



**Østfoldbanen VL, (Ski) - Moss, Moss stasjon,
Analyserapport iboende risiko faresone Moss havn,
Km 59,030 – 60,230**

<input checked="" type="checkbox"/> Akseptert
<input type="checkbox"/> Akseptert m/kommentarer
<input type="checkbox"/> Ikke akseptert (kommentert) Revider og send inn på nytt
<input type="checkbox"/> Kun for informasjon
Sign:

00E	For implementering	03.04.2023	SL	ON	MaR
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
Tittel: Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Moss stasjon, Analyserapport iboende risiko faresone Moss havn, Km 59,030 – 60,230	Antall sider: 223	Entrepriise: SMS Sentrum			
	Produsent:				
	Prod.tegn.nr.:		Rev.		
	Erstatning for:				
	Erstattet av:				
Prosjektnavn: Sandbukta-Moss-Såstad Prosjektnr: 960168	Dokument-/tegningsnummer: SMS-20-A-59660	Revisjon: 00E			
	FDV-dokument-/tegningsnummer:	FDV-rev.:			

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 2 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	--	--

Oppsummering

NGI er bedt av Bane NOR om å analysere risiko forbundet med et stort kvikkleireskred i faresonen Moss havn. Sikkerhet og risiko er analysert for fire faser:

Fase 0: Før Bane NORs arbeider startet.

Fase 1: Etter at instrumentering og overvåkning har kommet på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området, men før områdestabilitetstiltakene har startet.

Fase 2: Etter at deler av områdestabilitetstiltakene er på plass.

Fase 3: Etter at alle områdestabilitetstiltakene er på plass.

Målet er å etablere risikonivå for faresonen Moss havn. Bane NOR vil da ta stilling til om risikoen forbundet med et stort kvikkleireskred i faresonen er akseptabel. Risiko-reducerende tiltak, basert på resultatene fra risikoanalysen, bør foreslås.

Hendelsestreaksemetodikk er anvendt. For analysene er faresonen Moss havn delt inn i fire delområder: Kransen, Moss havn, Kleberget og Stasjonsområdet. I hvert delområde er risiko forbundet med den mest utsatte skråningen analysert.

Resultatene viser at i hvert delområde og for hele faresonen Moss havn var risikoen høy før Bane NOR begynte med sine arbeider. Sannsynlighet for et stort kvikkleireskred ligger på ca. $5 \cdot 10^{-3}$ pr år.

Analysene viser tydelig en risikoreducerende effekt av både instrumentering og økt lokalbevissthet (fase 1) og implementering av områdestabilitetstiltak (fase 2). Når alle områdestabilitetstiltakene i faresonen Moss havn er på plass i de fire delområdene (fase 3) reduseres risikoen ytterligere. Den beregnede totale sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred i faresonen kan forårsake minst et dødsfall ligger på $2 \cdot 10^{-3}$ pr år for fase 2 og $3 \cdot 10^{-4}$ pr år for fase 3.

Rapporten lister opp mulige risikoreducerende tiltak i lys av hendelsestreaksemetodikk.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	FORMÅL MED RISIKOANALYSEN FOR FARESONEN MOSS HAVN	4
2	FARESONE MOSS HAVN	5
2.1	Faresone og fire delområder.....	5
2.2	Stabiliseringstiltak som er planlagt.....	5
3	RISIKOANALYSEMETODIKK ANVENDT FOR DE FIRE DELOMRÅDER	7
3.1	Hendelsestreanalysemetodikk	7
3.2	Workshop og analyseiterasjonsmøte	7
4	IDENTIFISERING AV BRUDDÅRSAKER OG BRUDDMEKANISMER	9
4.1	"Failure mode screening" og prioritering av analyser.....	9
5	RESULTATER FRA ANALYSENE	12
5.1	Oversikt over hendelsestreanalyser.....	12
5.2	Beregnet årlig kvikkleireskreds sannsynlighet pr scenario pr delområde	12
5.3	Beregnet total årlig brudds sannsynlighet pr delområde	13
5.4	Beregnet total årlig sannsynlighet for "faresonen Moss havn"	13
6	TILTAK SOM KAN REDUSERE RISIKO.....	20
7	KONKLUSJON OG ANBEFALINGER	21
8	REFERANSER	22

