskningsmiljøer og lokale beredskapsaktører.

Denne rapporten presenterer reviderte skredscenarier for Åknes, med tilhørende volumestimater, årlige skredsannsynligheter og konsekvensvurderinger. Revisjonen er basert på et betydelig forbedret datagrunnlag, særlig nye og dypere borehull med instrumentering etablert i 2017 og 2018, samt lengre tidsserier.

De nye scenarioene danner grunnlag for oppdatert flodbølgemodellering og reviderte faresoner, i tråd med gjeldende metodikk for fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti. Rapporten er utarbeidet som et kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med beredskap, arealplanlegging og vurdering av risikoreduserende tiltak, herunder pågående og planlagte utredninger av drenering ved Åknes.

NVE vil fortsette overvåking og faglig oppfølging av Åknes i tråd med gjeldende ansvar for samfunnssikkerhet og beredskap mot fjellskred.

Mai, 2026

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Lars Harald Blikra
seksjonssjef
Seksjon for flom og skred

Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.

Sammendrag

Denne rapporten presenterer reviderte skredscenarier, volumestimater, årlige skredsannsynligheter og konsekvensvurderinger for det ustabile fjellpartiet Åknes i Stranda kommune. Revisjonen er basert på et vesentlig forbedret datagrunnlag sammenlignet med tidligere vurderinger, særlig gjennom nye og dypere borehull med moderne instrumentering etablert i perioden 2017–2018, samt lengre og mer sammenhengende tidsserier for bevegelser målt i både overflaten og dypet.

Tidligere estimater for skredvolum ved Åknes har i stor grad vært basert på en forenklet metode der overflateareal er multiplisert med en antatt konstant dybde, ofte basert på punktvis observasjoner. I denne rapporten er det benyttet en ny metodisk tilnærming der skjærplan i dypet er modellert tredimensjonalt som planære flater, interpolert mellom dokumenterte aktive skjærsoner i borehull og tilpasset observerte overflatebevegelser og terrengmorfologi. Selv om planære skjærplan representerer en forenkling av virkeligheten – der faktiske skjærplan trolig er undulerende og lokalt trinnvise – gir denne tilnærmingen betydelig bedre volumestimater enn tidligere metoder.

Det er definert tre hovedscenarier med aktive skjærplan. **Scenario D** er et lite flankescenario knyttet til et grunt øvre skjærplan i den mest mobile delen av fjellpartiet. **Scenario C** er et større flankescenario knyttet til et dypere skjærplan og representerer et konservativt «worst-case»-scenario for flanken. **Scenario B** omfatter hele området med dokumenterte bevegelser og er basert på det dypeste eller eneste aktive skjærplanet observert i borehullene. I tillegg er det inkludert et **totalscenario (Scenario A)** med svært lav sannsynlighet, som også omfatter nedre deler av fjellpartiet der det i dag ikke er påvist bevegelser. Totalscenariet inngår som et beredskapsmessig worst case, men benyttes ikke i utarbeiding av faresoner.

De reviderte volumestimaterne er betydelig lavere enn tidligere publiserte anslag. Volumene er beregnet til om lag 2,4 millioner m³ for scenario D, 7,4 millioner m³ for scenario C, 9,7 millioner m³ for scenario B og 31 millioner m³ for scenario A. Usikkerheten i volumestimaterne er håndtert ved et proporsjonalt intervall på ±20 %, som vurderes å dekke realistisk usikkerhet knyttet til både dybde til skjærplan og overflateavgrensning.

Årlige skredsannsynligheter er vurdert i samarbeid mellom NVE og NGU. For scenarioene B og C er NGUs system for fare- og risikoklassifisering lagt til grunn, men metodikken er tilpasset Åknes for å håndtere flere delvis overlappende scenarier som er statistisk avhengige. Det er derfor benyttet en samlet utgangssannsynlighet for skred som er fordelt på de ulike scenarioene, slik at sannsynlighetene kan brukes konsistent i probabilistisk flodbølgemodellering. Totalscenario A har en svært lav estimert sannsynlighet og inngår ikke i det ordinære risikogrunnlaget.

De reviderte scenarioene er benyttet som grunnlag for ny flodbølgemodellering utført av Norges Geotekniske Institutt ved bruk av probabilistisk metode. Resultatene er brukt til å utarbeide nye faresoner med årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000, i samsvar med sikkerhetsklassene i TEK17. Faresonene er publisert i NGI rapport 2026 og [NVEs temakart for fjellskred](#) og inkluderer også skred fra Hegguraksla, et annet ustabil fjellparti i samme fjordsystem som Åknes.

Det er videre gjennomført en oppdatert konsekvensanalyse basert på de nye faresonene. Konsekvensene er beregnet som ventet tap av menneskeliv ved et uvarslet skred, der risikoen er knyttet til etterfølgende flodbølge. Analysene viser at scenarioene B, C og D fortsatt defineres som høy-risiko-scenarioer, til tross for reduserte volumestimer.

Rapporten gir et oppdatert kunnskapsgrunnlag for videre arbeid med beredskap, arealplanlegging og vurdering av risikoreducerende tiltak ved Åknes, herunder pågående og planlagte utredninger av drenering. NVE vil fortsette overvåking og faglig oppfølging av fjellpartiet i tråd med sitt ansvar for samfunnsikkerhet og beredskap mot fjellskred.

1 Innledning

Faren for fjellskred fra det ustabile fjellpartiet Åknes har vært kjent siden 1960-tallet. Systematisk arbeid med å vurdere skredscenarier ble startet av Norges geotekniske institutt (NGI) i 1989, og senere videreført av NGU, det interkommunale selskapet Åknes Tafjord beredskap (ÅTB) og senere NVE. Scenarier med varierende volum og konsekvenser har blitt revidert flere ganger i takt med ny kunnskap og bedre datagrunnlag.

Dagens scenarier og tilhørende konsekvensanalyser bygger i hovedsak på arbeid fra 2011, med en mindre revisjon i 2018. Siden den gang har kunnskapsgrunnlaget økt ytterligere, særlig gjennom undersøkelsesprosjektet knyttet til drenering av Åknes som startet i 2017 (NVE rapport 2021_22). Nye og dypere borehull med instrumentering etablert i 2017–2018 har gitt målinger med høyere kvalitet enn tidligere, og dermed sikrere identifikasjon av aktive skjærsoner i dypet. Dette har gitt bedre grunnlag for å vurdere dybde til og sammenheng mellom aktive skjærplan på tvers av fjellpartiet. Den nye kunnskapen tilsier at eksisterende scenarier i flere tilfeller er for konservative, og at det er behov for en revisjon scenarioene, med tanke på utstrekning i overflaten, dybde til skjærplan og beregnet volum.

Metodikken for å estimere faregrad og årlig sannsynlighet for fjellskred er videreutviklet siden forrige flodbølgemodellering. NGU og NVE har derfor gjennomgått og oppdatert sannsynlighetsvurderingene for Åknes slik at de er i tråd med dagens metodikk. Samtidig har Åknes et mer omfattende datagrunnlag enn de fleste andre ustabile fjellpartier som kartlegges og risikoklassifiseres, og metodikken har derfor vært nødvendig å tilpasse for å håndtere flere delvis overlappende scenarier på en konsistent måte.

Denne revisjonen av skredscenarioene for Åknes danner grunnlag for oppdaterte faresoner og et faglig grunnlag for revisjon av evakueringssoner, basert på dagens kunnskap om scenarier og volum. Parallelt pågår det et forprosjekt for å utrede drenering av Åknes som et mulig risikoreducerende tiltak. Oppdaterte scenarier og faresoner for flodbølge er et sentralt premiss for dette arbeidet, samt for videre beredskapsplanlegging og behandling av plan- og byggesaker i berørte områder.

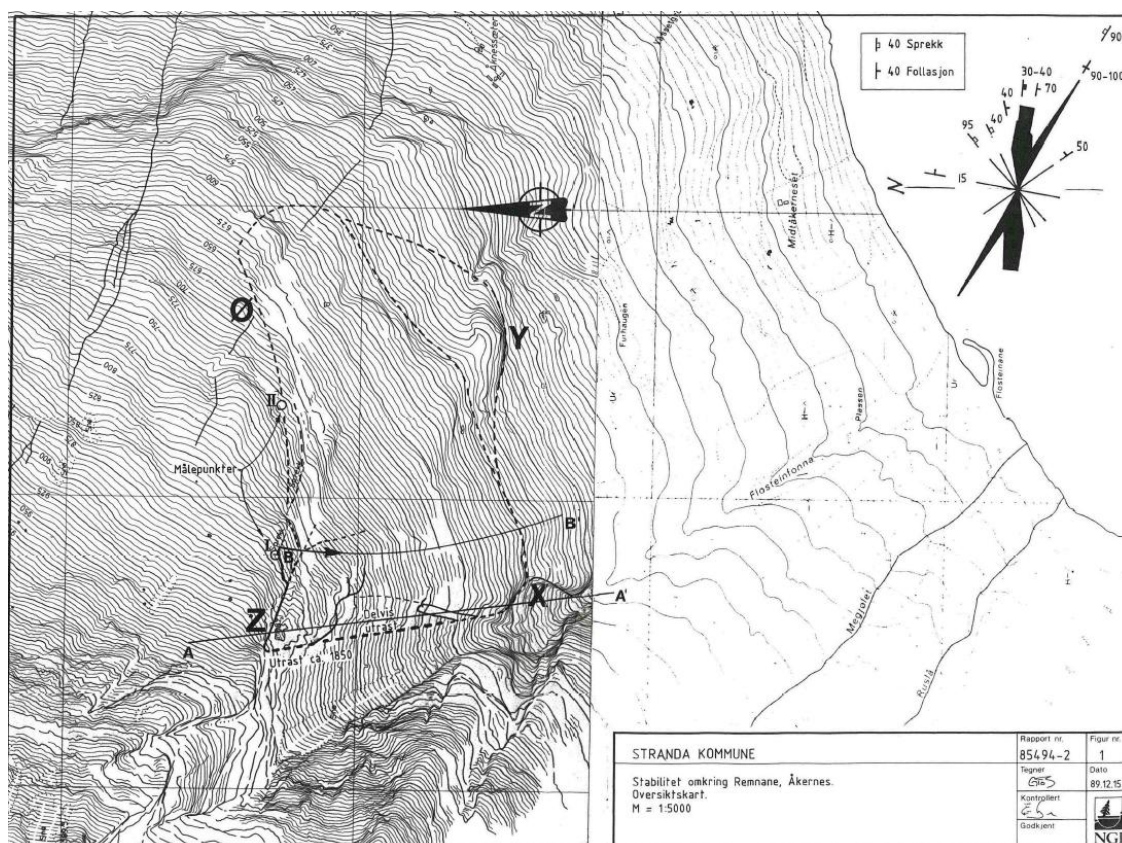
2 Historikk og tidligere scenario

Første omtale av ustabilitet ved Åknes er i en lokalavis i 1964, der lokale beboere varslet om en sprekk som åpnet seg (NGI-rapport 1996). I 1985 ble Stranda kommune kontaktet av Per Åkernes, som har vokst opp under Åknes. Han estimerte at på en bestemt plass var sprekken utvidet over 50 cm mellom 1957 og 1985. Siden da har det vært gjennomført en rekke undersøkelser, overvåkingstiltak og modelleringer av mulige fjellskredscenarier og konsekvenser.

Formålet med dette kapittelet er å gi en kortfattet historikk over hvordan scenarier, volumanslag og sannsynlighetsvurderinger har utviklet seg over tid, og å peke på sentrale endringer i datagrunnlag og metodikk. Underkapitlene oppsummerer de viktigste fasene i arbeidet, fra NGIs tidlige vurderinger (1989–1996), via Åknes/Tafjord-prosjektet og ÅTB, til NVEs arbeid med scenarier og faresoner.

2.1 NGI, 1989 - 1996

NGI gjennomførte de første systematiske undersøkelsene av fjellpartiet, etablerte et tidlig overvåkingsopplegg og utarbeidet mulige skredscenarier med tilhørende konsekvensvurderinger. I 1986 ble det montert målebolter som ble fulgt opp med regelmessige målinger fram til 1995. Fra 1993 ble baksprekken i tillegg overvåket med tre ekstensometre. I en tidlig stabilitetsvurdering (Grimstad, NGI rapport 1989) ble to hovedscenarier analysert: et vestlig scenario med beregnet volum om lag 1,4 mill. m³ og et østlig scenario med volum om lag 4,5 mill. m³ (Figur 1).



Figur 1 Kartbilde fra Grimstad 1989.

I rapporten vurderes det at det kan løsne et volum på over 100 000 m³ fra det vestlige scenarioet, men trolig uten å gi en ødeleggende flodbølge. Det østlige scenarioet ble vurdert som stabilt under normale forhold, men med mulig ustabilitet ved poretryksøkning tilsvarende mer enn 10 m vannsøyle. Videre ble det antatt at stabiliteten kunne øke over tid som følge av gradvis deformasjon og oppdeling i mindre blokker.

NGI rapport 1996 bygger videre på scenarioene og stabilitetsmodelleringen fra 1989. Flodbølgemodellering for et fjellskred på 4,5 mill. m³ indikerer at en flodbølge kan gi betydelige konsekvenser i Hellesylt, men i mindre grad ellers i fjordsystemet. Rapporten peker samtidig på at stabilitetsmodelleringen tilsier at et slikt fjellskred er usannsynlig.

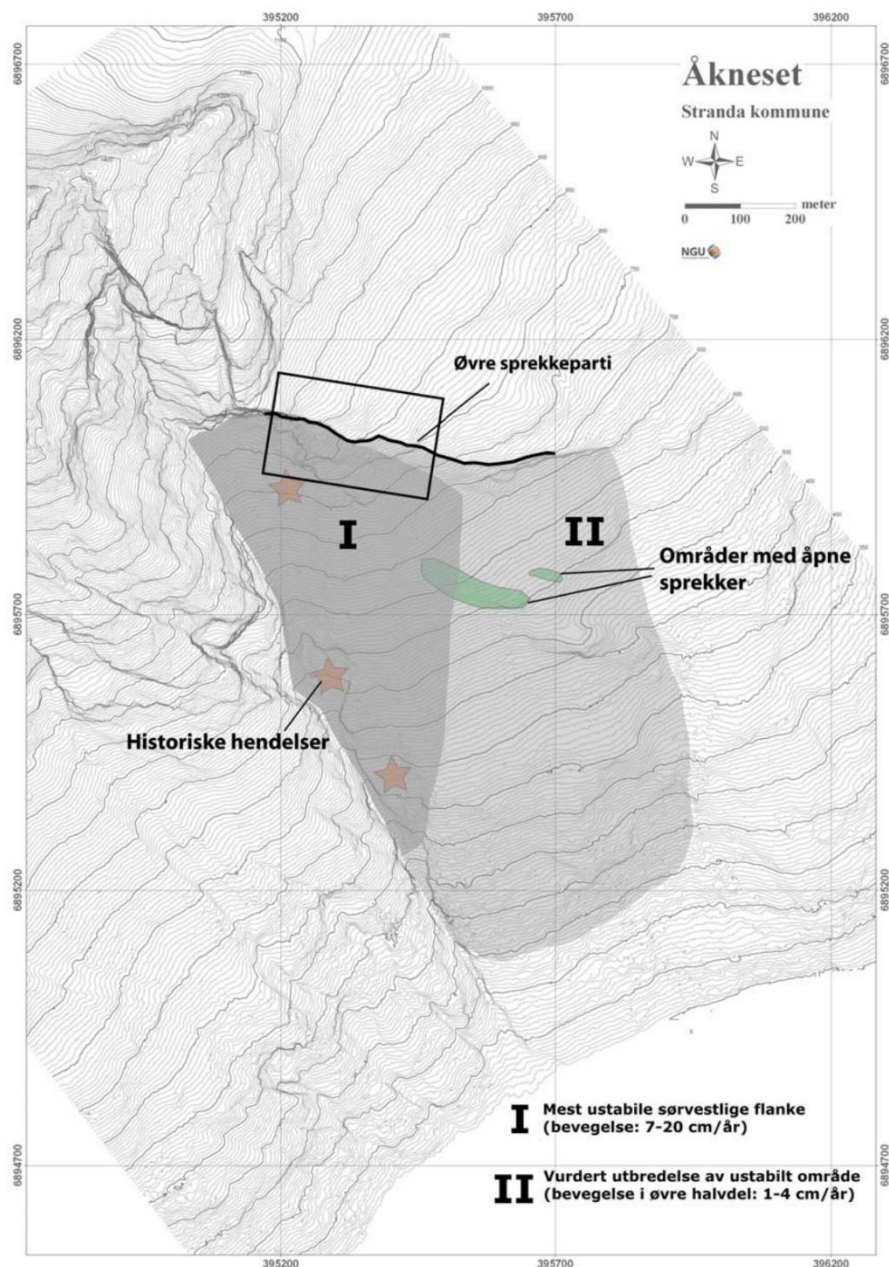
2.2 Åknes/Tafjord prosjektet fra 2004

Åknes/Tafjord-prosjektet startet i 2004. Prosjektet omfattet omfattende feltundersøkelser, kartlegging og modellering, og resultatene er publisert i en rekke rapporter, artikler,

masteroppgaver og doktorgradsavhandlinger. NGU rapport 2006.039 beskriver to hovedscenarier og estimerer årlige skredsannsynligheter (Figur 2):

- Et flankeskred på ca. 10 mill. m³ (8–16 mill. m³, årlig sannsynlighet 1/100–1/300).
- Et totalskred på ca. 35 mill. m³ (35–100 mill. m³, årlig sannsynlighet 1/300–1/1000).

Sannsynlighetene bygger på historiske fjellskredhendelser og kartlegging av fjellskredavsetninger i fjordsystemet.

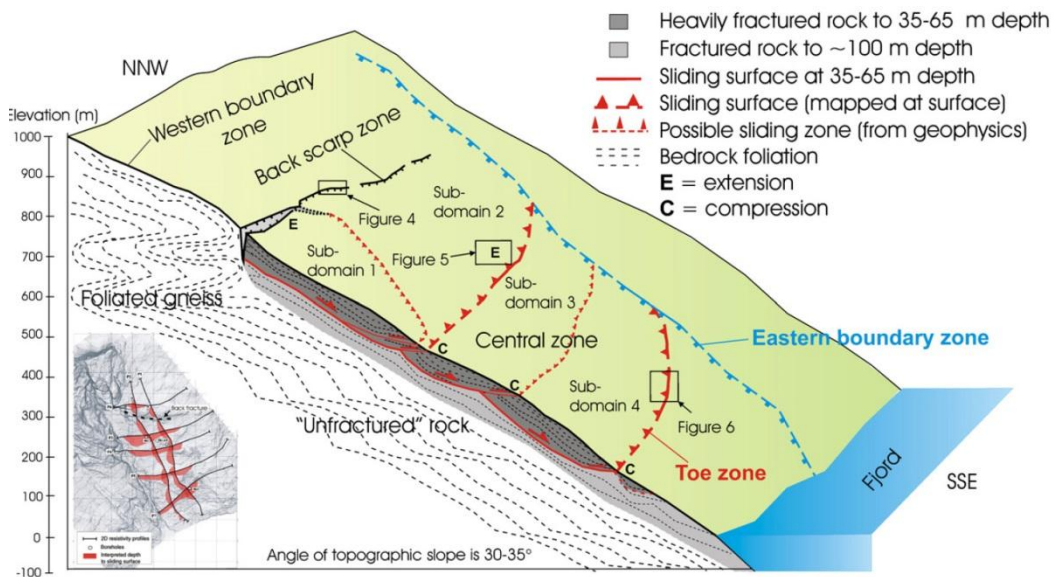


Figur 2 Scenario fra NGU rapport 2006.039.

Ganerød m.fl. (2008) publiserte en geologisk modell for Åknes, der fjellpartiet ble inndelt i flere subdomener (Figur 3). Med utgangspunkt i hvert domenes areal og en antatt dybde til skjærplan på henholdsvis 50 og 65 m ble volumene estimert til:

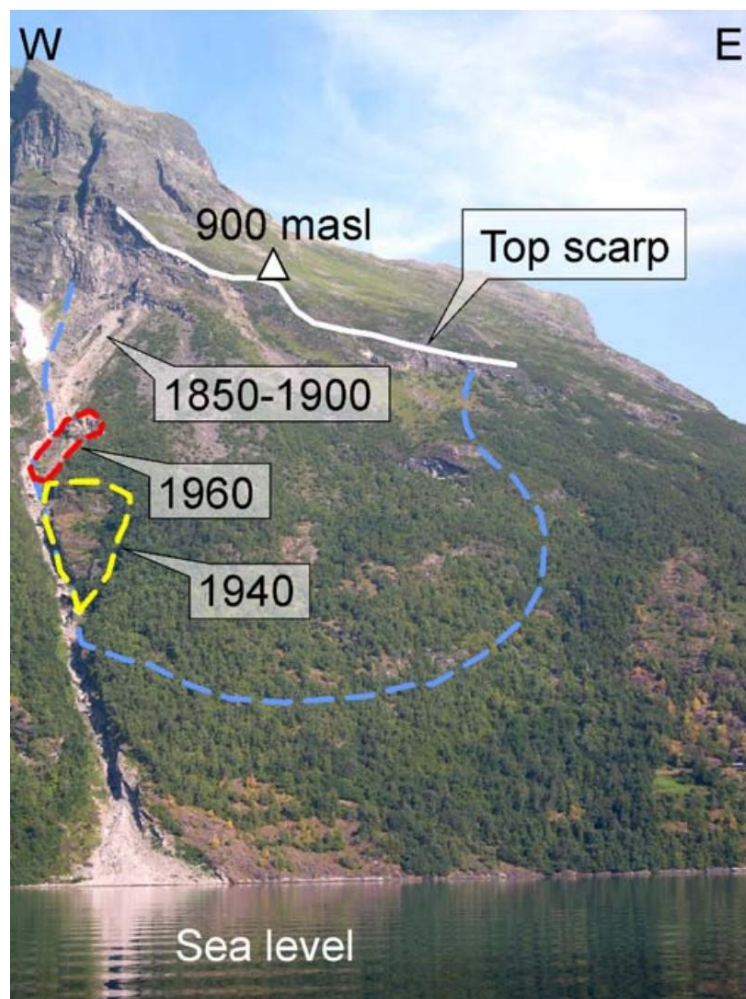
- Subdomene 1: 5,1–6,6 mill. m³
- Subdomene 2: 5,9–7,7 mill. m³
- Subdomene 3: 7,8–10,1 mill. m³
- Subdomene 4: 5,8–7,6 mill. m³

Subdomene 1 representerer et flankescenario og er mindre enn flankescenarioet i Figur 2. Subdomene 2 og 3 kan til en viss grad sammenlignes med NGIs østlige scenario. Summen av maksimalvolumene for alle subdomenene er om lag 32 mill. m³.



Figur 3 Geologisk modell og subdomener publisert av Ganerød (2008).

Som en del av prosjektet ble tidligere skredhendelser fra Åknes kartlagt (Figur 4). Kartlagte skredhendelser datert til 1940 og 1960 brukes senere i denne rapporten som grunnlag for å begrunne de reviderte scenarioene.



Figur 4 Avgrensning og kartlagte historiske skred fra Åknes. Figuren er fra Kveldsvik m.fl. 2008 og modifisert fra Derron m.fl. 2005.

2.3 Åknes/Tafjord Beredskap IKS fra 2009

Fra 2009 ble ansvaret for overvåking og varsling av fjellskred fra Åknes overtatt av det interkommunale selskapet Åknes/Tafjord Beredskap IKS (ÅTB).

NGI gjennomførte numerisk flodbølgemodellering, og Åknes rapport 01.2010 beskriver scenarioene som lå til grunn for modelleringen og faresonene som ble benyttet frem til april 2026. I modelleringen ble det lagt til grunn konservative volumanslag for to scenarioer: et flankescenario (2B) med volum 18 mill. m³ og årlig sannsynlighet > 1/1000, samt et totalscenario (1C) med volum 54 mill. m³ og årlig sannsynlighet > 1/5000. Volumanslagene er høyere enn i NGU rapport 2006.039 og Ganerød m.fl. (2008), blant annet fordi det er tatt høyde for et dypere skjærplan og større usikkerhet i volumestimatene. Blikra (2012) knytter de høyere volumanslagene blant annet til Kveldsvik (2008) sin numeriske stabilitetsmodellering, som indikerer at et dypere skjærplan er mer sannsynlig enn et grunnere. Overflateavgrensningene er antatt å tilsvare Figur 2, men dette er ikke eksplisitt spesifisert i rapporten.

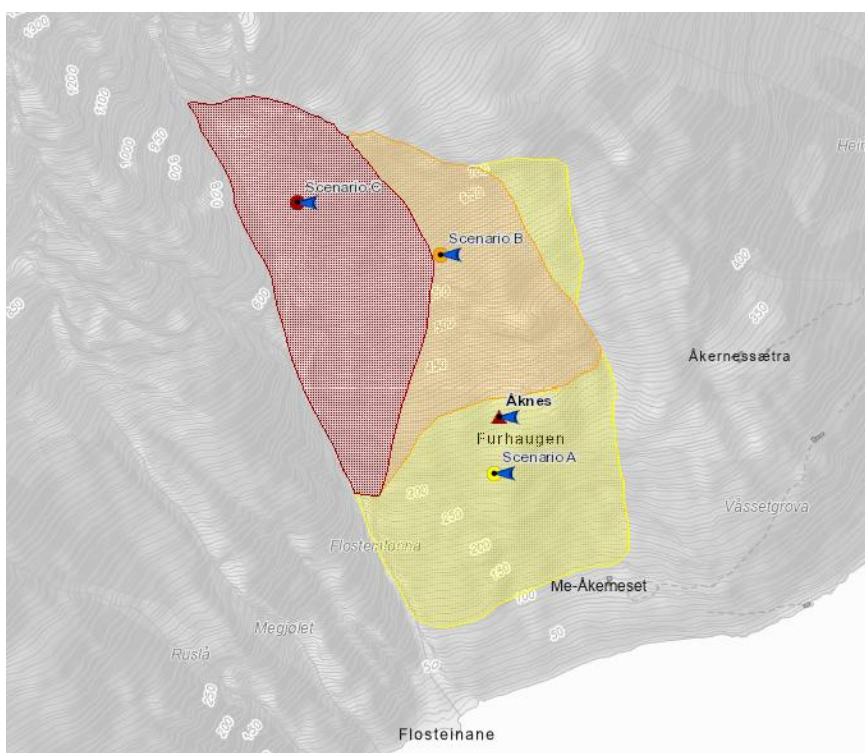
Faresonene for flodbølger som var gjeldende frem til april 2026, er utarbeidet av NGI (NGI rapport 20051018-00-1-R). Det ble ikke utarbeidet sammenhengende oppskyllingslinjer for hele fjordsystemet, men oppskylling (trimlinjer) ble beregnet for 21 tettsteder rundt Storfjorden.

2.4 Norges vassdrags- og energidirektorat fra 2015

Siden 2015 har ansvaret for overvåking og varsling av fjellskred, samt utarbeiding av faresoner, ligget hos NVE.

I forbindelse med publisering av NVEs temakart for fjellskred i 2018 ble overflatescenarioene for Åknes revidert (Figur 5). Bakgrunnen var at det etter mange års overvåking ikke var dokumentert bevegelser i nedre del av fjellpartiet (subdomene 4 i Figur 3). Det ble definert tre scenarier, navngitt i tråd med NGUs navnekonvensjon for fjellparti med flere scenarier:

- Scenario A (totalskred): 54 mill. m³, årlig sannsynlighet > 1/5000. Scenarioet inkluderer nedre del uten dokumentert bevegelse.
- Scenario B (midtre del, inkl. flanke): 18 mill. m³, årlig sannsynlighet > 1/1000. Typiske hastigheter 1–4 cm/år.
- Scenario C (flanke): 10 mill. m³, årlig sannsynlighet > 1/100. Typiske hastigheter 4–10 cm/år.



Figur 5 Løsnescenario som tidligere lå på NVEs temakart (<https://temakart.nve.no/tema/fjellskred>)

Sannsynlighetene ble estimert med utgangspunkt i nåværende fare- og risikoklassifiseringsmetodikk (NGU rapport 2012.09 og NVE rapport 2016.77). Volumslaget på 10 mill. m³ for scenario C (flankescenarioet) er hentet fra masteroppgaven til Langeland (2014) og er knyttet til det nedre skjærplanet. Et scenario knyttet til et øvre skjærplan estimeres til 3,5–4,5 mill. m³. Det ble ikke gjennomført en ny evaluering av volum for scenario B og A, og volumene ble videreført som ca. 18 mill. m³ (scenario B) og ca. 54 mill. m³ (scenario A). Det ble heller ikke utført ny flodbølgemodellering etter revisjonen, og det forelå derfor ikke en egen faresone for scenario C med årlig sannsynlighet > 1/100.

3 Metodikk og datagrunnlag

Åknes har omfattende instrumentering for overvåking av bevegelser, og er det mest undersøkte ustabile fjellpartiet i Norge. Undersøkelsene består av feltkartlegging av morfologi og strukturer, kjerneboring i ulike deler av fjellet, geofysikk (i borehull, 2D-resistivitetsprofiler og seismikk), diverse hydrogeologiske undersøkelser, med mer. I tillegg finnes det InSAR-data fra satellitt og fra periodiske målinger med bakkeradar.

I denne revisjonen av scenarier har utgangspunktet vært *målte bevegelser* i overflaten og i borehull, med mindre vekt på tolking av geofysikk og knusnings-soner i borehull.

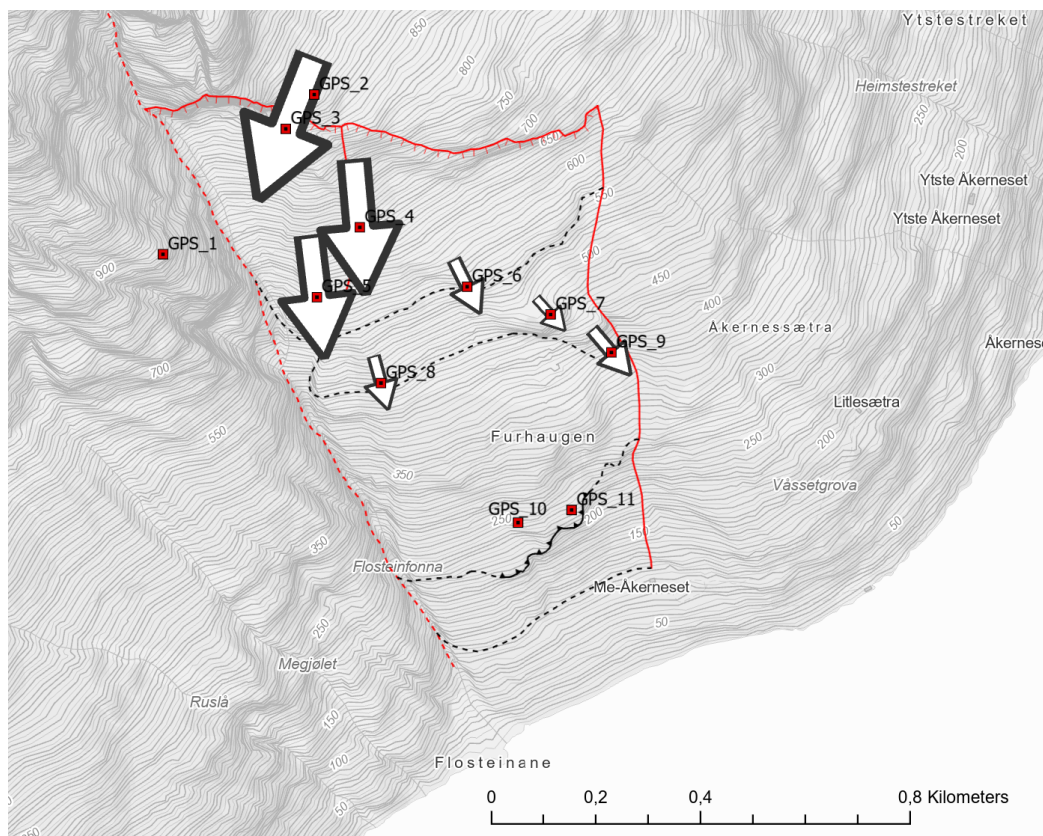
3.1 Bevegelsesdata som grunnlag for scenario

Overflatescenarier er tegnet i ArcGIS Pro. Dokumenterte overflatebevegelser er styrende for å definere utstrekningen i overflaten til de nye scenarioene. Der datagrunnlaget er usikkert, er omriss til dels tilpasset morfologien. Utgående skjærplan er ikke entydig observerbare på Åknes, mens øvre avgrensning er tydelig markert med den åpne baksprekken. Vestlig avgrensning dannes hovedsakelig av den markante rennen i vest, mens østlig grense primært er tegnet langs et tydelig skille i målt overflatebevegelse i fjellet. Bevegelsesdata er sammenstilt i tabeller og shapefiler med bevegelser (størrelse og retning) for overflatesensorer og borehullsinstrumenter. Det er ikke brukt indirekte måldata som f.eks. geofoner i overflaten og i borehull. Andre målinger av bevegelse fra eksempelvis strekkstag og laser er ikke vist i rapporten, men målingene samsvarer med det som er vist. Se [NVEs Veileder for sikkerhet mot fjellskred](#) for informasjon om de ulike instrumenttypene som benyttes i overvåkingen.

Lineamenter som er vist i påfølgende kart er hentet fra NGUs database, i hovedsak basert på Ganerøds m.fl. kartlegging (2008).

3.1.1 GPS (GNSS) data

Åknes er instrumentert med 11 GPS-stasjoner (Figur 6). GPS_1 er en referansestasjon som står stabilt. Det er ikke registrert signifikant bevegelse i GPS 2 (øverst ved Ørnereiret) eller på GPS 10 og 11.



Figur 6 GPS-stasjoner på Åknes med navn. Lineamentene er fra Ganerød 2008. Hvite piler viser 3D-bevegelse med størrelse og retning.

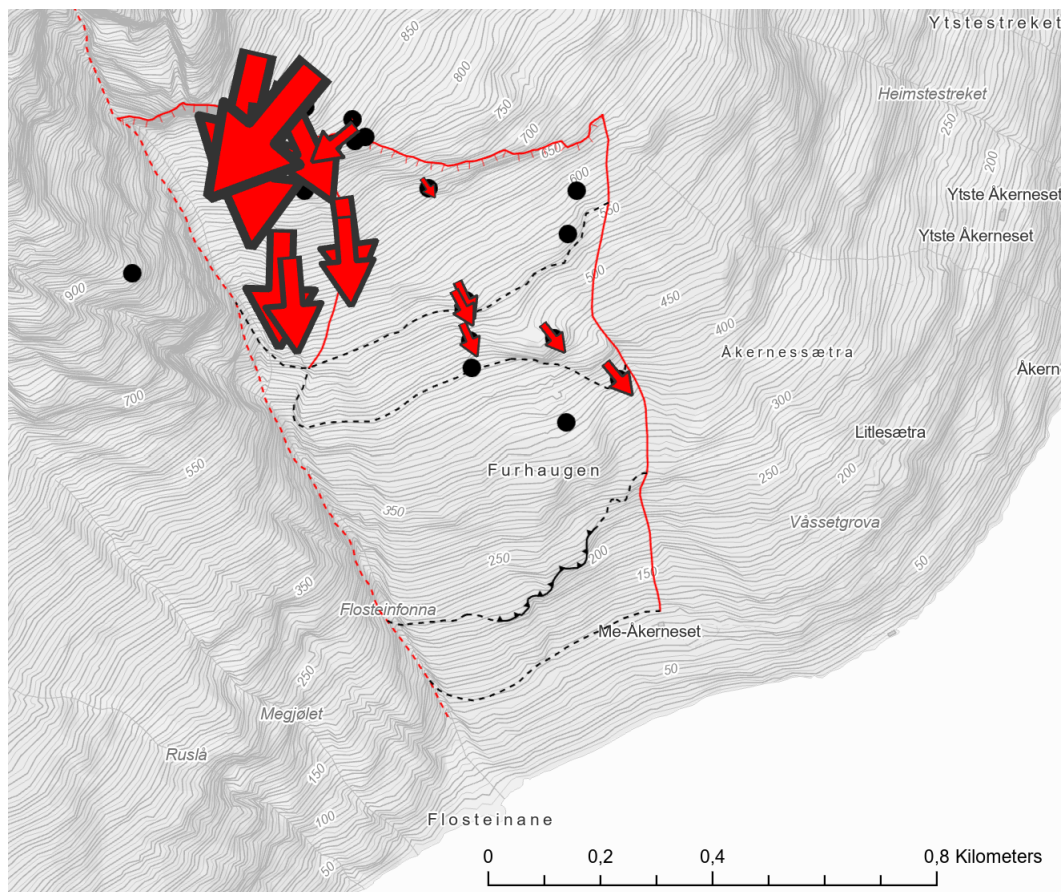
Tabell 1 angir bevegelse de siste 5 årene. Årlig hastighet samt retning og fall i grader er beregnet. Figur 6 viser 3D-hastigheten med retning. Legg merke til at GPS 3 har mest vertikalbevegelse (helning 63 grader) mens de øvrige har helning mellom 35° og 14°.

Navn	Nord	Øst	Vertikal	2D mm/år	3D mm/år	Retning (°)	Fall (°)
GPS_1	0	0	0				
GPS_2	0	0	0				
GPS_3	-128	-50	-275	27	61	201	63
GPS_4	-237	21	-127	48	54	175	28
GPS_5	-227	28	-89	46	49	173	21
GPS_6	-87	43	-56	19	22	154	30
GPS_7	-49	44	-41	13	16	138	32
GPS_8	-81	22	-59	17	21	165	35
GPS_9	-82	70	-27	22	22	140	14
GPS_10	0	0	0				
GPS_11	0	0	0				

Tabell 1 Avlest bevegelse på GPS de siste 5 årene, med beregnet årlig hastighet, retning og fall på bevegelsen.

3.1.2 Totalstasjon og prismedata

Tilsvarende tabell (Tabell 2) og shapefil er laget for 31 prismer på Åknes, som måles fra en totalstasjon ved GPS1 (Figur 6). 17 av prismene måler signifikant bevegelse. Det er beregnet årlig hastighet basert på bevegelsen de siste 5 årene. 3D-bevegelsen er vist på Figur 7. De sorte prikkene viser prismer hvor det ikke er registrert bevegelse.



Figur 7 3D-bevegelse på prismene, hvor pilene viser størrelse og horisontal retning på bevegelsen. Sorte prikker er prismer uten bevegelse.

Navn	X	Y	Nord	Øst	Vertikal	2D mm/år	3D mm/år	Retning (°)	Fall (°)
AK-PRM-1	83572	6920258	0	0	0				
AK-PRM-2	83677	6920261	0	0	0				
AK-PRM-4	83685	6920258	0	0	0				
AK-PRM-5	83695	6920249	0	0	0				
AK-PRM-6	83648	6920228	0	0	0				
AK-PRM-7	395017	6895778	3	-8	-2	2	2	111	13
AK-PRM-8	395017	6895778	0	0	0				
AK-PRM-9	83613	6920209	-200	-165	-380	52	92	220	56
AK-PRM-10	83625	6920199	-126	-44	-279	27	62	199	64
AK-PRM-11	83579	6920227	-213	-50	-345	44	82	193	58
AK-PRM-12	83688	6920194	0	0	0	0	0		
AK-PRM-13	83777	6920220	-7	3	0	2	2	157	0

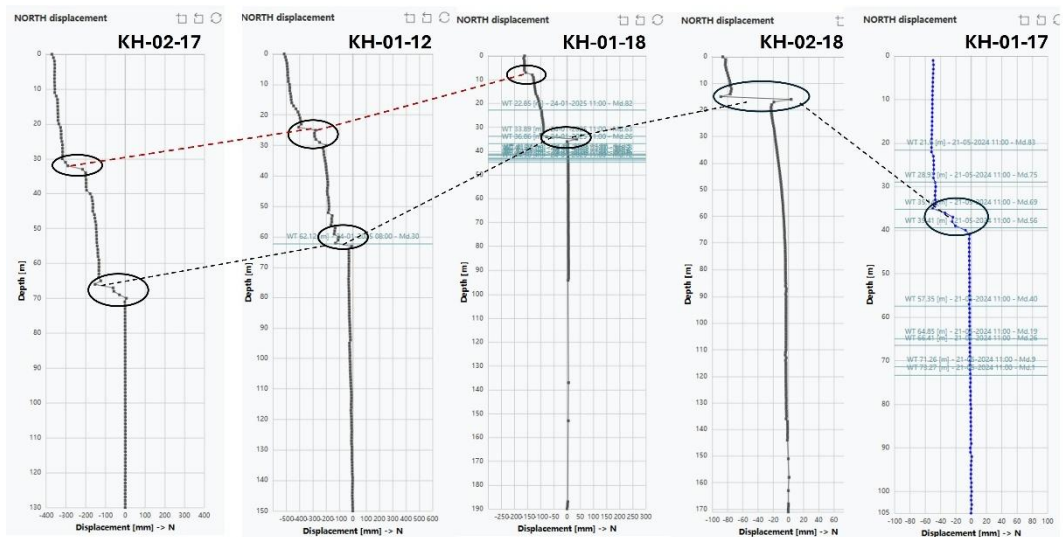
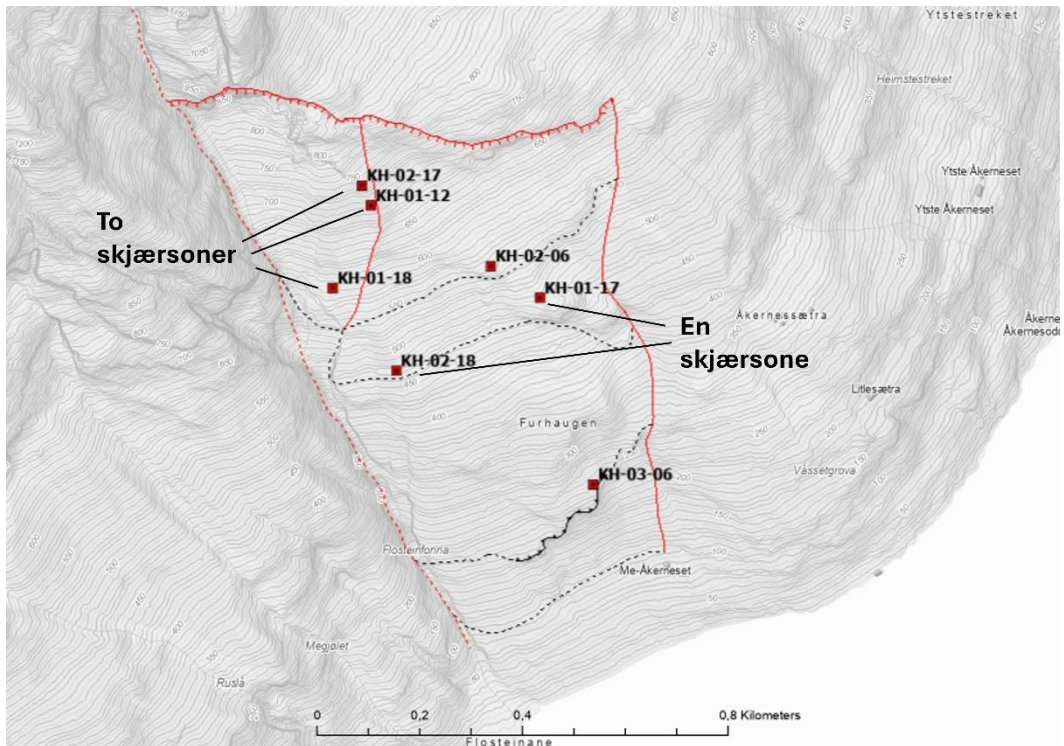
AK-PRM-14	83694	6920172	-106	50	-284	23	61	155	68
AK-PRM-15	83739	6920178	-30	-37	-148	10	31	231	72
AK-PRM-16	83796	6920186	0	0	0				
AK-PRM-17	83778	6920181	0	0	0				
AK-PRM-18	83601	6920133	-341	-38	-196	69	79	186	30
AK-PRM-20	83901	6920085	-47	32	-31	11	13	146	29
AK-PRM-21	83749	6919997	-228	32	-130	46	53	172	29
AK-PRM-22	83745	6919968	-218	18	-115	44	49	175	28
AK-PRM-23	83621	6919929	-287	-7	-153	57	65	181	28
AK-PRM-24	83641	6919899	-232	19	-126	47	53	175	28
AK-PRM-25	84164	6920055	0	0	0				
AK-PRM-26	84141	6919981	0	0	0				
AK-PRM-27	83950	6919879	-92	42	-53	20	23	155	28
AK-PRM-28	83944	6919865	-83	45	-57	19	22	152	31
AK-PRM-29	83950	6919808	-80	36	-49	18	20	156	29
AK-PRM-30	84100	6919797	-70	55	-47	18	20	142	28
AK-PRM-31	83948	6919759	0	0	0				
AK-PRM-32	84209	6919714	-85	70	-39	22	23	141	20
AK-PRM-33	84107	6919646	0	0	0				

Tabell 2 Avlest bevegelse på prismene de siste 5 årene, med beregnet årlig hastighet, retning og fall på bevegelsen. X og Y er koordinater i UTM 33N.