VEDLEGG

Vedlegg A Faresonen Moss Havn

Vedlegg B Risikoanalyseworkshop

Vedlegg C Hendelsestreanalysemetodikk

Vedlegg D Hendelsestreanalyser for delområdet Kransen

Vedlegg E Hendelsestreanalyser for delområdet Moss havn

Vedlegg F Hendelsestreanalyser for delområdet Kleberget

Vedlegg G Hendelsestreanalyser for delområdet Stasjonsområdet

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 4 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	--	--

1 FORMÅL MED RISIKOANALYSEN FOR FARESONEN MOSS HAVN

Risikoanalysen har som formål å analysere sikkerhet og risiko forbundet med et stort kvikkleireskred i faresonen Moss havn. Sikkerhet og risiko analyseres for fire perioder (kalt faser):

Fase 0: Før Bane NORs arbeider startet.

Fase 1: Etter at instrumentering og overvåkning har kommet på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området, men før områdestabilitetstiltak er startet.

Fase 2: Etter at deler av områdestabilitetstiltakene er på plass.

Fase 3: Etter at alle områdestabilitetstiltakene er på plass.

Sannsynlighet for at et stort kvikkleireskred utløses og sannsynlighet for at konsekvensen av skredutløsningen forårsaker ett eller flere dødsfall er analysert. Effekten av planlagte stabiliseringstiltak på den beregnede faren for et stort kvikkleireskred er også analysert. Bane NOR vil ta stilling til om risikoen forbundet med et stort kvikkleireskred i faresonen Moss havn er akseptabel.

For analysene er faresonen delt inn i fire delområder: Kransen, Moss havn, Kleberget og Stasjonsområdet. Analysen er først gjort for de fire delområdene i faresonen, og så samlet for å etablere en beregnet total årlig sannsynlighet for at et stort kvikkleireskred utløses i faresonen Moss havn, og for at skredet forårsaker minst ett dødsfall.

Analysene er gjennomført ved hjelp av hendelsestreakanalyser med en workshop og påfølgende diskusjoner hos Bane NOR og på Teams. Analysene ser på sannsynlighet for at et stort kvikkleireskred utløses. Plausible mekanismer og årsaker som kan utløse et stort kvikkleireskred er analysert. Plausible mekanismer og årsaker som er utenfor Bane NOR sin kontroll og som kan utløse et stort kvikkleireskred er analysert.

2 FARESONE MOSS HAVN

2.1 Faresone og fire delområder

For analysene er faresonen Moss havn delt inn i fire delområder: Kransen, Moss havn, Kleberget og Stasjonsområdet. I hvert delområde er risiko forbundet med den mest utsatte skråningen analysert. Tabell 2-1 gir en oversikt over de skråningene som er analysert med en probabilistisk tilnærming. Vedlegg A beskriver hvert delområde som er vurdert og typiske jordprofiler og enkelte stabilitetsanalyser som er typiske for analysene i denne rapporten. Beliggenhet av profilnumrene er vist i områdestabilitetsrapport (NGI, 2021; NGI, 2022a).

Tabell 2-1. Skråning i hvert delområde som er vurdert i risikoanalysene

Delområde	Profil nr.	Sikkerhetsfaktor (SF) for skråningen som analyseres probabilistisk
Kransen	12-28 (NGI, 2021)	SF = 1,0
Moss havn	8-70 (NGI, 2022a)	SF = 1,2
Kleberget	52-58 (NGI, 2021)	SF = 1,2
Stasjonsområdet	28-39 (NGI, 2021)	SF = 1,2

Sikkerhetsfaktorene i Tabell 2-1 er beregnede verdier. Skråningen som har en beregnet SF på 1,0 står stabilt i dag.