3.1.3 Bevegelser i borehull

I det følgende betegner vi bevegelse målt i en avgrenset sone i borehull som *skjærsoner*. Skjærsonen indikerer glideplan i borehullet, men vi bruker betegnelsen *skjærplan* for interpolerte flater mellom skjærsonene.

Det finnes i dag syv borehull med instrumentering på Åknes (**Feil! Fant ikke referanse-kilden.**). Instrumentene er alle av type DMS med inklinometer for hver meter. Nederste borehull viser ikke signifikant bevegelse. De tre borehull i subdomene 1 (KH-01-12, KH-02-17 og KH-01-18) har to skjærplan, mens KH-02-18 og KH-01-17 har et skjærplan. Borehullene fra 2017 og 2018 (siste tallet i borehullsnavnet indikerer årstall for boring) er instrumentert uten casing (plastikkør inne i borehullet) men med packere mellom viktige soner, som gjør det mulig å måle vanntrykk i ulike sprekkesystemer. Borehullsinstrumentene som står uten casing har vist seg å gi mer pålitelige måledata, slik at bevegelser målt i skjærplan omtrent samsvarer med overflatebevegelser.



Figur 8 Plassering av borehull som har instrumentering i dag. Det er indikert om det måles bevegelse i et eller to skjærplan i borehullene. Nederst vises kumulert bevegelse i nordlig retning for fem av borehullene, hvor plassering av skjærplanene er innsirklet. Negative verdier indikerer at bevegelsen er mot sør. KH-02-06 er ikke vist, grunnet støyete data. De stiplede linjer viser interpolasjon mellom skjærplan (kapittel 4). Merk at den vertikale akse er ulik mellom borehullene.

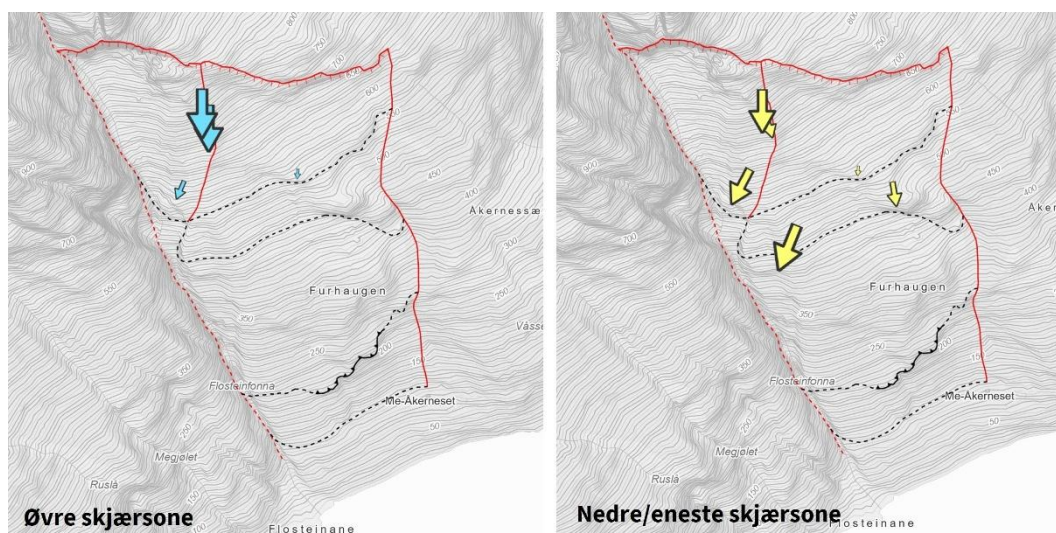
Dyp til skjærsoner, årlig bevegelse og retning på bevegelsen er vist i Tabell 3. Her er det brukt bevegelse for hele nåværende måleperiode for hvert enkelt instrument og omregnet til årlig hastighet. I eksempelvis KH-01-17 skjer bevegelsen jevnt i 35-40 meters dyp (**Feil! Fant ikke referanseskilden.**) men 37 m er benyttet som dybde til skjærsonen i tabellen. Data er generelt mer støyete for de eldre borehullene. Bevegelsen i skjærsonen(e) på KH-02-06 er mindre enn for de øvrige, og er mye mindre enn det som måles på overflaten. Det er en tydelig definert

skjærsone ved 33 m dyp, mens det er usikkert om det finnes en skjærsone ved 9 m dyp. I tolkningen og korrelasjon mellom skjærsoner er lagt til grunn at det bare finnes en skjærsone i AK-KH-02-06.

Piler med bevegelse og retning er vist i Figur 9. Bevegelsene i borehullene er generelt mer mot vest enn det som er målt i overflaten (sammenlign Figur 9 med Figur 6 og Figur 7). Det er uvisst hva som er årsak til dette, men antagelig er bevegelsesretningene målt i overflaten mest riktige, siden de er mer konsistente.

Borehullsnavn	m.o.h.	Nedre skjærsone dybde	Årlig bevegelse mm	Retning, nedre skjærsone	Øvre skjærsone dybde	Årlig bevegelse mm	Retning, øvre skjærsone
KH-01-12	701	63	12	163	24	18	180
KH-02-17	734	66	21	180	32	19	180
KH-01-18	593	34	19	208	7	8	203
KH-02-06	561	33	5	184	9?	4?	185?
KH-01-17	507	37	12	171			
KH-02-18	471	15	24	202			
KH-03-06	240	0	0	0			

Tabell 3 Bevegelse registrert langs øvre og nedre/eneste skjærsone

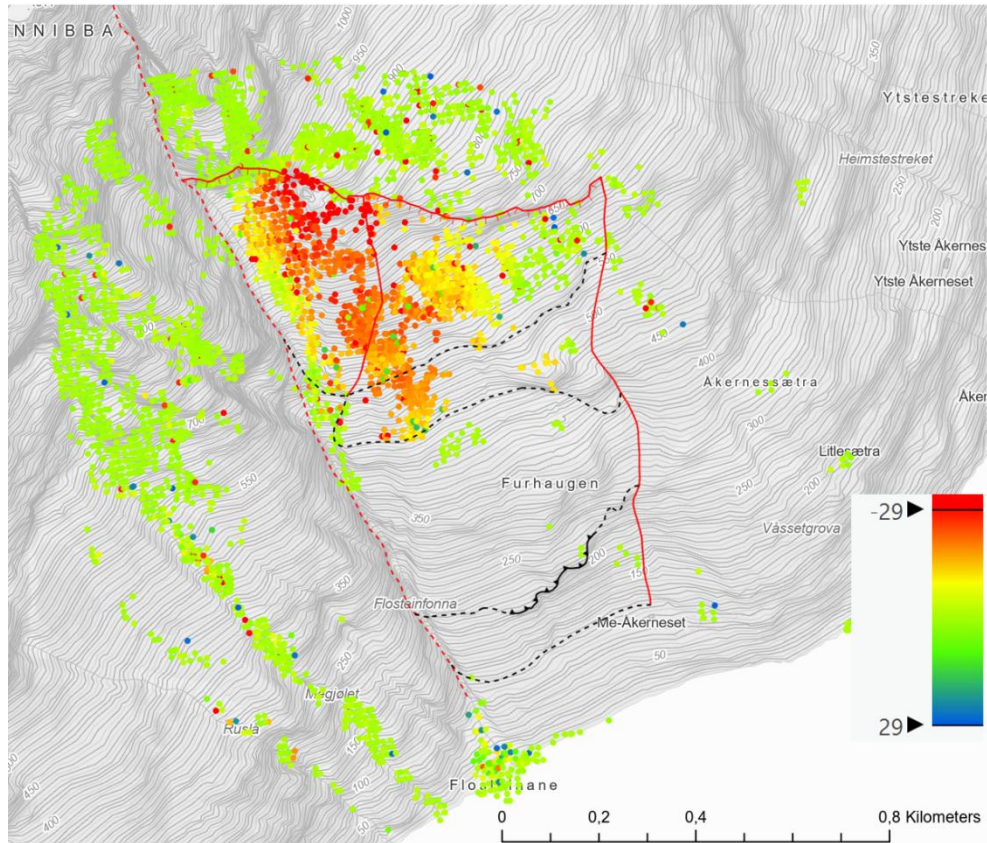


Figur 9 Bevegelse - størrelse og retning langs øvre og nedre/eneste skjærsone.

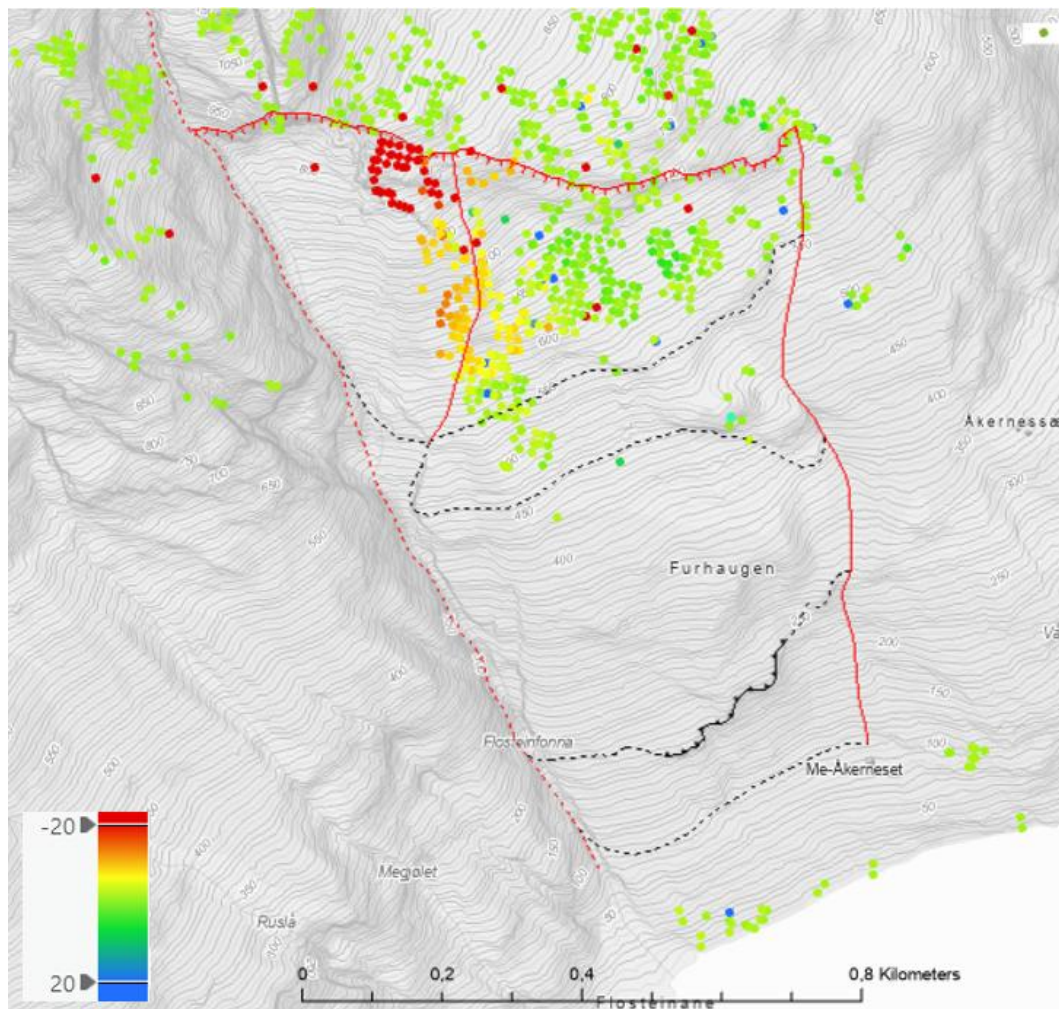
3.1.4 Inferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) fra satellitt

Data fra <https://insar.ngu.no/> for bevegelser målt med Sentinel-1 radarsatellitter, i ascending (nordgående satellittbane) og descending (sørgående satellittbane) er brukt til å definere scenarier i overflaten. InSAR Norge bruker nasjonal PSI (Persistent scatterer Interferometry) prosessering for den snøfrie sesongen, som ekstrapoleres til årlig hastighet i millimeter. Antakelsen er rimelig på Åknes, som har lite sesongvariasjon i hastigheten. Bevegelse mot sør (vinkelrett på måleretning) registreres ikke hverken på ascending og descending, mens vertikalbevegelse fanges opp i begge geometrier. Østlig bevegelse sees best i ascending, mens vestlig bevegelse sees best i descending. For mer detaljer om InSAR, se NGUs nettside, [About InSAR Norway](#).

Figur 10 og Figur 11 viser InSAR-data i henholdsvis ascending og descending. Bevegelsen på Åknes er primært mot S-SØ, mens bevegelsen i øverste del av flanken er mer vertikal og SSV. Med sørlig bevegelsesretning underestimeres bevegelsene målt med InSAR. Forskjellene i bevegelsesretning for ulike deler av fjellpartiet avspeiles i bevegelsen målt i de to geometriene. Det er best dekning i ascending, men større bevegelse i øvre del av flanken (subdomene 1 fra Figur 3) kommer tydelig frem i descending.



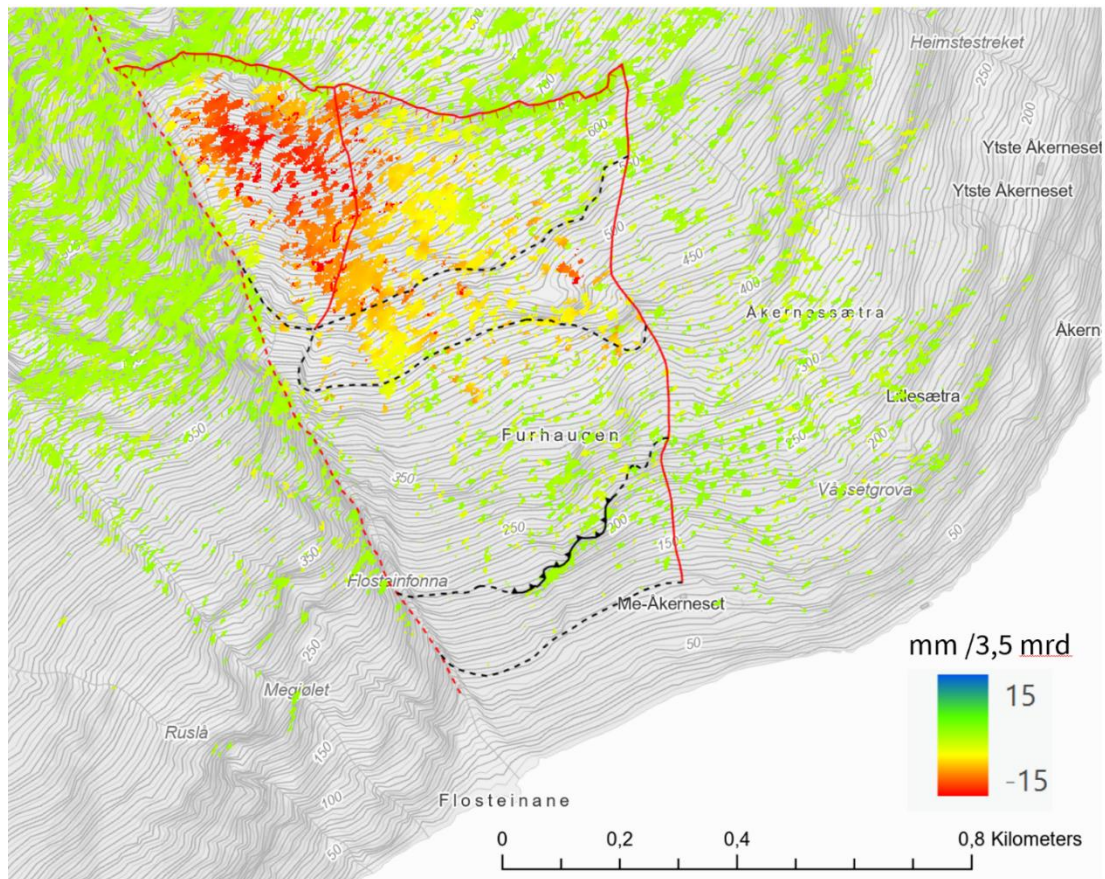
Figur 10 Bevegelser fra InSAR Norge, ascending geometri. Årlig bevegelse i millimeter.



Figur 11 Bevegelser fra InSAR Norge, descending geometri. Årlig bevegelse i millimeter.

3.1.5 Overflatebevegelser målt med bakkebasert radar (InSAR)

I flere år i perioden 2006-2012 ble det sommertid målt med bakkebasert radar på Åknes fra Oaldsbygda på motsatt side av fjorden. Målingene er oppsummert av Kristensen mfl. (2013). Måleretning er mot nordvest, slik at bevegelse mot sørøst måles best og vestlig bevegelse underestimeres. Figur 12 viser bevegelse i omtrent 3,5 måneder i 2012.



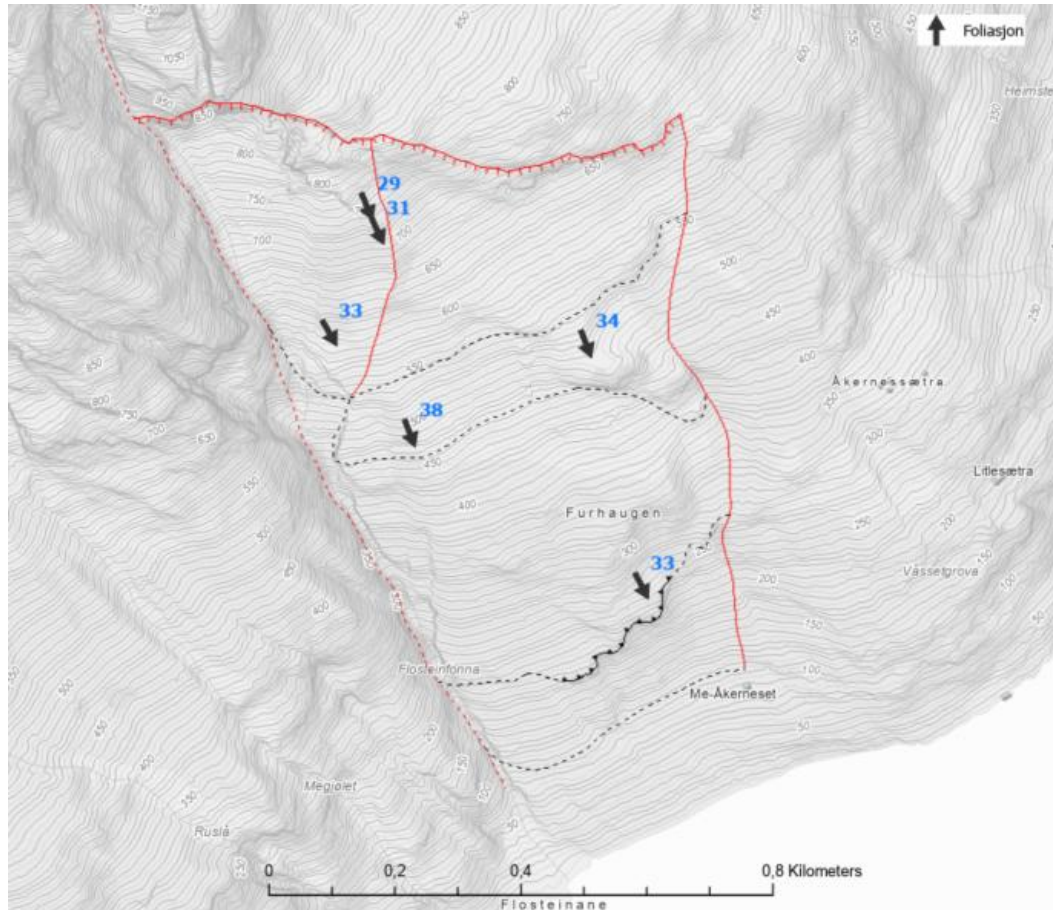
Figur 12 Bakkeradarmålinger i perioden 12.juli – 24. oktober 2012. Rød og gult indikerer bevegelse mens grønn er stabilitingen bevegelse. Måleretning er NV.