For Kransen delområdet er analysene gjort for en skråning med lavest sikkerhetsfaktor på 1,0. Gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor i Kransen er ca. 1,15. Sikkerhetsfaktor er en beregnet sikkerhet under udrenerte forhold.

For Moss havn delområdet er gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor noe høyere enn 1,2. Etter risikoanalyseworkshopen er det installert poretrykksmålere på havnen for å fange opp endringer i poretrykk (som kan være indikasjoner på udrenerte spenningsendringer). Med de nye målerne er det mulig å fange opp havneaktivitet, enten under normal drift eller poretrykksøkning som skyldes aktiviteter som ikke er planlagt.

For Kleberget er analysene gjort for en skråning med lavest sikkerhetsfaktor på ca. 1,2. Gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor på Kleberget er ca. 1,3.

For Stasjonsområdet er analysene gjort for en skråning med lavest sikkerhetsfaktor på ca. 1,2. Gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor på Stasjonsområdet er ca. 1,3.

Risikoanalysen adresserer risiko forbundet med den mest utsatte skråningen i hvert delområde. For skråninger med høyere sikkerhetsfaktor vil den beregnede årlige skredsansynlighet bli høyere enn verdiene som er presentert her.

2.2 Stabiliseringstiltak som er planlagt

Analysene ser på den iboende risiko under fire faser.

Fase 0 representere tilstanden før arbeidet til Bane NOR startet.

Fase 1 representerer tilstanden etter at instrumentering og overvåking er kommet på plass og det er satt begrensninger fra kommunen på byggeaktivitet i området. Bane

NOR foretar jevnlige og hyppige inspeksjoner i faresonen. Overvåkingssystemet "NGI-Live" med kontinuerlig overvåking og overføring av data er installert. I tillegg har naboer og alle interessenter blitt gjort kjent med forhold rundt kvikkleireproblematikken.

I fase 2 tok analysene hensyn til effekten av risikoreducerende tiltak. Fase 2 representerer tilstanden etter at deler av områdestabilitetstiltakene er på plass. De planlagte risikoreducerende stabiliseringstiltak er listet i Tabell 2-2. For delområdene Moss havn og Kleberget er ingen tiltak planlagt. For Stasjonsområdet er jetpelerribber inkludert i fase 2. For delområdet Kransen er følgende tiltak inkludert i fase 2: avgraving og motfylling i Kransen nord, kalksement- og jetpelerribber i Kransen øst, midlertidig motfylling med vertikaldren og underliggende jetpelerribber i Kransen sør, samt plastring på østsiden av Fjordveien.

I fase 3 er alle områdestabiliseringstiltak i Tabell 2-2 kommet på plass. Det er vurdert at med alle tiltakene på plass forbedrer det sikkerheten for alle de fire delområder, selv om det ikke spesifikke er utført risikoreducerende tiltak i ett delområde (som Moss havn og Kleberget). Når alle risikoreducerende tiltak er på plass, bidrar de til å redusere risiko for utvikling av et stort kvikkleireskred.

Vedlegg A presenterer kvikkleirefaresonen Moss havn og illustrerer i Figur A-3 og A-4 stabiliseringstiltakene i hvert delområde.

Tabell 2-2. Planlagte stabiliseringstiltak som ble vurdert som risikoreducerende i analysene

Delområde	Planlagte risikoreducerende stabiliseringstiltak
Kransen	Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner og vertikaldren; under workshopen ble det avgjort å plassere plastring på østsiden av Fjordveien
Moss havn	Ingen tiltak opprinnelig planlagt; installasjon av poretrykks- og helningsmålere utført i 2022 etter workshopen; dykkerinspeksjon av støttekonstruksjonen utført høst 2022 etter workshopen.
Kleberget	Liten støttefylling, men ingen tiltak der glideflaten har lavest FS. Etter workshop ble det installert poretrykks- og helningsmålere i området.
Stasjonsområdet	Jetpeler/ribber