3.2 Scenarier i dypet

For å definere skjærplan til scenarioene, er det valgt å modellere planære skjærplan best mulig tilpasset dyp for observerte skjærsoner i borehullene. Dette er åpenbart en forenkling av virkeligheten. Ganerød m.fl. (2008) tolker undulerende glideplan langs foliasjonen utfra geofysikken, mens Jaboyedoff m.fl. (2011) tolker trinnvise sprang i glideplan langs vertikale sprekker. I de nye scenarioene er det ikke lagt inn undulerende eller trinnvise variasjoner i skjærplanene, fordi datagrunnlaget er ikke vurdert til å være tilstrekkelig til å legge inn tolkninger på posisjon og størrelse på rygger, trau og trinn. Gitt usikkerhetene vil slike tolkninger i praksis heller ikke redusere usikkerhetene i volumberegningene i nevneverdig grad.

Antatte skjærplan er definert og modellert med verktøyet SLBL toolbox til ArcGIS Pro (Nicolet, 2020, Jaboyedoff m.fl., 2020), som også beregner tykkelse og fjellvolum over skjærplan. Det er brukt en terrengmodell med 2,5 m oppløsning. Nederst i hvert scenario er det definert et punkt med fall og fallretning (shapefil) som sammen med sin lokalisering og høyden målt på DEM angir et plan som begrenser utdypingen i SLBL-prosedyren. Dette planet danner dermed skjærplanet på store deler av scenarioet. Det er brukt toleranse på -0,5 m – noe som gir en bratt øvre avgrensning opp mot bakksprekken og øvre graben som passer med den nesten vertikale bakksprekken på Åknes. Dette gir også bratte fordypninger i flanker og i fronten dersom planet ikke naturlig går ut i overflaten.

Skjærplan på Åknes antas i hovedsak å følge foliasjonen. Undersøkelser i borehullene (NGU rapporter 2008.030, 2013.032, 2013.039, 2018.026) viser et relativt konsistent mønster: Sprekker og knusnings-soner er i hovedsak foliasjonsparallelle med fallretning S-SØ og fall rundt 25-37°. Dette gjelder også alle skjærsoner med dokumenterte bevegelser. Figur 13 gir en oversikt over gjennomsnittlig foliasjon i borehullene.



Figur 13 Gjennomsnittlig foliasjon målt i borehullene vist med piler for fallretning og blå tall som angir fall. Foliasjonen er omtrent tilsvarende ved skjærsonene, og bilder og kjernelogger viser de er foliasjonsparallelle.

Generelt er dette i overensstemmelse med strukturmålingene i fjellblotninger publisert av Ganerød m.fl. 2008, og støtter antagelsen om foliasjonsparallelle glideplan som faller skråningsparallelle og kan gå ut i fjellsiden. Det finnes ikke ulike berggrunnstyper eller andre kartlagte strukturelle elementer innenfor det ustabile området, som kan tolkes som glideplan. Retning og fall for foliasjonen og skjærsoner er i overensstemmelse med bevegelsesretning og fall i bevegelsen målt med GPS og prismer på Åknes. I grabenområdet og øvre flanke er bevegelsen mer sørlig og øverst sør-sørvestlig hvilket avviker noe fra foliasjonen. Med relativt konsistente strukturer og bevegelser vurderer vi at det er tilstrekkelig å definere ulike skjærplan i dypet som planære flater. Viktigste styrende faktor for orientering av planene er best mulig tilpassing til de observerte skjærsonene i borehullene. For hvert scenario blir det argumentert for hvilke skjærsoner som er korrelert.

De antatte skjærplanene er funnet iterativt:

- Det er som et utgangspunkt estimert fall og fallretning på skjærplan utfra profiler, 3D-bevegelser og strukturdata fra borehull. De er sammenlignet matematisk med beste tilpasning til 3D-koordinater på skjærplanene, som ga resultater i nært samsvar med estimater.
- Kjøring av SLBL-modellering for estimerte planflater og sammenlignet i GIS-verktøy hvordan disse passer med skjærsonene i borehullene. SLBL-programmet tillater å definere plan med spesifikk fall og fallretning på planene.
- Sammenligning i GIS-verktøy hvordan SLBL-modellerte plan passer med overflatescenario og høydemodell: Er det fysisk mulig at skjærplanet går ut i dagen, hvor avgrensninger er tegnet?
- Justering av helning, orientering og dyp innenfor et intervall for best mulig tilpasning både til skjærsoner i borehull og overflatescenario – manuell iterasjon for å få til beste tilpasning.

Scenarioene i dypet må ansees som en best mulig forenklet tilpasning. Ingen av planene passer perfekt med alle skjærsoner. Hvor skjærplanene møter scenariogrensene ved noen av flankene eller nedre avgrensning av scenarioene, oppstår noen plasser en fordypning som ikke er realistisk, men skapes av programvaren.

Å benytte enkle plan gir likevel en stor forbedring i volumanslag på ulike scenario sammenlignet med tidligere estimater som har vært basert på en enkel dybde multiplisert med areal.

Det er laget en rekke profiler som viser SLBL-planene sammenstilt med skjærsoner i borehull ved bruk av en ArcGIS toolbox utviklet til dette formålet. Borehuller som befinner seg nærmere en 20 m fra profilene er projisert på nærmeste punkt i profil, og beholder sin opprinnelige høyde, som kan avvike noe fra høyden i profilen. Skjærsoner er vist som en horisontal strekk, uten å ta hensyn til planets orientering i borehull.

3.3 Geofysikk

I perioden 2004-2007 ble det gjort omfattende geofysiske undersøkelser fra overflaten på Åknes (NGU Rapport 2006.002, NGU Rapport 2007.026). Det ble målt 2D resistivitet og seismikk, men bare resistivetsprofilene er vist her i rapporten. I 2017, i forbindelse med dreneringsprosjektet ble det målt enda et 2D resistivetsprofil. I tillegg ble alle resistivetsprofiler reprocessert, og det ble definert ensartet skalering. Data ble levert til NVE som punktsky for å kunne innpasses i 3D modeller (NGU Rapport 2018.002).

I 2017 ble også målt to nye hybrid-seismiske profiler (både refleksjons- og refraksjonseismikk) med hammer som lydkilde (Geoexpert rapport 2017). Bare refraksjonsseismikken er vist i denne rapporten, siden skredmasser og oppknust fjell gir kaotiske refleksjoner. Dataene er levert som punktsky og kan vises i 3D. Seismikken ble også reprocessert av NGU (NGU rapport 2019.004), men profilene som vises i denne rapporten er fra Geoexpert sin prosessering.

Geofysikken er sammenlignet med scenarioene i etterkant som en del av en kvalitetssjekk, men data er ikke brukt direkte til å definere skjærplan/scenarioer. Scenarioene er sammenlignet med geofysiske profiler ved å hente ut profildata som tabell fra ArcGIS og legge scenarioene over de geofysiske profiler som bilde i plotteprogrammet Grapher.

4 Nye scenarier for Åknes

Det er definert tre nye scenarier for Åknes. Basert på bevegelser registrert i borehull er det interpolert skjærplan - et øvre og et nedre - med forskjellig dybde og orientering. I tillegg er det tidligere totalscenario inkludert, men skred-sannsynlighet og volumestimatet er justert i forhold til tidligere.

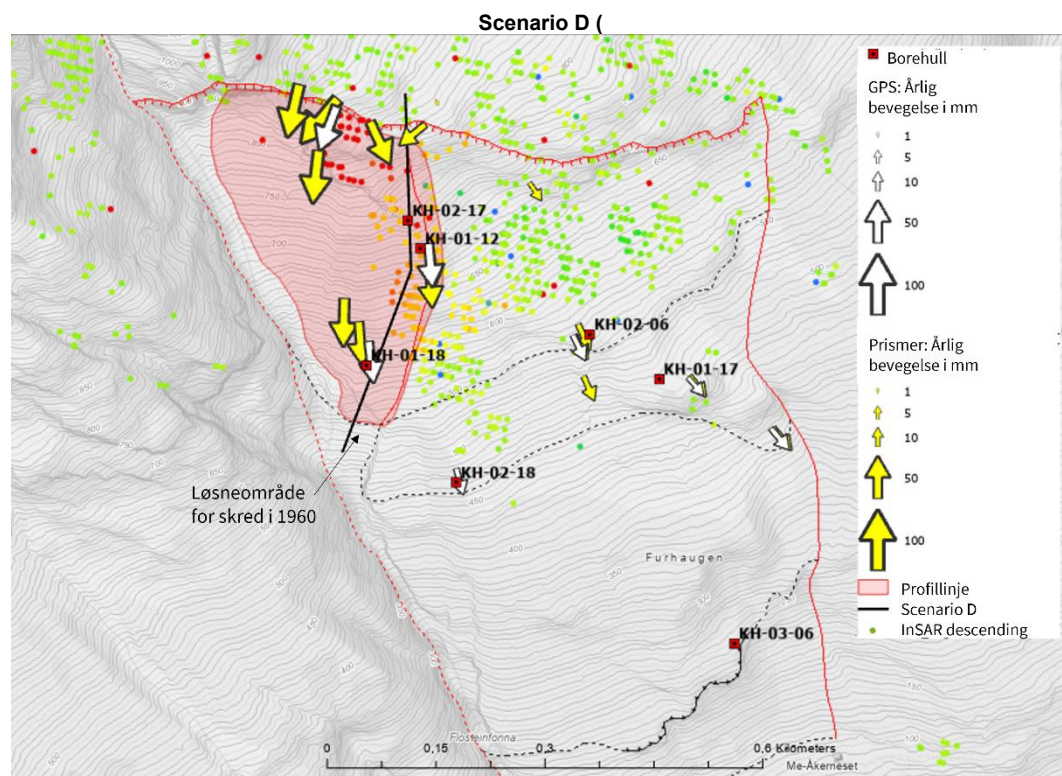
Primære karakteristika er gitt i Tabell 4. Scenarioene og bakgrunnen for hvordan de er definert er beskrevet i de følgende delkapitlene.

Scenarionavn	Fallretning/fall for skjærplan	Areal (m ²)	Tykkelse (middel/max)	Volum (m ³)
Scenario D	182/33	91 743	26 / 88 m	2,4 mill.
Scenario C	167/30	178 980	41/ 128 m	7,4 mill.
Scenario B	167 / 30	276 070	35 / 128 m	9.74 mill.
Scenario A (totalscenario)	-	583 487	53 / 128	31,1 mill.

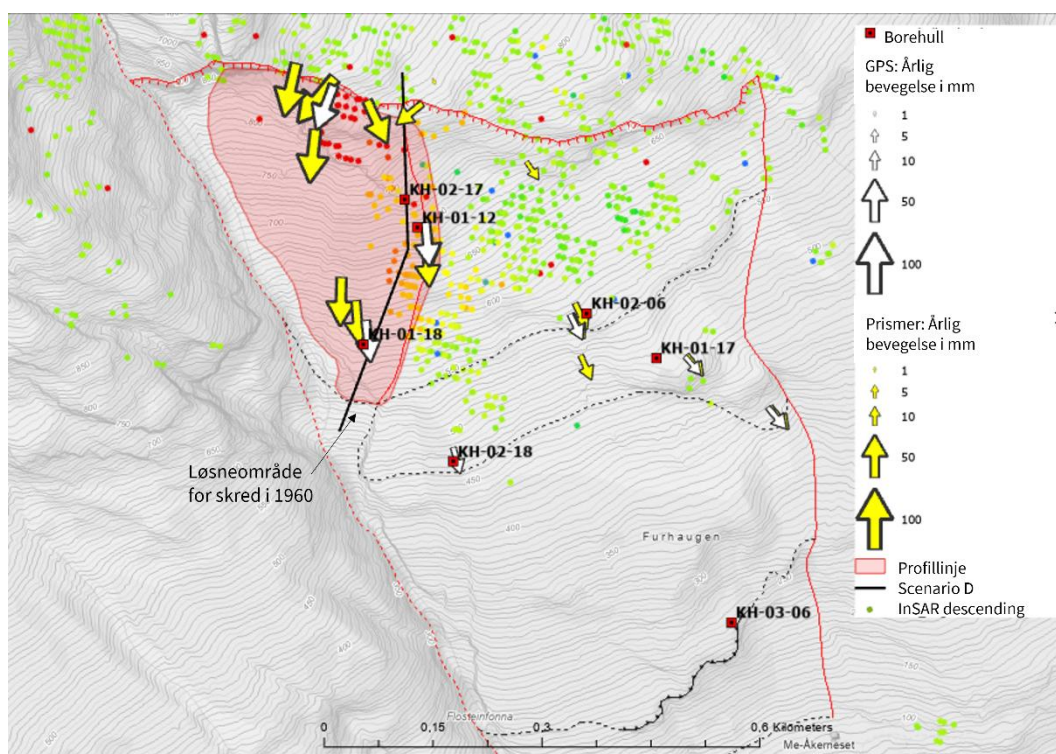
Tabell 4 Utvalgte parametere for de reviderte scenarioene.

For hvert scenario vises profiler av geometrien av modellerte skjærplan og sammenfall med skjærsoner i borehullene. Profilene er plassert slik at de går nær borehullene. De sammenfaller derfor ikke helt med fallet for det modellerte skjærplanet.

4.1 Scenario D - Lite flankescenario



Figur 14) er i nær overensstemmelse med subdomene 1 (Ganerød, 2008). Scenariet er mindre enn flankescenariet i NGU rapport 2006 (Figur 5) og flankescenariet til Langeland (2014).



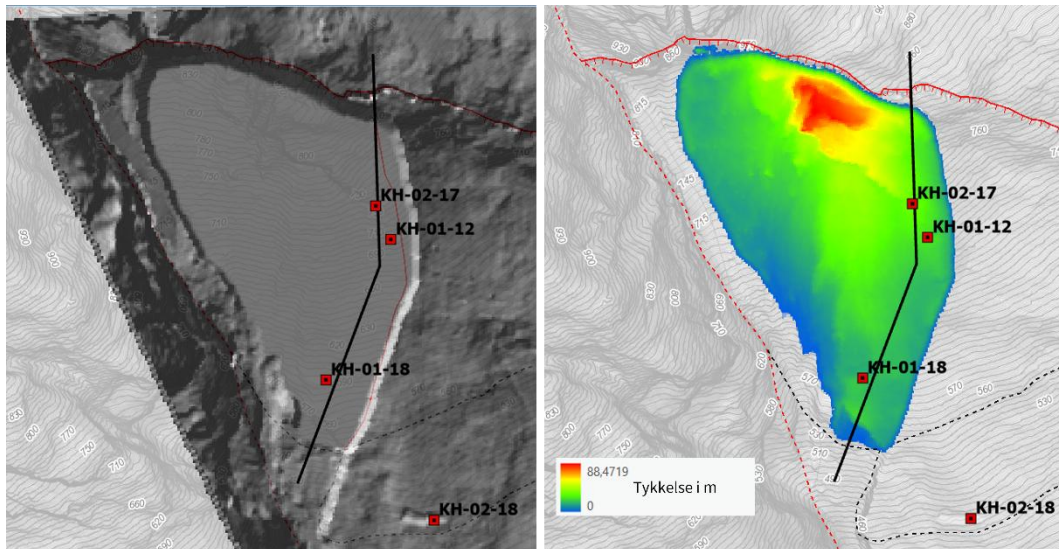
Figur 14 Scenario D (rosa bakgrunnsfarge) med piler for bevegelser på GPS og prismer. Prikkene er bevegelse fra InSAR Norge målt i descending.

Bakgrunnen for scenario D er:

- Alle prismer og GPSer med bevegelse > 5 cm/år ligger innenfor denne avgrensningen
- Alle borehull med to tydelige skjærsoner ligger innenfor denne avgrensningen
- GPSer og prismer viser bevegelse mot S eller SSV, mens instrumentene utenfor scenarioet viser bevegelse mer mot SSØ til SØ. På InSAR descending-geometrien skiller området seg ut som et område med mer bevegelse (Figur 11)
- Nedre del går ut i løsneområdet til et historisk skred (1960) fra Åknes (Figur 4)

Med en litt annen bevegelsesretning og betydelig større bevegelse er det tolket at scenarioet er knyttet til øvre skjærsonen (Figur 9 og Tabell 3). Dermed er målt overflatebevegelsen summen av bevegelsen på begge skjærsoner. Planet som best forberer øvre skjærsoner i borehull har helning på 33° med et fall mot sør, 182°. Planet har omtrent samme helning som foliasjonen i borehullene, men er litt mer sørlig. Skyggerelieff og tykkelse for scenarioet er vist i Figur 15.

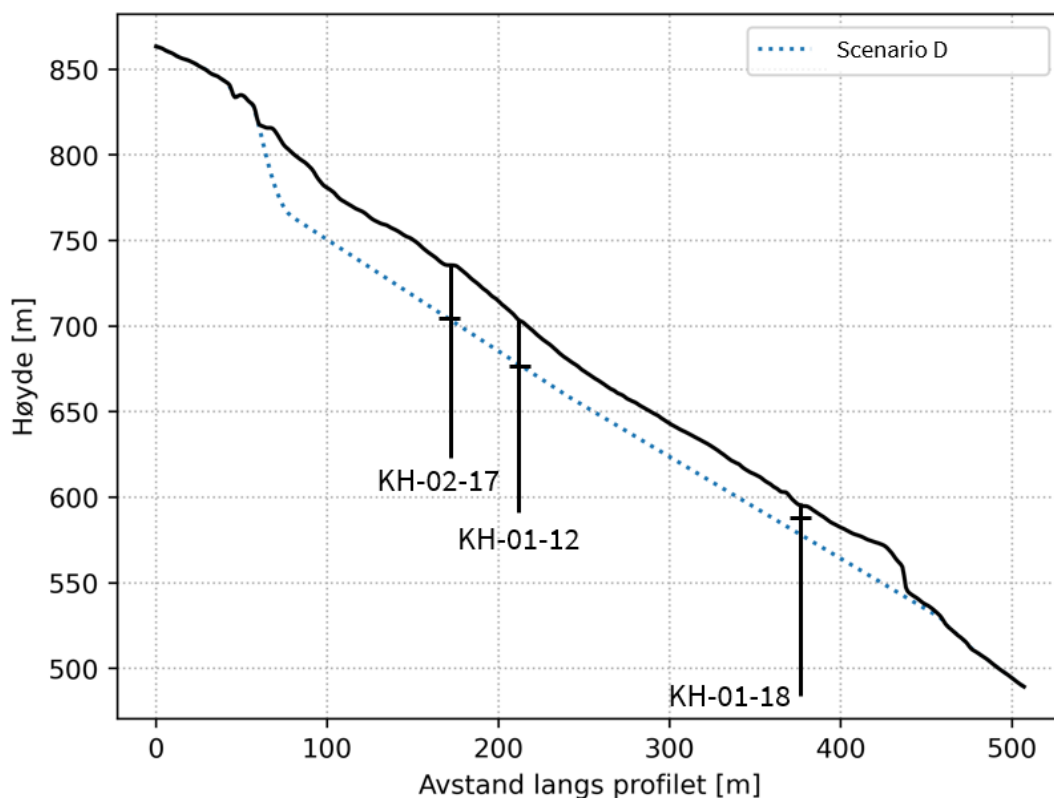
Sammenligning mellom dybde til øvre skjærplan i borehull og dybder til modellert skjærplan for scenario D er vist i Tabell 5 og på et profil i Figur 16. Det er nær overensstemmelse for de to øvre borehullene, men dårligere i nedre deler ved KH-01-18 ved den vestlige avgrensning av scenarioet, hvor planet ligger for dypt i forhold til skjærsonen i borehullet. Gjennomsnittlig avvik er 4 m, og maksimalt avvik er 11 m. Morfologisk går skjærplanet ut i et skredarr for et historisk skred i sørvestlig del.



Figur 15 Venstre: Skyggerelieff med antatte skjærplan av scenario D. Konturlinjene er dagens overflate. Høyre: Tykkelsen på det ustabile området over planet. Profilinje er vist i Figur 16.

Borehullsnavn	Øvre skjærsoner i borehull	Modellert skjærplan
KH-01-18	7 m	18 m
KH-01-12	24 m	24 m
KH-02-17	32 m	31 m

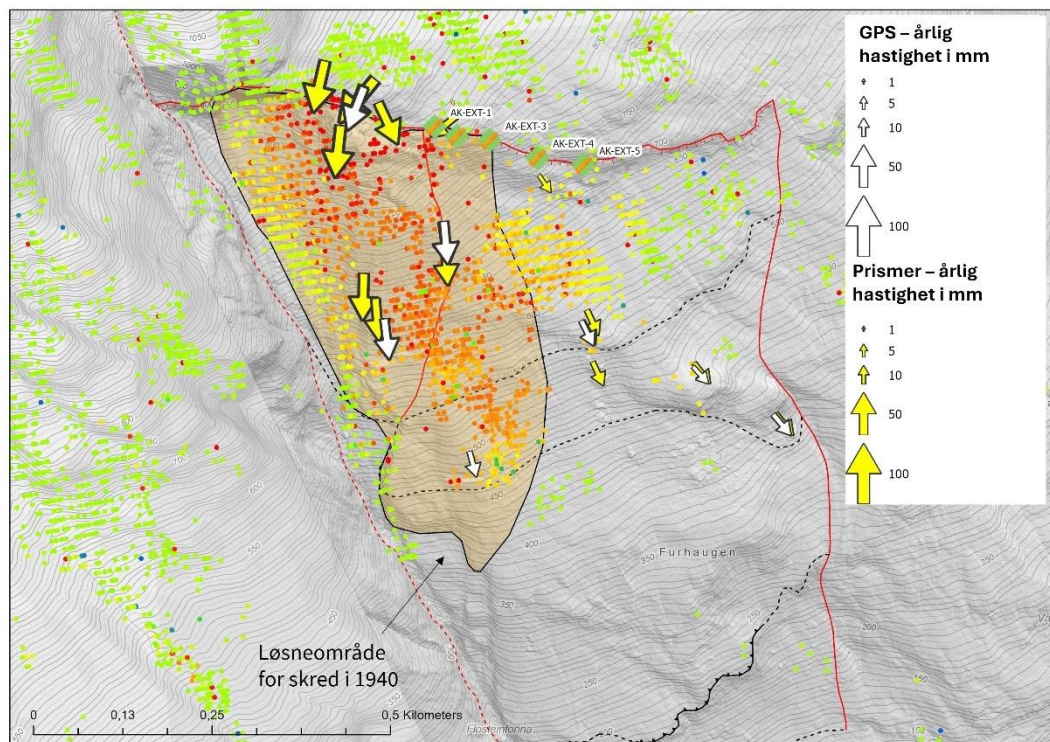
Tabell 5 Dyp til øvre skjærsoner i borehull, og dyp til modellert skjærplan for scenario D ved borehullene.



Figur 16 Profil for linjen på Figur 15 med modellert skjærplan til scenario D inntegnet med stiplet linje. Borehullene i scenarioet er vist, hvor posisjon til skjærplan i borehullene er indikert med vannrette streker.

4.2 Scenario C - Stort flankescenario

Scenario C er et stort flankescenario som har nedre avgrensning mot 1940-skredet fra Åknes (Figur 4). Overflateavgrensningen er primært basert på området med størst bevegelse på InSAR i descending (Figur 17), og avgrensning avviker i kun mindre grad fra NGU rapport 2006.039 og NVEs tidligere flankescenario. Øvre avgrensning går lenger øst enn de tidligere versjonene av dette scenarioet og inkluderer baksprekken med de tre øvre strekkstagene. Scenarioet kan ansees som et «worst case»-flankescenario for området med mest bevegelse.

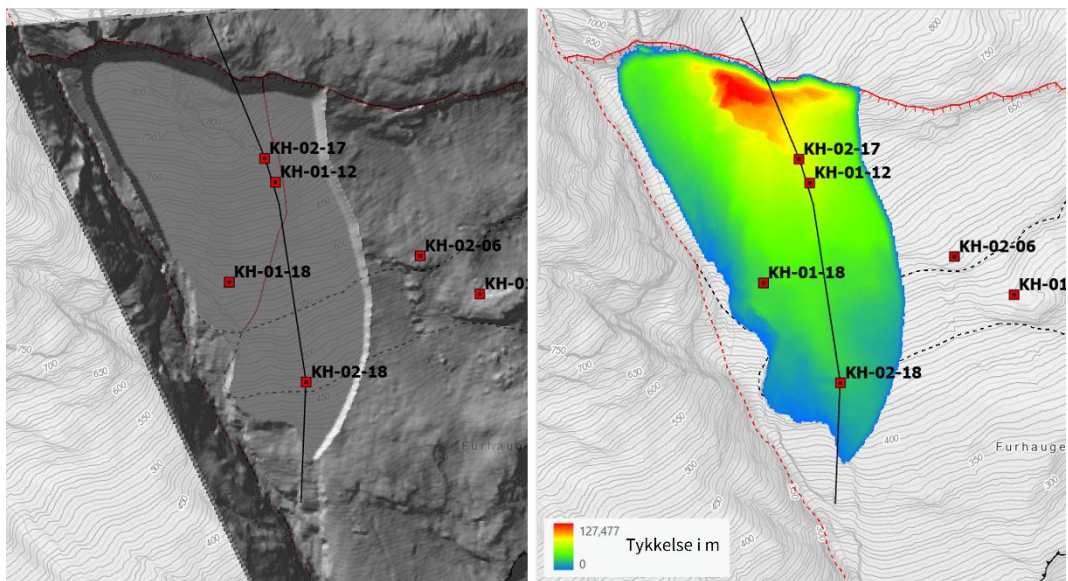


Figur 17 Overflateavgrensning av scenario C (oransje skravur). Utvalgte bevegelsesdata er vist – de fargede prikkene er InSAR ascending geometri. Øvrige lineamenter er fra NGU.

I dypet er planet tilpasset nedre skjærsoner i borehullene (**Feil! Fant ikke referansekilden.**). Tykkelse og skyggerelieff for planet er vist i Figur 18, mens en profillinje er vist i Figur 19.

Planet går fritt ut i nedre del av den vestlige rennen og foten, men SLBL-metoden danner en bratt kant opp i deler av østlig avgrensning. Man vil trolig forvente mer utflating mot øst, men det er en begrensning ved å definere nedre avgrensning som et plan. Det er likevel ansett at planet gir et godt nok estimat på dyp til skjærplan.

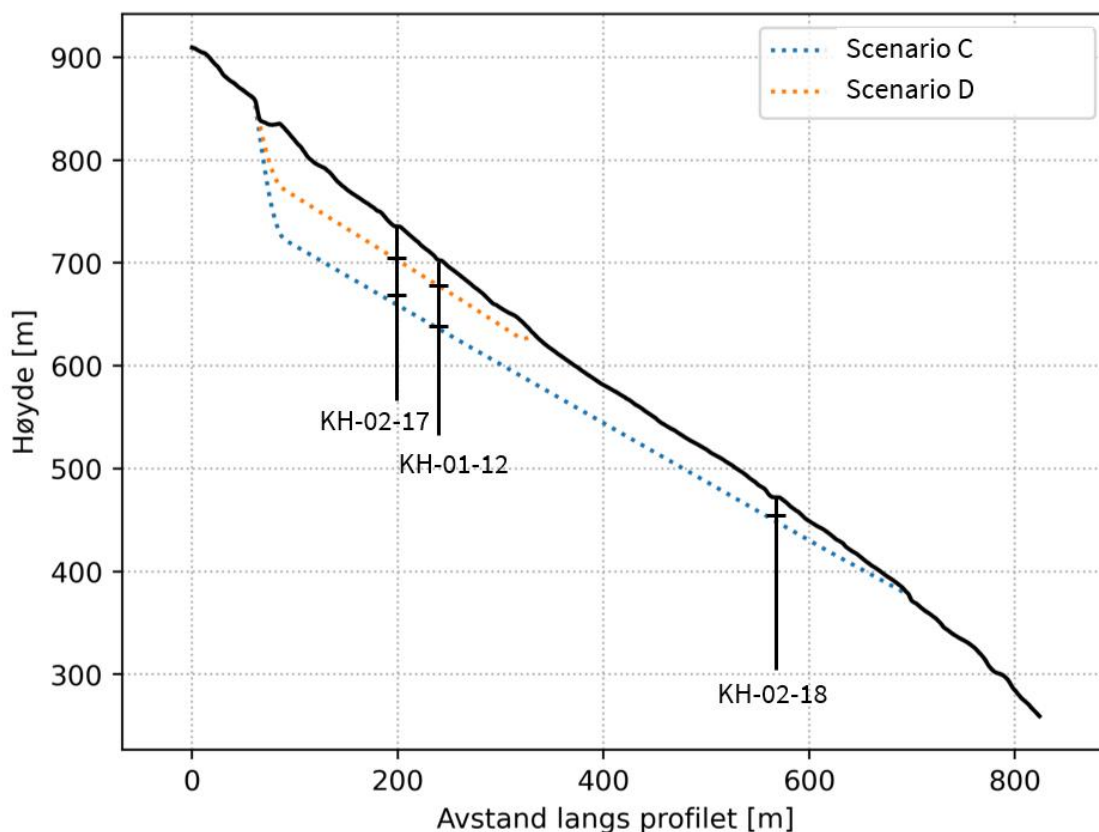
Tabell 6 viser dybder til skjærsoner i borehullene som er brukt til å definere planet for det store flankescenarioet. Det er et gjennomsnittlig avvik på 5,3 m og maksimalt avvik på 9 m mellom skjærsone i borehullet og antatt skjærplan for scenarioet.



Figur 18 Venstre: Skyggerelieff med antatte skjærplan for scenario C. Konturlinjene er dagens overflate. Høyre: Tykkelsen på det ustabile området over planet. Profilinje vist i Figur 19.

Borehullsnavn	Nedre skjærsoner i borehull	Modellert skjærplan
AK-KH-02-18	15 m	22 m
AK-KH-01-18	34 m	35 m
AK-KH-01-12	63 m	67 m
AK-KH-02-17	66 m	75 m

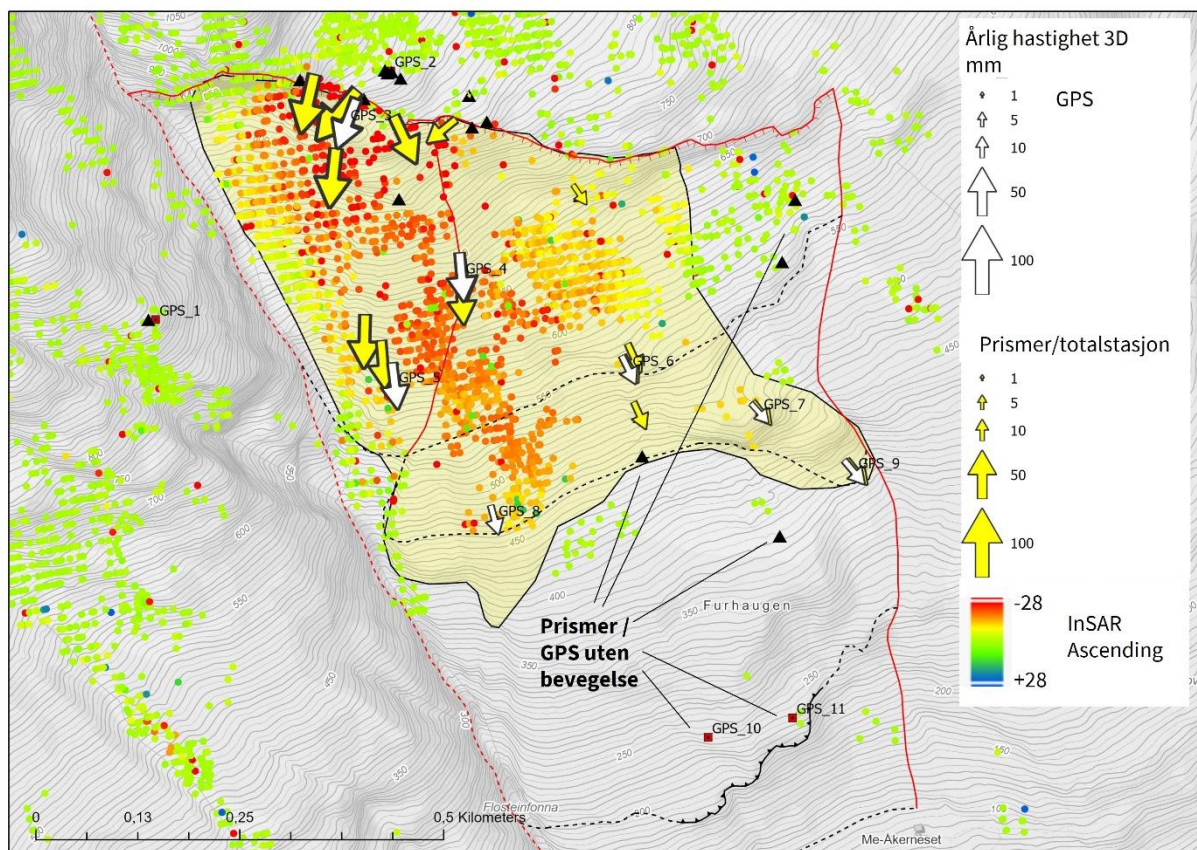
Tabell 6 Dybder på skjærsoner i borehull og dybder ved borehullene til modellert skjærplan for scenario C.



Figur 19 Profillinje tegnet nær borehullene. Modellerte skjærplan for scenarione D og C er sammenlignet med skjærsonene i borehullene.

4.3 Scenario B – Midtre scenario

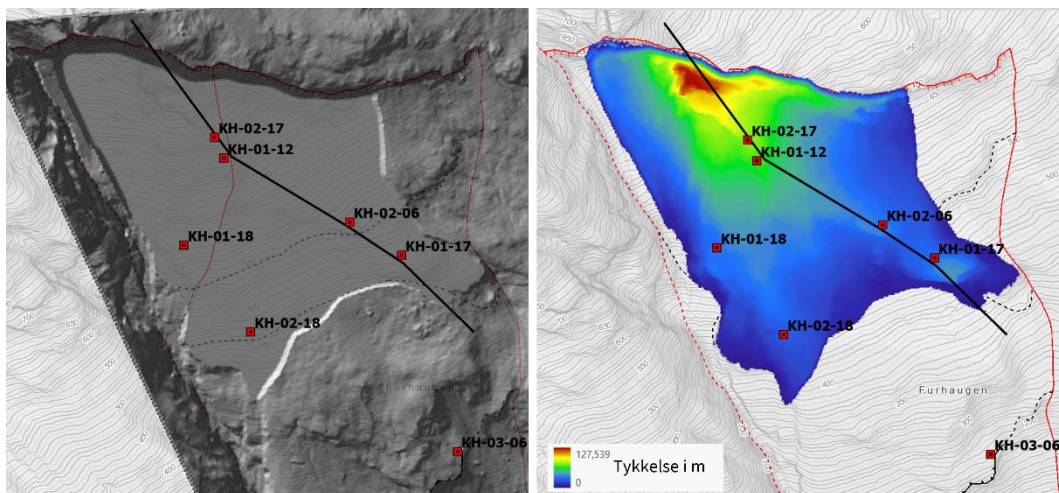
Scenario B er definert for hele området med påviste bevegelser (Figur 20). Avgrensning er tegnet basert på overflatebevegelser målt med GPS og totalstasjon og InSAR ascending. Nedre avgrensning sammenfaller til dels med subdomene 3 (Ganerød 2008). Scenarioet er også relativt likt NVEs tidligere scenario B (Figur 5), men strekker seg ikke like langt østover. Dette skyldes at det ikke er dokumentert bevegelse lengre øst og heller ingen tegn til aktiv sprekkeåpning i dette området.



Figur 20 Scenario B omfatter hele området der det er dokumentert bevegelse.

Scenario B er tilpasset den dypeste eller eneste skjærsonen i alle borehull. Det sammenfaller i vestlig del med Scenario C, men har større utstrekning mot øst, både i øvre og nedre del. Antatt skjærplan er vist på Figur 21 og en sammenligning av dybdene mellom skjærsoner og modellert skjærplan for scenario B er vist i Tabell 7. Gjennomsnittlig avvik ved borehullene er 4,3 m og størst avvik er 9 m.

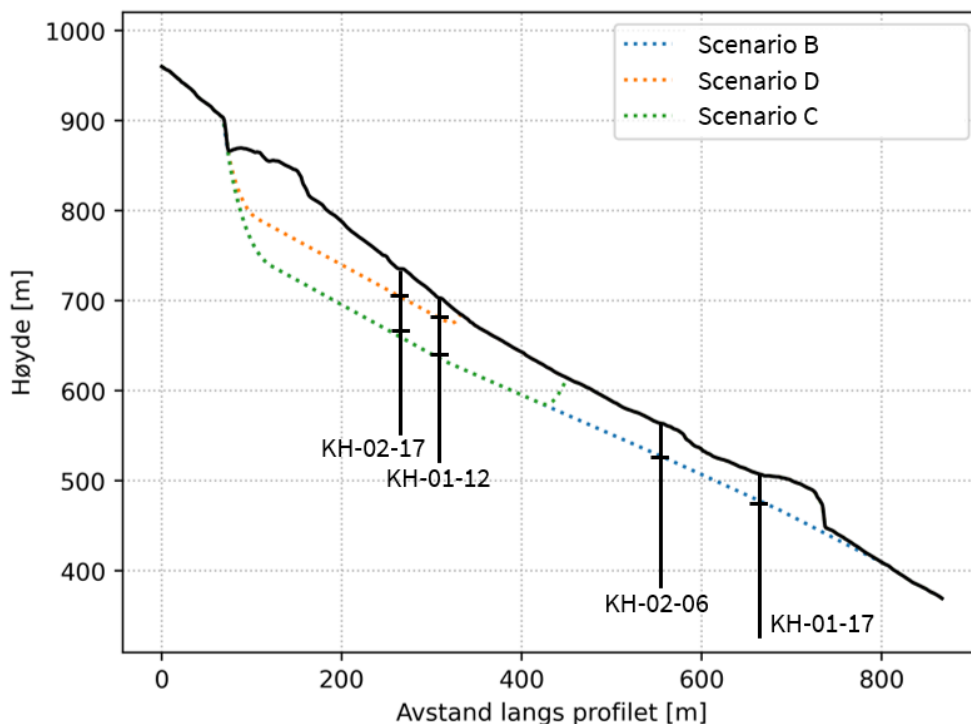
I nedre del av scenarioet går planet ut i overflaten i sørvest og øst. Planet går ut litt over de inntegnede scenariogrensene (Figur 21 til høyre) og dermed ikke helt ned til GPS 9, hvor det måles nær horisontal bevegelse (fall på bare 14°). Også i sørvest går planet ut litt ovenfor inntegnet scenarioavgrensing. I midtre del går planet ikke ut i overflaten og det modellerte skjærplanet har da en bratt skråning opp. Det er ikke realistisk (Figur 21, venstre), og skyldes at planet er en forenklet tilnærming til virkeligheten. En profillinje hvor skjærsonene fra fire borehull er sammenlignet med de modellerte skjærplanene for alle scenarioene er vist i Figur 22.



Figur 21 Venstre: Skyggerelieff med scenario B. Konturlinjene er dagens overflate. Høyre: Tykkelsen på det ustabile området over planet. Profillinje vist i Figur 22.

Borehullsnavn	Nedre skjærsoner i borehull	Modellert skjærplan
KH-02-18	15 m	22 m
KH-01-18	34 m	34 m
KH-01-12	63 m	66 m
KH-02-17	66 m	75 m
KH-01-17	37 m	32 m
KH-02-06	33 m	35 m

Tabell 7 Dybde til skjærsoner i borehull og dybde til modellert skjærplan ved borehullene for scenario B.

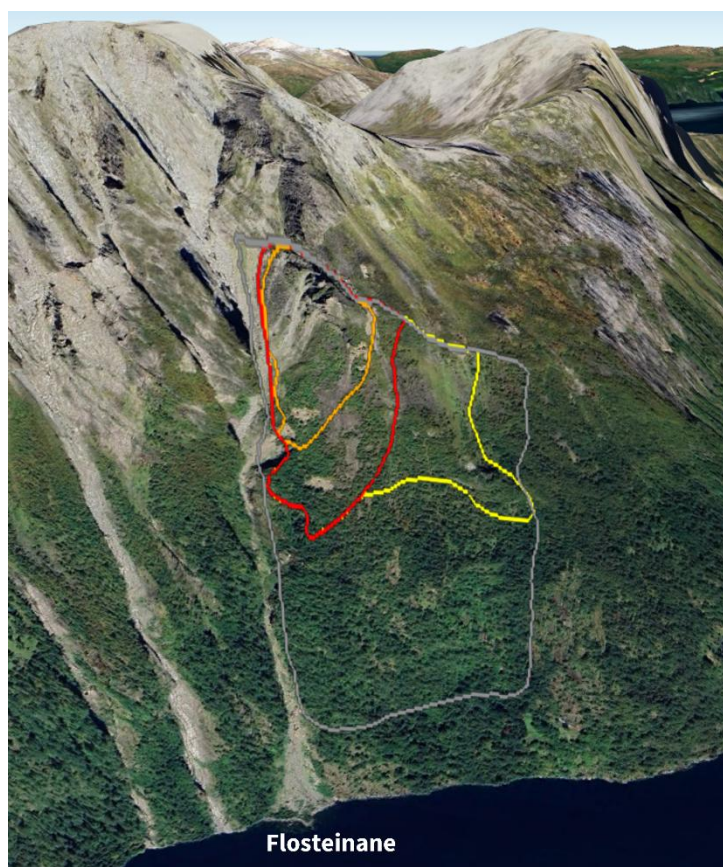


Figur 22 Profil for linjen i Figur 21. Sammenligning mellom skjærsoner i fire borehull ved profillinjen og modellert skjærplan for alle scenarioene. Merk at profilen skjærer gjennom den østre flanken til scenario C, noe som gir en skarp avslutning av scenarioet i profilet.