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 7 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	---	--

3 RISIKOANALYSEMETODIKK ANVENDT FOR DE FIRE DELOMRÅDER

3.1 Hendelsestreanalysemetodikk

Analysen av sannsynlighet for et stort kvikkleireskred med påfølgende konsekvenser er gjort ved hjelp av hendelsestreanalyser. Vedlegg C beskriver i mer detalj selve analysen og oppbygging av hendelsestrærne. Hendelsestreanalysen følger en syv-trinns prosedyre (modifisert fra Høeg (1996) og Vick (2002)):

1. Gjennomgang av tidligere stabilitetsanalyser av skråningene i faresone og tidligere hendelser (skred, nedbør, observasjoner etc.) på stedet.
2. "Failure mode screening": identifisering av de viktigste utløsningsårsaker og skredmekanismer.
3. Diskusjon og konsensus om hvilke sannsynlighetsverdier assosieres med verbale beskrivelser av usikkerheter.
4. Oppbygging av hendelsestrær.
5. Estimat av sannsynligheter for hver hendelse i hendelsestreet.
6. Evaluering av resultater.
7. Iterasjon, hvis nødvendig.

En slik evaluering gjøres ofte ved å bringe sammen en gruppe eksperter med kunnskap om temaet som skal analyseres. Vick (2002) hevdet at en strukturert kollektiv ekspertvurdering kan gi en like god sannsynlighetsvurdering som matematiske analyser: *"The collective judgment of experts, structured within a process of debate, can yield as good an assessment of probabilities as mathematical analyses"*.

Det viktigste steget i analysen er trinn 2, "Failure mode screening", dvs. identifisering av de viktigste utløsningsårsaker og skredmekanismer. Analysen bør se på alle plausible mekanismer og utløsende faktorer.

Tabeller med verbal beskrivelse av usikkerheter som ble brukt på workshopen er gitt i Vedlegg C, både som beste estimat og som områdedetail.

Sannsynligheten for kvikkleireskred (og konsekvenser) er summen av sannsynlighetene for alle hendelseskjedene som kan føre til et skred.

3.2 Workshop og analyseiterasjonsmøte

Program og deltagerer for workshop som ble holdt i mai 2022 er gitt i Vedlegg B. Flere av workshopdeltagerne hadde dybdekunnskap om Moss havn området, lang erfaring med kvikkleire og kunnskap om tidligere skader og uønskede hendelser. Deltagerne representerte Moss kommune, Moss Havn, Bane NOR, fagansvarlige, driftsansvarlige og geotekniske rådgivere.

Arbeidet under workshopen omfattet trinn 3 - 7 ovenfor. Under oppbyggingen av hendelsestrærne la deltagerne frem sine synspunkter på sannsynlighetene for hver av enkelthendelsene i hendelsestrærne. Alle trinnene ble gjennomført gjennom diskusjon slik at en konsensus om sannsynlighetsverdiene kunne oppnås.

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 8 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	--	--

Trærne ble gjennomgått flere ganger. Første gang på et møte hos Bane NOR i september 2022 for å gjennomføre nye iterasjoner og for å ta hensyn til ny informasjon som ble tilgjengelig etter workshopen. Det ble deretter holdt tilleggsmøter for å gjennomgå iterasjoner av hendelsestrær etter at ny informasjon ble tilgjengelig.

Sannsynlighetene i analysene i denne rapporten (alle hendelsestrærne er samlet i vedlegg D til G, et vedlegg for hvert delområde) er "konsensus-verdier", etter at gruppen ble enige om sannsynligheter gjennom diskusjon. De viktigste analysetilfellene og hendelsestrær ble gjennomgått på workshopen. NGI kompletterte ufullstendige hendelsestrær etter at workshopen ble avsluttet.