4.4 Scenario A - Totalscenario

Et totalscenario som går til nedre kildehorisont og inkluderer subdomene 4 (Ganerød m.fl. 2008) er vurdert som et «worst case»-scenario (Figur 23). Overflateavgrensning er samme som det tidligere scenario A (Figur 5). Mange års målinger med GPS, prismet og borehull har ikke påvist bevegelser lengre ned i fjellsiden enn scenario B, og InSAR-målinger viser heller ikke bevegelse i området. Morfologien og sprekker/knusningssoner i borehullene tyder likevel på at det tidligere har vært bevegelse i nedre deler av fjellsiden.

Volumet er estimert ved å bruke scenario B i dypet, men med en minimumstykkelse på 50 m i tillegg til resterende del av scenario A med 50 m tykkelse. 50 m er valgt på bakgrunn av mer oppsprukne fjellmasser i borehull og på de geofysiske profilene over denne dybde. Scenario A utgjør til sammen et volum på 31 mill. m³, som er omtrent samsvarende med Ganerød m.fl. (2008) sitt største volumestimat (32 mill m³). Totalscenarioet har lav sannsynlighet og skal ikke brukes til fare- eller evakueringssoner. Det er modellert flodbølge for scenarioet, som kan tas i bruk dersom det senere oppstår bevegelser i nedre deler av fjellpartiet.



Figur 23 Scenario A (totalscenario) for Åknes med grå omriss, I tillegg til scenario B, C og D.

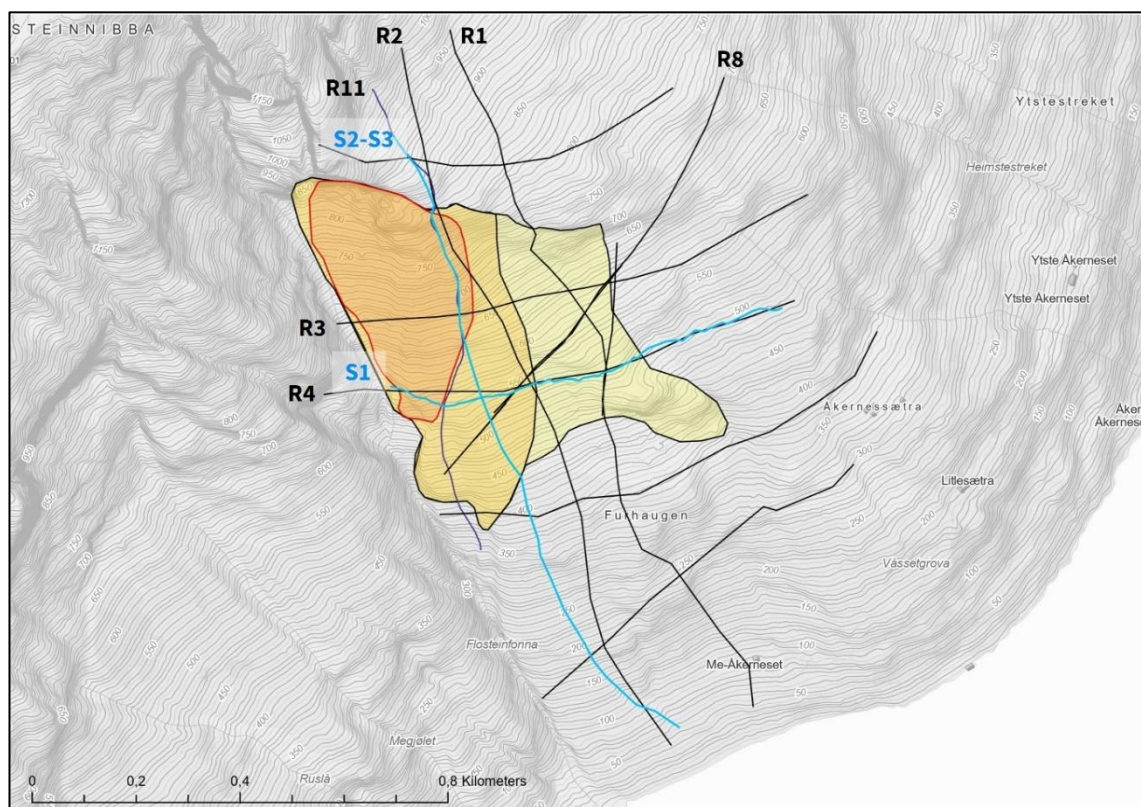
4.5 Mindre skred

Det er sannsynlig at det kan gå mindre skred fra Åknes – særlig fra flanken mot den vestlige rennen og ned i Flosteinane. Flere historiske skred er dokumentert her (Figur 4). Sannsynligheten for mindre skred er vurdert å være større enn for noen av de beskrevne scenarioene i denne rapporten. Det ble eksempelvis i 2024 oppdaget ferske sprekker ved GPS 5 (se lokasjon på Figur 6) som kan tyde på utvikling av et mindre uavhengig ustabil område her.

Det lages ikke scenarioer for slike små skred, fordi det antas at skredvolumet er for lite til å danne flodbølge av betydning. Det er modellert minste volum som kan danne flodbølge som kan ramme kaiområder og derfor bør varsles (NGI rapport 2026). Dersom det observeres konkret utvikling av mindre skred, vil NVE vurdere volum og sammenligne med denne modelleringen. Dersom et lite scenario i flankedelen utvikler seg, vil en varslings muligvis kunne gjøres for svært lokale områder – noe som må håndteres adskilt fra objektplanen for Åknes av NVE, kommune og statsforvalter.

4.6 Scenarioer og geofysikk

De nye scenarioene er i det følgende sammenlignet med de fleste geofysiske profiler som går igjennom scenarioene. Geofysikken er som tidligere nevnt ikke brukt til å definere dybde til de ulike skjærplanene. Den vertikale oppløsningen og sammenligning med kjente, faktiske skjærplan i borehull viser at det er krevende å tolke skjærplan i dypet direkte fra geofysikken, og vi derfor har valgt å kun bruke geofysikken som et sammenligningsgrunnlag i etterkant. Det er nyttig for å få et inntrykk av hvordan de definerte skjærplanene er i overensstemmelse, eller avviker, fra målte geofysiske egenskaper. Figur 24 viser lokasjon for alle 2D-resistivetsprofiler på Åknes og seismiske profiler fra 2017. De navngitte profilene er de som vises i rapporten.



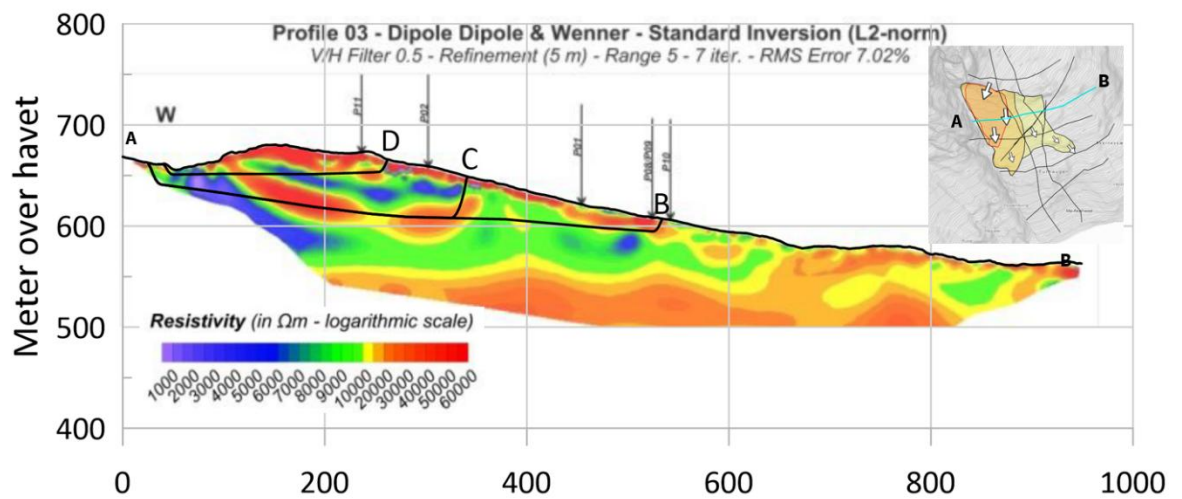
Figur 24 Geofysiske profiler på Åknes. Sorte linjer er 2D-resistivitet og blå linjer er seismiske profiler. Bare de navngitte er vist i denne rapporten – navnene følger opprinnelig nummerering.

4.6.1 Resistivitet

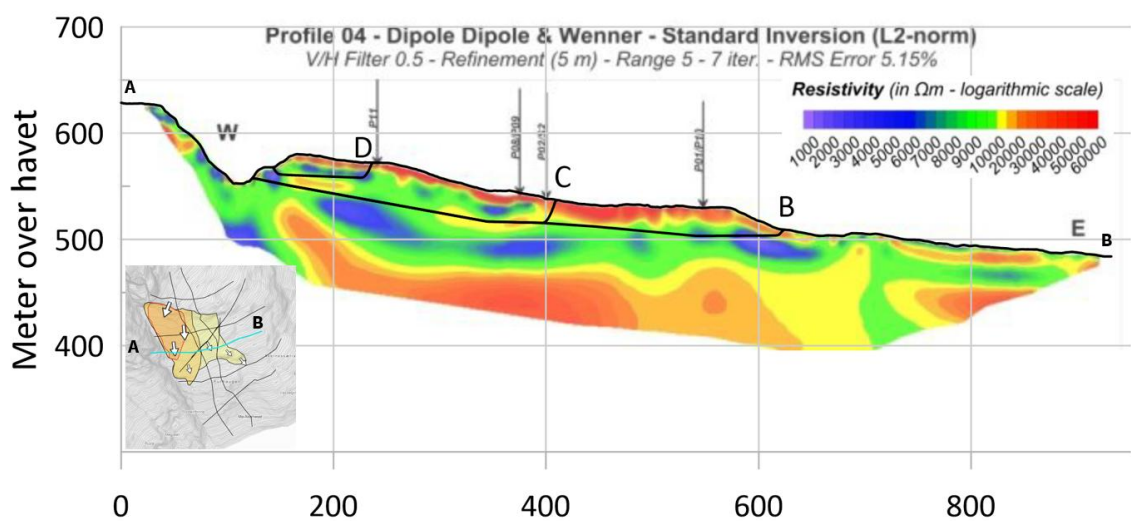
Av de tidlige geofysiske undersøkelsene (2004-2007), var 2D-resistivetsmålingene enklest å tolke. Resultatet er blant annet brukt i Ganerøds m.fl. (2008) geologiske modell for Åknes. Figur 25 til Figur 30 viser de viktigste profilene som krysser scenarioene og sammenligner med de modellerte skjærplanene for de nye scenarioene.

Et generelt mønster er at de modellerte skjærplanene ligger i overkant av soner med lav resistivitet – altså god ledningsevne (vannmettet) - og under en sone med høy resistivitet tolket som oppknuste og drenerte fjellmasser. Dette skiller seg fra tolkningen til Ganerød m.fl. (figur 7 i artikkelen fra 2008) eller Jaboyedoff (2011), hvor skjærplan er tegnet i underkant av soner med lav resistivitet. På tverrprofilene R3 og R4 (Figur 25 og Figur 26) går scenarioene inn i en sone med lav resistivitet i vestlig del, men dette kan skyldes større grad av vannmetting i den vestlige rennen. Profil R3 har størst avvik, hvor de modellerte skjærplanene for scenarioene C og B skjærer igjennom en sone med høy resistivitet. Flere profiler (R2, R3, R4, R11) har en øvre sone med lav resistivitet, som omtrentlig passer med øvre skjærplan for scenario D.

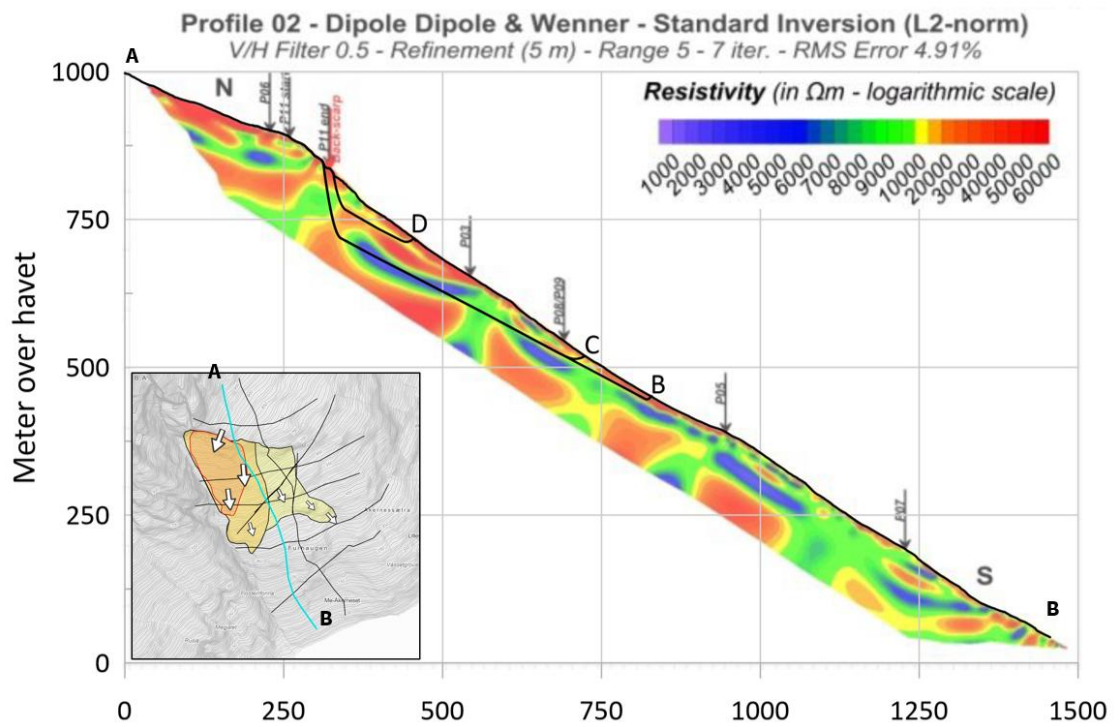
Dersom scenarioene var basert på resistivetsprofilene ville de blitt mer undulerende, men vanskeligere å korrelere med observerte skjærsoner i borehullene. Vi vurderer at dette ikke utgjør en betydelig forskjell for volumestimatet for de ulike scenarioene. Generelt er det relativt godt samsvar mellom resistivetsdataene og scenarioene.



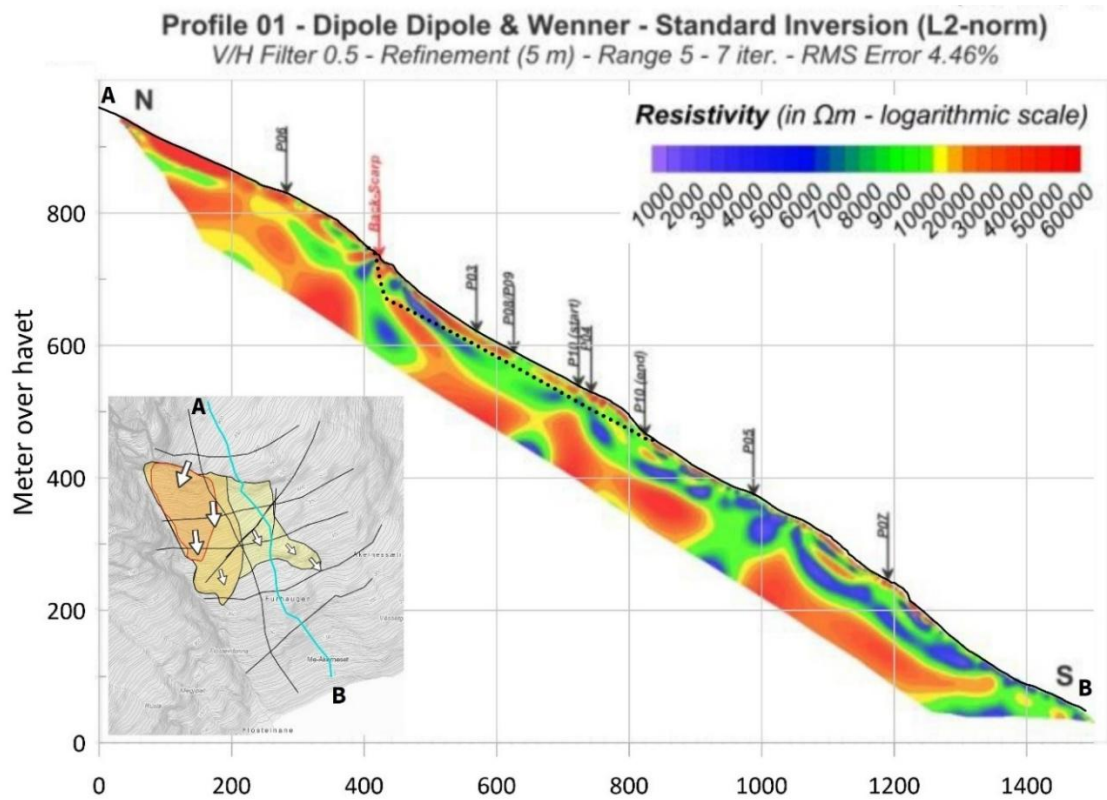
Figur 25 Resistivetsprofil R3. Skjærplan for scenarioene B, C og D er inntegnet,



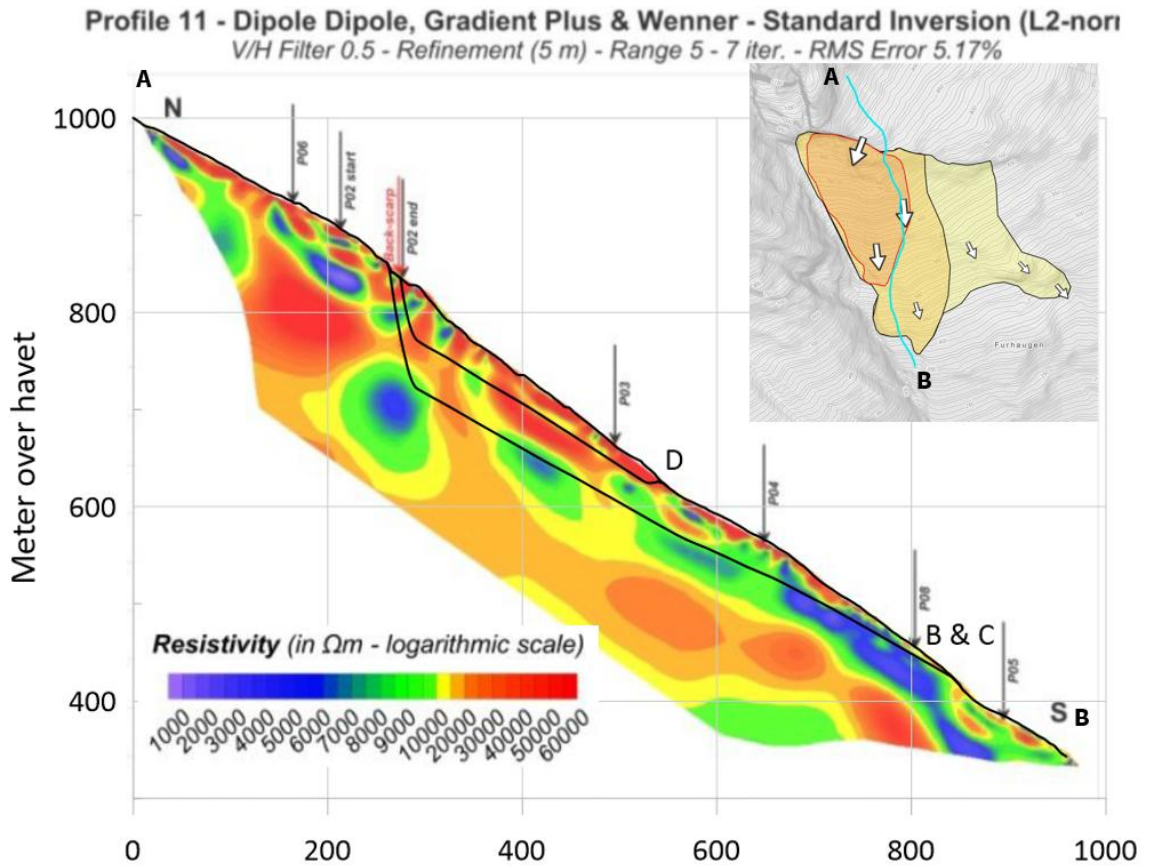
Figur 26 Resistivetsprofil R4. Skjærplan for scenario B, C og D er inntegnet.



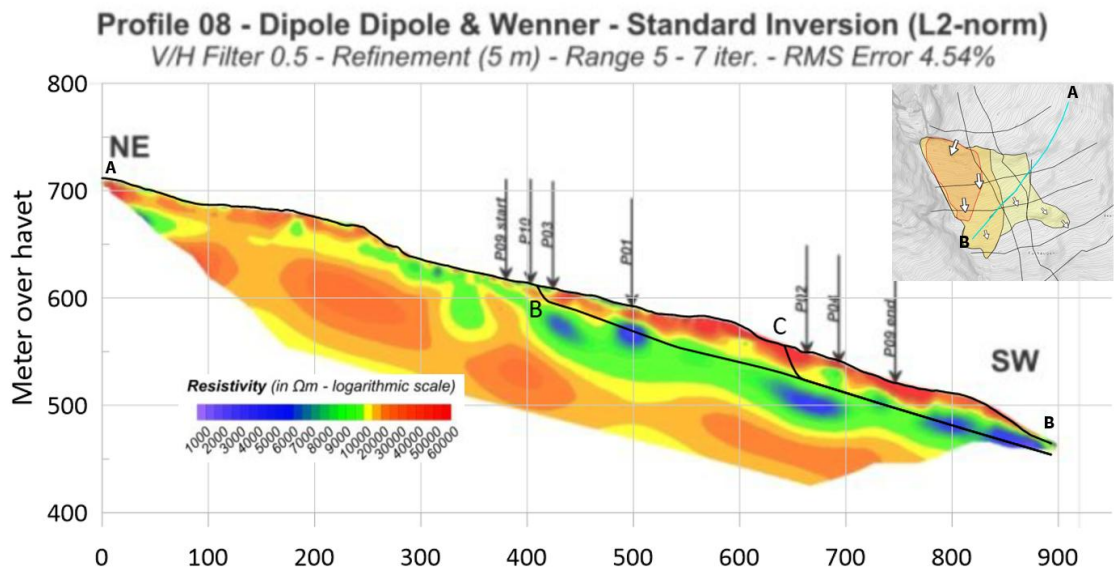
Figur 27 Resistivitetsprofil R2. Skjærplan for scenarier B, C og D er inntegnet.



Figur 28 Resistivitetsprofil R1. Skjærplan for scenario B er inntegnet med stiplet linje.



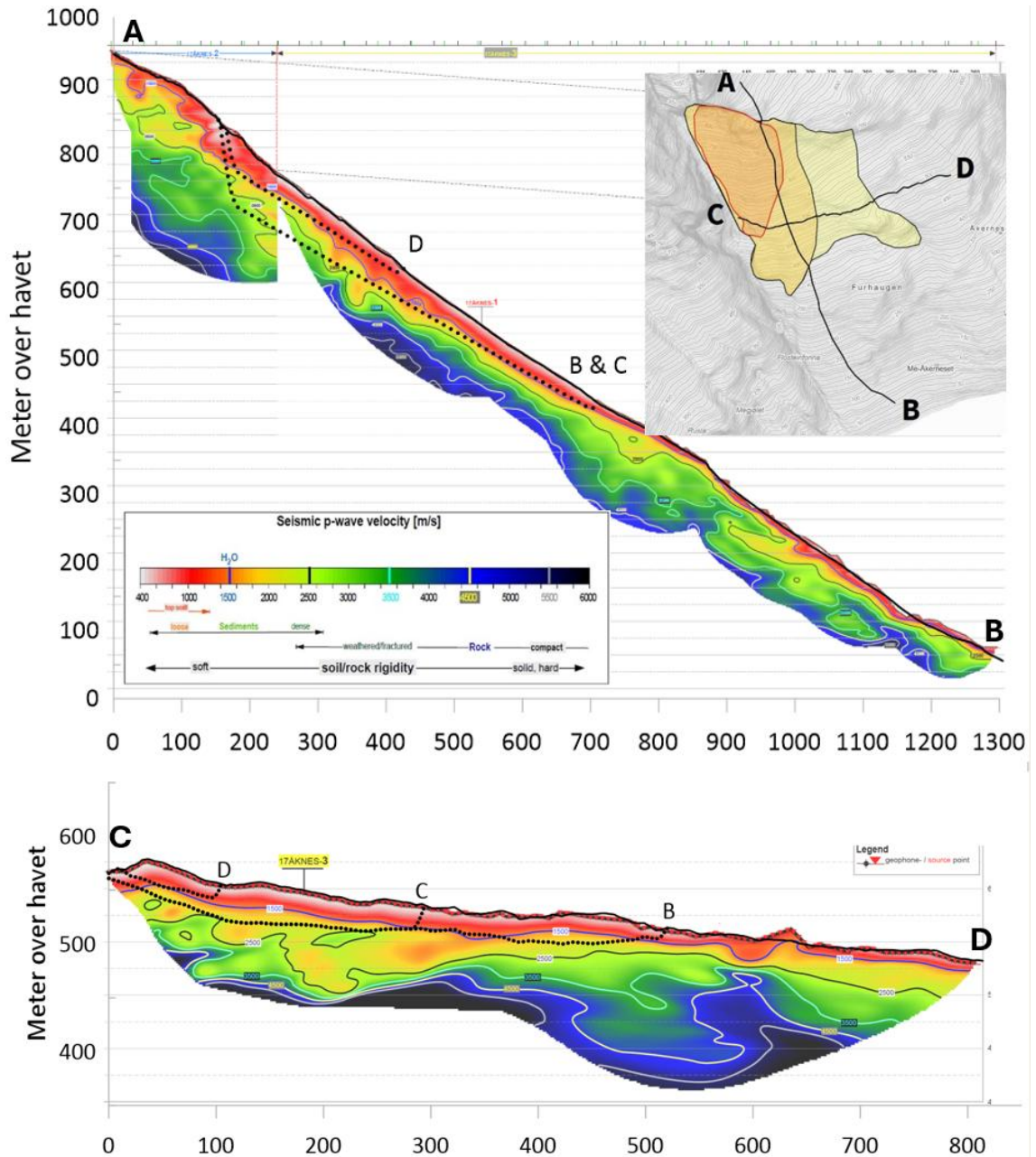
Figur 29 Resistivitetsprofil R11. Skjærplan for scenario D samt B og C (de to siste er sammenfallende) er inntegnet.



Figur 30 Resistivitetsprofil R8 fra nordøst til sørvest. Skjærplan for scenario B og C er inntegnet.

4.6.2 Refraksjonseismikk

På Figur 31 er scenarioene vist på profilene for refraksjonseismikk. Det er godt samsvar mellom avgrensningen av de ulike scenarioene og endringer i seismisk hastighet, som i dette tilfellet er tolket til å indikere overgang fra løse skredmasser og oppsprukket fjell til mer intakt fjell. Tilsvarende seismiske hastigheter strekker seg også videre utenfor scenarioene, i områder det i dag ikke er målte bevegelser. Det er derfor vanskelig å bruke seismikken til å bekrefte eller avkrefte om scenarioene er tegnet riktig.



Figur 31 Refraksjonseismikk fra 2017. Øverst er sammensatt profil 2-3. Nederst profil 1. Scenarioene er vist med stiplede linjer.

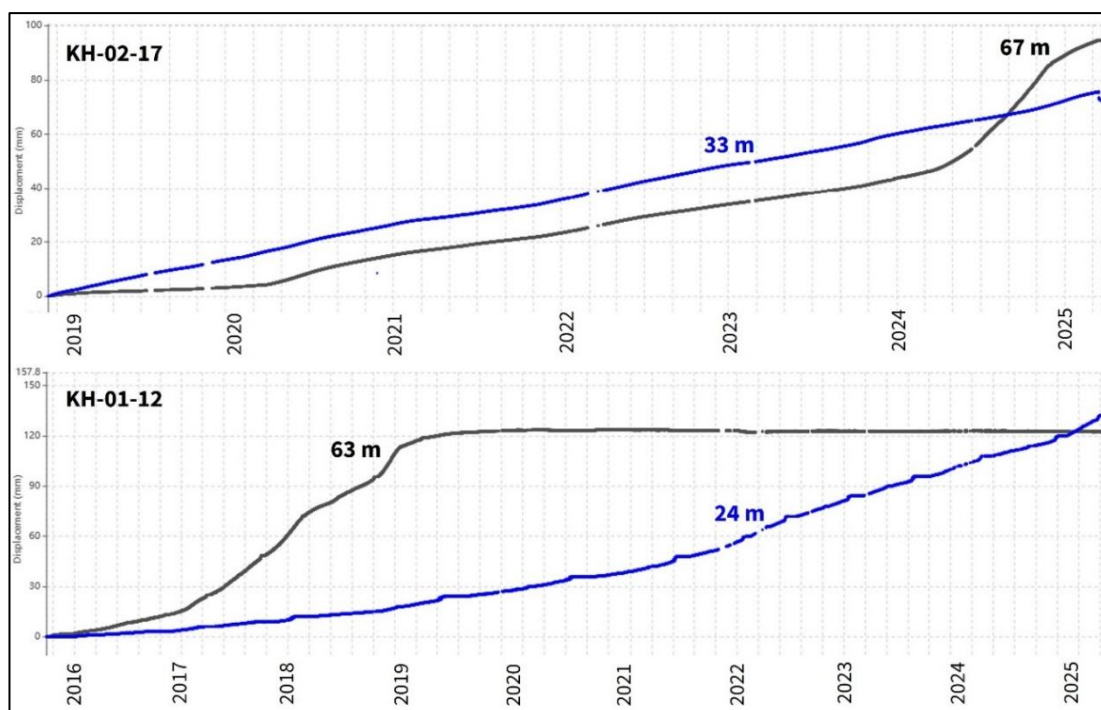
4.7 Usikkerheter - scenarioer og skjærplan

4.7.1 Muligheten for et dypere skjærplan

Det er frem til i dag boret seks hull til minst 198 m, hvorav to av de går til 300 m dyp. Det har tidligere vært usikkerhet om det kunne være bevegelse dypere enn hva er registrert i borehullene, siden de eldre borehullsinstrumentene ikke gikk så dypt. Tidligere var det i tillegg avvik fra bevegelse målt i borehullet og i overflaten. Ingen av dagens borehull viser bevegelse dypere enn 69 m (KH-02-17), og det er ikke store avvik i bevegelse mellom borehullene og overflaten for borehullene fra 2017 og 2018. Med dagens kunnskap mener vi ikke det er grunnlag for å definere scenario med dypere skjærplan enn hva er observert i borehull. Det gjør at volumet for scenarioene er betydelig redusert i forhold til tidligere estimater.

4.7.2 Korrelasjon fra skjærsoner til skjærplan

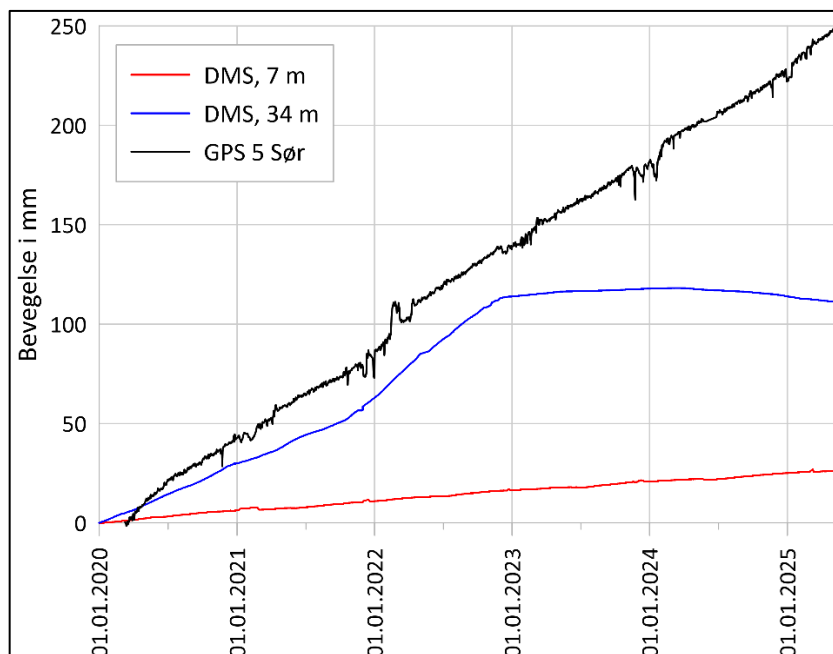
Det er ikke åpenbart hvilke skjærsoner i borehullene som korrelerer og utgjør sammenhengende skjærplan. Det er eksempelvis en betydelig tidsmessig variasjon ved hvilke dyp bevegelsene skjer mellom ulike borehull. Selv innenfor korte avstander som for eksempel mellom KH-02-17 og KH-01-12 (avstand 42 meter, og hvor begge har et øvre og et nedre skjærplan som antas å korrelere) er det betydelige tidsmessige variasjoner i bevegelsene som ikke korrelerer (Figur 32). I KH-01-12 foregikk mesteparten av bevegelsen langs nedre skjærplan (63 m dyp) frem til 2019, men dette planet har vært nesten inaktiv de siste 7 årene. Etter 2019 er det målt bevegelse nesten utelukkende i 24 m dyp. Bevegelsene på nedre skjærplan i KH-02-17 (67 m dyp) økte betydelig i 2024, men det påvirket ikke bevegelsen i nedre skjærplan på KH-01-12.



Figur 32 Sammenligning av bevegelser mot sør i KH-01-12 og KH-02-17. Blå linje er øvre skjærsoner, mens sort linje er nedre skjærsoner. Perioden som er vist, er lenger for KH-01-12.

Et annet eksempel på variabel bevegelse langs skjærplan kan sees på KH-01-18 (Figur 33). I perioden 01.01.2020-31.12.2022 ble det registrert 120 mm bevegelse i et skjærplan på 34 m dyp. Etter dette, og frem til april 2025 er bevegelsen i denne sonen stoppet opp. Det er registrert litt bevegelse ved 7 m dyp, men totalbevegelsen i borehullet, som tidligere var omtrent lik med overflatebevegelsene (GPS 5), er nå noe mindre.

Eksemplene viser et mer variabelt bevegelsesmønster langs skjærplanene enn det som registreres i overflaten.



Figur 33 Bevegelse i KH-01-18 i 34-35 m dyp, i 7-8 m dyp og overflatebevegelser (GPS 5) i perioden 01.01.2020-05.05.2005.

Tolkning fra skjærplan i borehull til skjærplan for scenarioer er gjort på enkel måte:

- I området for scenario D finnes to skjærplan, og her er øvre skjærsoner korrelert og danner scenario D.
- Nedre- eller eneste skjærsoner er korrelert for alle borehull med dokumentert bevegelse. Det er tegnet to overflatescenarioer, C og B basert på litt mer bevegelse i vestlig del av området.
- Skjærsonene er korrelert til planare flater, og plan-geometrien er justert litt til overflateavgrensninger for scenario og morfologi.

Skjærplanene kan være korrelert på en annen måte enn antatt i denne rapporten, eller det kan tenkes at øvre og nedre skjærplan smelter sammen et sted. Borekjernene og logger viser flere sprekke- og knusningssoner, hvor det ikke har vært målt bevegelse. Det kan finnes andre skjærplan i borehullene, som har vært inaktive mens målingene har pågått, men som kan bli aktive igjen. Sannsynligvis vil eventuelt andre skjærplan ligge innenfor de definerte scenarioene.

4.7.3 Usikkerheter for volumestimat

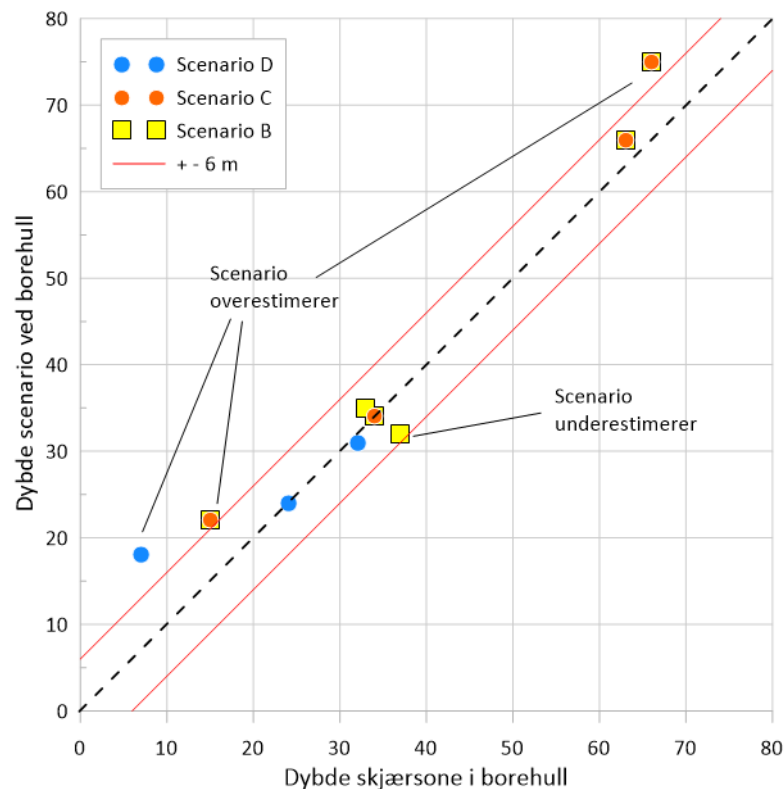
De tidligere volumestimatene er beregnet ved å multiplisere overflateareal med en gitt dybde. Dybden som er brukt kom typisk fra bevegelse i en skjærsoner i et enkelt borehull eller en tolket

skjærsoner fra borekjerne eller geofysiske profiler. Dybden til skjærsoner i borehullene gir punktinformasjon om lokasjon av skjærplan og med dagens antall borehull har det vært mulig å bedre korrelere skjærsoner mellom borehull, noe som har vært viktig for å redusere volumestimatene. Slike plan er en forenkling av virkeligheten, men volumestimat blir likevel bedre enn om det blir brukt en konstant tykkelse for hvert scenario. Den nye tilnærmingen gjør at gjennomsnittlig tykkelse for de ulike scenarioene blir redusert. Effekten er særlig stor i nedre deler av de nye scenarioene, der tykkelsen blir redusert betraktelig.

Scenarioene passer relativt bra, men ikke perfekt til dybder på skjærsoner. Figur 34 viser dybder til skjærsoner plottet mot dybder til de tre skjærplan ved borehullene. Sett for alle scenarioer finnes en korrelasjonskoeffisient på 0,94, med et standardavvik på 2,9 m. Det er matematisk mulig å redusere avviket ytterligere for hvert skjærplan, men da blir tilpasning til overflateavgrønsning/morfologi dårligere.

Usikkerheter kan ligge både i dybde til skjærplan og scenario-avgrønsning i overflaten. Hvis vi setter en usikkerhet på to standardavvik (\pm c. 6 m vertikal tykkelse) er alle tilfeller der scenario underestimerer dybde til skjærplanene inkludert, mens enkelte tilfeller hvor scenario overestimerer dybder ved borehull faller utenfor.

Vi ønsker å benytte et proporsjonalt usikkerhetsestimat. Å bruke \pm 6 m har mer effekt hvor tykkelsen er liten (lite flankescenario) og relativt mindre effekt ved større tykkelser. Vi har derfor valgt å bruke et usikkerhetsestimat på \pm 20 % for volum. Minimum og maksimum volum blir relativt lik som om vi bruker \pm 6 m, men med et større spenn for scenario A og B og et litt mindre for spenn for scenario D.



Figur 34 Dybder for skjærsoner ved borehull plottet mot dybder til skjærplan for de ulike scenarioene ved samme borehull. Korrelasjonskoeffisient for alle scenarioer er 0,94, standardavvik er 2,9 m. De blå linjene er \pm 6 m avvik fra 1:1 linje (omtrent to standardavvik).

For totalscenario A har vi brukt skjærplanet fra scenario B, men med arealet til det tidligere scenario A. En minimumsdybde på 50 m for hele området er brukt. Dybdene til scenario A er ikke plottet i Figur 34, men dybden til scenarioet er betydelig større enn registrerte skjærplan i borehullene AK-01-18, AK-02-06, AK-01-17 og AK-02-18. Det er brukt et usikkerhetsintervall på $\pm 20\%$ også for Scenario A. Tabell 8 oppsummerer scenariovolum med usikkerhetsestimat.

Navn	Areal (m ²)	Tykkelse middel/max (m)	Volum (m ³)	Volum $\pm 20\%$ min / max (m ³)
Scenario D	91.743	26 / 88 m	2,4 mil	1,9/2,9 mill.
Scenario C	178.980	41 / 128 m	7,4 mil	5,9/8,9 mill.
Scenario B	276.070	35 / 128	9,74 mil	7,8/11,7 mill.
Scenario A	583.487	53 / 128	31,1 mil	24,9 / 37,3 mill.

Tabell 8 Areal, tykkelse, volum og usikkerhetsestimat for de fire vurderte scenarioene.

4.7.4 Medrivning av løsmasser i skredbanen

Det finnes ikke store løsmasseavsetninger i skrånningen under de aktive delene av Åknes. Noe av overflaten er bart fjell og mesteparten har et tynt løsmassedekke. Vi vurderer at skredvolumet ikke vil øke som følge av medrivning, men bare ved fragmentering av fjellmasser. Deler av skredmassene vil antagelig ligge igjen i deler av skredbanen og kompensere for eventuell medrivning av løsmasser.

4.7.5 Medrivning av fjellmasser

Et usikkerhetsmoment for skredvolum er om nedre inaktive del av fjellpartiet kan reaktiveres i en akselerasjonsfase eller som følge av et skred. Vi vurderer sannsynligheten for det er lav, men modellerer likevel flodbølge for et slik scenario (Scenario A - totalscenarioet) (NGI rapport 2026).

Sannsynligheten for reaktivering av nedre delen er estimert til 1/12.000 (Figur 35). Dette er så lav sannsynlighet at scenarioet ikke vil benyttes for utarbeiding av fare- og evakueringssoner. Området er overvåket, og dersom det observeres bevegelser i fremtiden, eventuelt tilknyttet en akselerasjonsfase i noen av de andre scenarioene frem mot et skred, må faresoner og evakueringssoner endres.

5 Årlig sannsynlighet for skred

NGU rapport 039.2006 gjorde det første forsøket på å sette sannsynlighet på skred fra Åknes for henholdsvis et flanke- og totalscenario. Det ble gjort basert på dokumenterte historiske og forhistoriske skredhendelser (kartlagte avsetninger) i fjordsystemet og resultatet er oppsummert i kapittel 2.2. Senere er det gjort ytterligere undersøkelser, som blant annet inkluderer en analyse av variasjon i fjellskredfrekvens siden deglasiasjonen (Böhme m.fl. 2015), men uten at årlige sannsynligheter eller faresoner for Åknes ble endret.

Vi har i denne rapporten tatt utgangspunkt i NGUs system for fare og risikoklassifisering av ustabile fjellparti (NGU rapport 2012.029), men modifisert metodikken noe som forklart nedenfor.

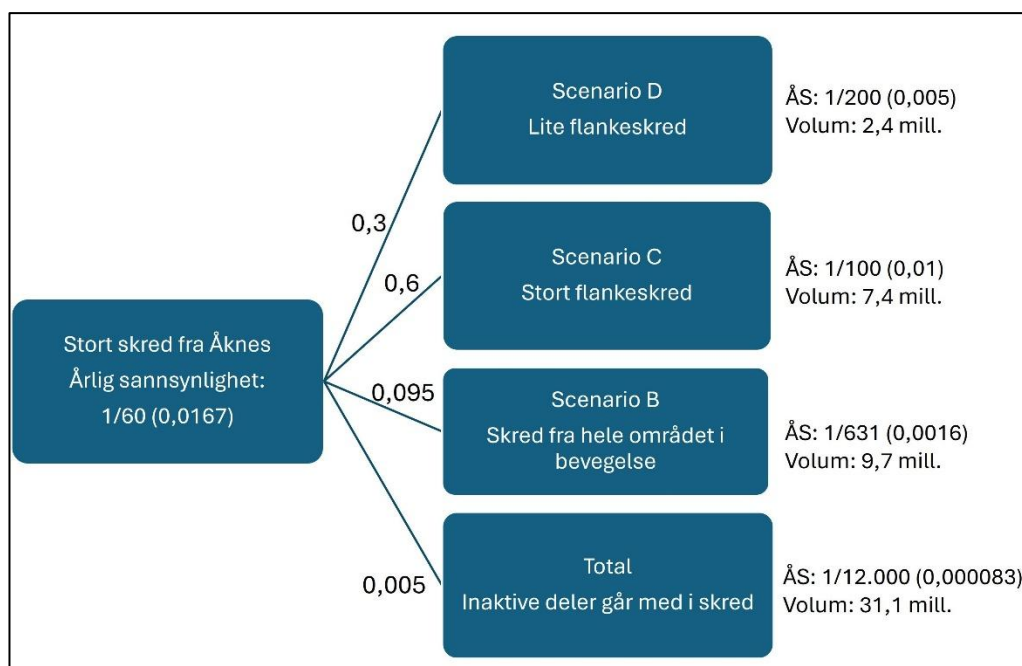
NGU gjennomførte i april 2025 en oppdatert fareklassifisering for de tidligere scenarioene B og C (Figur 5). Årlig sannsynlighet for skred er beregnet ut fra farepoeng, som beskrevet i NVE rapport 77.2016 og i [NVEs veileder for fjellskred](#). Resultatet av analysen er vist i Tabell 9.

Scenario	Farepoeng			Årlig sannsynlighet		
	Gjennomsnitt	5 % persentil	95 % persentil	Gjennomsnitt	5% persentil	95 % persentil
B	7,83	6,78	8,75	1/546	1/1496	1/226
C	10,13	9,25	11,00	1/60	1/140	1/26

Tabell 9 Resultat av NGUs oppdaterte fareanalyse (2025) av årlige skredsannsynligheter fra Åknes for scenario B og C. Usikkerhet ved parametersetting i klassifiseringen er angitt ved 5 % og 95 % persentiler, som tas med videre som et usikkerhetsestimat for årlig sannsynlighet.

NGUs klassifiseringssystem tar ikke høyde for at det kan finnes flere skjærplan i ulike dybder. For Åknes har vi i tillegg mindre scenarioer, som ligger inne i større scenarioer. Dersom skredsannsynligheten for flere scenarioer (som delvis inkluderer samme fjellmasser) oppsummeres, blir den samlede sannsynlighet større, enn om det bare var definert et enkelt scenario. Dette blir statistisk feil siden sannsynlighetene ikke er uavhengige (det kan ikke gå et mindre skred, dersom samme fjellparti går ut i et større skred). Av den grunn er sannsynlighetene for de ulike skredscenarioene for Åknes estimert litt annerledes enn i NGUs vanlige risikoklassifiseringsmetodikk.

Vi har brukt en utgangssannsynlighet for skred (som er stort nok til å skape flodbølge) på 1/60, som tilsvarer den oppdaterte sannsynlighetsvurdering av scenario C (Tabell 9), som er relativt likt scenario C som presenteres i denne rapporten. Denne utgangssannsynligheten fordeles videre på de ulike scenarioene, slik at de i sum tilsvarer 1/60. Med en slik tilnærming kan resultatet av flodbølgemodellering for ulike scenarioer kumuleres, uten at skredsannsynligheten økes som følge av at det er definert flere scenarioer. Vektingen av de ulike scenarioene er tilnærmet slik at de er i samme størrelsesorden som NGUs sannsynlighetsvurdering for enkeltscenarioene. Estimert sannsynlighet for skred fra de ulike scenarioene er vist i Figur 35.



Figur 35 Nye estimerte årlige skredsannsynligheter (ÅS) for de ulike scenarioene for Åknes. Fordeling på grenene er tilpasset slik at årlig sannsynlighet er relativ lik NGUs klassifisering.

Vurdering av skredforløp kompliseres for scenarier der det finnes mer enn et skjærplan. Det kan tenkes at akselerasjon eller skred i øvre skjærplan kan trigge svikt og skred i nedre skjærplan. Det kan også tenkes at flere skjærplan kan medføre et mer utstrakt skredforløp i tid, noe som vil gi mindre flodbølge. Dette er faktorer som vanskelig å tallfeste og som fareklassifiseringen ikke tar høyde for, men dette forklarer til dels hvorfor vi i denne rapporten vurderer at sannsynligheten for skred er lavere for scenario D enn scenario C, selv om bevegelsen på de to skjærplanene er omtrent lik.

5.1 Usikkerhet ved av årlig sannsynlighet

Tallfesting av årlig sannsynlighet for fjellskred har store usikkerheter. Det finns ikke et system som reelt muliggjør beregning av årlig sannsynlighet for at et ustabil fjell vil rase ut. Selv omfattende overvåking og/eller stabilitetsmodellering tillater i dag ikke å stipulere et skredtidspunkt før en akselerasjonsfase eventuelt setter inn. Det er gjort en sammenlikningsstudie av ulike publiserte klassifiseringsmetoder gjort for to scenarier for Åknes, som omtrent tilsvarer scenario C og A i denne rapporten (Oppikofer m.fl. 2018). Metodene inkluderer ulike grad av ekspertvurdering, og studiet viser relativt sprikende resultater for årlige sannsynligheter, basert på hvilke parametere som vektet.

Det er nødvendig å estimere årlig sannsynlighet for å kunne utarbeide faresoner for fjellskred til bruk i arealplan. Tabell 9 viser usikkerhetsestimat for farepoeng og skredsannsynlighet for scenario B og C basert på kvalitative metodikken beskrevet i NGU rapport 2012.29 og NVE rapport 77.2016. Beregningen fra farepoeng til årlig sannsynlighet er usikker, men er basert på en statistisk analyse av historiske fjellskredhendelser og antall ustabile fjellpartier i Norge (antall skred som kan forventes innenfor et gitt tidsintervall).

Fordeling av sannsynligheter for de ulike scenarioene i Figur 35 er gjort med utgangspunkt i Tabell 9, men har inkludert scenarioene A og D. Sannsynlighetene må regnes som et beste estimat av fagmiljøene ved NVE og NGU basert på nåværende kunnskap. Vi tallfester ikke

usikkerhetene i figuren, siden det ikke brukes i flodbølgemodelleringen og dermed ikke påvirker faresonene. Vår vurdering er at usikkerheten knyttet til årlig skredsannsynlighet på de ulike scenarioene i Figur 35 er minst like store som indikert i Tabell 9.

Skredsannsynlighetene i denne rapporten er større enn estimatet i NGU rapport 039.2006, men likevel i samme størrelsesorden. Det er noe forskjell mellom scenarioene fra NGUs analyse i 2006 og de som presenteres i denne rapporten.

6 Konsekvenser og risiko

6.1 Faresoner og konsekvenser

Norges Geotekniske Institutt (NGI) har utført en flodbølgeberegning basert på volum og sannsynligheter for skred vist i Tabell 9 og Figur 35. Det er brukt en probabilistisk PHTA-metode og metodikk og resultater er publisert i NGI rapport 2026. Ulike scenarioer, skredvolum og -sannsynligheter, i tillegg til usikkerhet i valg av parametere i den numeriske modellering er brukt til å bestemme årlig sannsynlighet på faresoner for flodbølger. Rapporten inkluderer i tillegg ny modellering av flodbølge for fjellskred fra Hegguraksla, som er inkludert i de sammenslåtte faresonene. Faresonene med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000 er publisert i NVEs temakart for fjellskred.

Scenario A er ikke inkludert i de nye faresonene. Dette skyldes at sannsynligheten for skred fra dette scenarioet er ansett som for lavt til å skulle ivaretas i plan- og byggesaker og i beredskapsplaner. Scenario A er likevel under overvåking som en del av overvåkingen av de andre scenarioene. Hvis overvåkingen i fremtiden skulle fange opp bevegelser i scenario A vil NVE revidere scenarioer og faresoner på nytt.

Konsekvenser av fjellskred beregnes som ventet tap av menneskeliv ved et uvarslet skred, ved å kombinere antall beboere og skoleelever/barnehagebarn, antall og typer berørte bygninger (og ventet personopphold innenfor disse), antall turister (inkludert cruisetrafikk) og fergetrafikk. Analysen tar hensyn til menneskelig eksponering og sårbarhet ved en hendelse. Det er for Åknes antatt at ingen personer vil bli rammet av direkte treff av skredmasser, og at det kun vil være den påfølgende flodbølgen som vil utgjøre en fare. Beregningen gjøres separat for hvert av scenarioene B, C og D med tilhørende faresoner. Flere detaljer i metodikk for beregning av konsekvenser er angitt i [NGU rapport 2012.047](#). Antall ventede omkomne personer ved et uvarslet skred fra de ulike scenarioene er angitt i Tabell 10.

<https://veiledere.nve.no/fjellskred/kartlegging/risiko-for-fjellskred/>

Scenario	Ventet tap av menneskeliv		
	Min	Gjennomsnitt	Maks
B	612	1445	3431
C	337	830	1998
D	178	543	1409

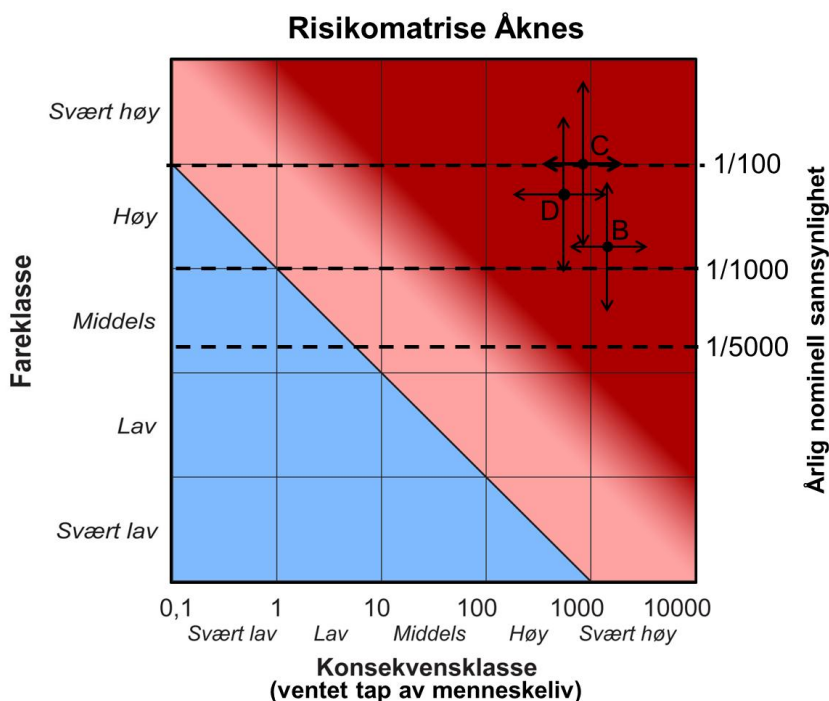
Tabell 10 Resultat av konsekvensanalysen som viser ventet tap av menneskeliv som følge av en skredhendelse fra scenarioer B, C og D. Konsekvensene er beregnet for hvert av scenarioene basert på faresoner tilhørende det enkelte scenarioet.

6.2 Risikoanalyse

Konsekvensene for de ulike scenarioene kombineres med deres tilhørende sannsynligheter for skred for å beregne risiko for dødsfall.

Sannsynlighet for skred (Figur 35) er regnet om til farepoeng for plotting i risikomatrisen som beskrevet i [NVEs veileder for sikkerhet mot fjellskred](#). Det er benyttet +/- 20 % som usikkerhetsmargin. Ventet tap av menneskeliv plottes sammen med sannsynligheter for skred i en risikomatrix for hvert scenario og tilpasses slik at den tilsvarer den årlige sannsynligheten for skred for hvert enkeltscenario (se kapittel 3.9.2 i NGUs rapport 2022.026 for flere detaljer knyttet til metodikken).

Risikomatrisen som angir risiko ved skred fra Scenario B, C og D er vist i Figur 36. Risikoanalysen viser at scenarioer B, C og D fra Åknes kvalifiserer som scenarioer for fjellskred med høy risiko. Scenario A er ikke inkludert fordi sannsynligheten for skred fra dette scenarioet er ansett som for lavt til å skulle ivaretas i beredskapsplaner.



Figur 36 Oppdatert risikomatrix for fjellskred fra Åknes for de reviderte scenarioene. Scenarioer B, C og D defineres som fjellskredobjekter med høy risiko. Scenario A er ikke inkludert fordi sannsynligheten for skred fra dette scenarioet er ansett som for lavt til å skulle ivaretas i beredskapsplaner.

6.3 Modellert grunnlag for evakueringssoner

Det er i tillegg til faresoner med årlig sannsynlighet gjort en konservativ flodbølgeomodellering som kan legges til grunn for revisjon av evakueringssoner til bruk i beredskapsplaner.

Modelleringen er basert på området som i dag viser bevegelse, som tilsvarer scenario B. Det er mange hensyn som tas, når endelig evakueringssoner defineres – blant annet tilkomstvei mm. NVE anbefaler at det ikke legges ekstra sikkerhetsmargin til denne sonen, når evakueringssonen defineres, utover hva som gjelder praktiske forhold.

7 Referanser

Blikra, L. H. 2012. The Åknes rockslide, Norway. Kapittel 26 i Landslides: Types, Mechanism and Modeling. Cambridge University Press. Redaktører Clague, J. & Stead, D.

Böhme, M., Oppikofer, T., Longva, O., Jaboyedoff, M., Hermanns, R & Derron, MH. 2015. Analysis of past and present rock slope instabilities in a fjord valley: Implications for hazard estimations. *Geomorphology*, Vol 248.

Derron, M.H., Blikra, L.H. & Jaboyedoff, M. 2005. High resolution digital elevation model analysis for landslide hazard assessment (Åkneset, Norway). I: Senneset K, Flaate K, Larsen JO (eds) *Landslide and avalanches ICFL 2005 Norway*.

Ganerød, G. V., Grøneng, G., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Tønnesen, J. F., ... & Braathen, A. (2008). Geological model of the Åknes rockslide, western Norway. *Engineering Geology*, 102(1-2), 1-18.

GeoExpert rapport 2017. Hybrid Seismic Site Characterization on the Instable Rock Mass at Åknes.

Jaboyedoff, M, Oppikofer, T, m.fl. 2011. Complex landslide behaviour and structural control: a three-dimensional conceptual model of Åknes rockslide, Norway. Geological Society, London, Special Publications, Volume 351, 147-161.

Jaboyedoff, M, Carrea, D. m.fl. 2020. A review of methods used to estimate initial landslide failure surface depths and volumes. *Engineering Geology* 267.

Kristensen, L, Rivolta, C, Dehls, J & Blikra, L.H. 2013. GB InSAR measurements at the Åknes rockslide, Norway. *Italian Journal of Engineering Geology and Environment*, 339-348

Kveldsvik, V., Nilsen, B. Einstein, H & Nadim, F. 2008. Alternative approaches for analyses of a 100.000 m³ rock slide based on Barton-Bandis shear strength criterion. *Landslides*, 5: 161-176.

Kveldsvik, V. 2008. Static and dynamic stability analysis of the 800 m high Åknes rock slope, Western Norway. Ph. D. avhandling. NTNU, Trondheim.

Langeland, H. A. 2014. [Utvikling av revidert geologisk modell og stabilitetsanalyser for øvre deler av ustabil fjellside på Åknes](#). Master oppgave, NTNU.

NGI rapport 1989. Stabilitetsvurdering omkring remnane ved Åkernes i Stranda. T.L By og Grimstad, E.

NGI rapport 1996: 585910-9. General Description of the Akernes Slide. Area and Control Measures. Kristensen, K.

NGI rapport 20051018-00-1-R: Numerical simulations of tsunamis from potential and historical rock slides in Storfjorden; Hazard zoning and comparison with 3D laboratory experiments. Harbitz, C.B. & Glimsdal, S.

NGI rapport 2026. Flodbølger etter skred fra Åknes og Hegguraksla – Beregning av faresoner. (rapport nr 20250318-01-R.)

NGU rapport 2006.002: [Geofysiske målinger Åknes og Tafjord, Stranda og Nordal kommuner, Møre og Romsdal](#). Rønning, J. S. Dalsegg, E. m.fl.

NGU rapport 2006.039: Åknes/Tafjord-prosjektet: Sannsynlighet og risiko knyttet til fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. Blikra, L.H, Anda, E. Høst, J. og Longva, O.

NGU rapport 2007.026: [Geofysiske målinger på bakken ved Åknes og ved Hegguraksla, Stranda og Nordal kommuner, Møre og Romsdal](#). Rønning, J. S. Heincke, B. H & Tønnesen, J. F.

NGU rapport 2008.030: [Borehullslogging, Åknes, Stranda kommune](#). Elvebakk, H.

NGU rapport 2012.029: [Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway](#). Hermanns, Oppikofer, Anda m.fl.

NGU rapport 2012.047: [Metodikk for konsekvensanalyse av fjellskred](#). Oppikofer, T. Böhme, M m.fl.

NGU rapport 2013.032: [Borehullslogging i KH-08, Åknes, Stranda kommune, Møre og Romsdal](#). Elvebakk, H.

NGU rapport 2013.039: [Geological logging of drill cores from borehole KH-08-12 at Åknes, Møre & Romsdal, Western Norway](#). Ganerød, G. V.

NGU rapport 2018.002: [Reprocessing of ERT data from Åknes, Stranda Municipality, Møre & Romsdal County](#). Tassias, G & Rønning, J. S.

NGU rapport 2018.026: [Borehullslogging Åknes, Stranda kommune, 2017 – 2018](#). Elvebakk, H. & Pless, G.

NGU rapport 2019.004: [Reprocessing of Refraction Seismic data from Åknes, Stranda Municipality, Møre & Romsdal County](#). Tassis, G & Rønning, J. S.

NGU website: [About InSAR Norge – Map of subsidence and unstable rock formations](#). 28.10.2025

Nicolet, P. 2020. pySLBL, <https://github.com/ngu/pySLBL>

NVE rapport 2016-77: [Fare- og risikoklassifisering av ustabile fjellparti](#). Majala, G, Anda, E. Berg, H mfl. Redaktør Blikra, L. H.

NVE rapport 2021-22: [Possibility for using drainage as mitigation to increase the stability of the Åknes rock-slope instability, Stranda in western Norway](#). Pless, G, Blikra, L. H & Kristensen, L.

NVE (2024). *NVEs veileder for sikkerhet mot fjellskred*. <https://veiledere.nve.no/fjellskred/>

Oppikofer, T., Hermanns, R., Jaboyedoff, M. m.fl. 2018. [Comparison between three rock slope hazard assessment methodologies based on the Åknes case study from Norway](#). 7th Canadian Geohazards Conference. Canmore, Alberta, Canada.

Åknes rapport 01.2010: Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. Blikra, L.H., Hole, J. & Anda, E.



Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: (+47) 22 95 95 95

<https://www.nve.no>