4 IDENTIFISERING AV BRUDDÅRSAKER OG BRUDDMEKANISMER

4.1 "Failure mode screening" og prioritering av analyser

Identifisering av bruddmekanismer startet med en gjennomgang av mulig skredmekanismer og utløsningsårsak i kvikkleirefasesonen. Videre ble det diskutert i hvilken grad og eventuelt på hvilken måte hver av disse bruddmekanismer var relevante eller plausible.

Under diskusjonene i workshopen kom det innspill på utløsende faktorer, potensielle svakheter og potensielle mekanismer for kvikkleiredelområdene i faresonen. En del av faktorene som ble diskutert (f.eks. instrumentering eller mangel på overvåking, stormflo, erosjon menneskelig aktivitet) har påvirkning på flere skredmekanismer og inngår i betraktningen av disse.

Diskusjonen ble oppsummert i en liste med prioriterte analyser (Tabell 4-1 til 4-4) som viser de viktigste skred- og utløsningsmekanismer for hvert av de fire delområdene. Fire stjerner (****) er høyeste prioritet. Prioriteringen blant årsak og mekanismer ble satt i konsensus under workshopen. Initierende årsaker og skredmekanismer som ble diskutert, men som ble nedprioritert er vist i Tabell 4-5.

Tabell 4-1. Prioriterte hendelser, mekanismer og utløsningsårsak for Kransen delområdet.

Initierende årsak	Prior.	Bemerkninger
Menneskelig aktivitet	****	2 viktige tilfeller: (1) Fylling på toppen og (2) Utgraving i foten
Nedbør, overflatevann, erosjon	***	Overvannsledninger (lekkasje, tilstopping)
Erosjon	***	Forårsaket av nedbør
Brudd på vannledning	***	Under bakken (lekkasje, tilstopping, lukket/åpen rør, lukkede bekker)
Flom	***	-----
Feil vurdering av geotekniske rapporter hos kommunen ifm søknader	***	Inngår som en hendelse i analysene.
Manglende kompetanse i geoteknikkmiljøet, useriøse aktører	***	F.eks., feil i beregnet SF. Inngår som en hendelse i analysene; knyttes til vurderingen ovenfor.

Tabell 4-2. Prioriterte hendelser, mekanismer og utløsningsårsak for Moss havn delområdet.

Initierende årsak	Prior.	Bemerkning
Havneaktivitet	****	Kontainer opplasting/flytting, mellomlagring av laster, reparasjon, erosjonssikring, nybygg, mudring, etc. til slutt inndelt i - Normale aktiviteter - Ikke søknadspåtlitige aktiviteter - Ikke prosjekterte aktiviteter - Søknadspåtlitige aktiviteter
Nedbør, erosjon	***	---
Brudd på vannledning	***	Under bakken; overvannsledninger (lekkasje, tilstopping, lukket/åpen rør, lukkede bekker)
Stormflo	***	---

Initierende årsak	Prior.	Bemerkning
Kranlaster (konsentrert last)	****	Også mellomlagring av tunge laster; inkludert i havneaktivitet. Ikke behov for å søke om lov for å sette opp en kran, dermed viktig.
Kollaps av støttekonstruksjon	****	---
Feil vurdering av geotekniske rapporter hos kommunen ifm søknader	***	Inngår som en hendelse i analysene.
Manglende kompetanse i geoteknikkmiljøet, useriøse aktører	***	F.eks., feil i beregnet SF. Inngår som en hendelse i analysene; knyttes til vurderingen ovenfor.
Skipskollisjon	***	Bruke analysering gjort for Bjørvika
Bølbelast på sjøbunn, bølgeaktivitet	***	---

Tabell 4-3. Prioriterte hendelser, mekanismer og utløsningsårsak for Kleberget delområdet.

Initierende årsak	Prior.	Bemerkning
Menneskelig aktivitet	****	2 viktige tilfeller: 1) Fylling på toppen og 2) Utgraving i foten
Nedbør, overflatevann, erosjon	***	Overvannsledninger (lekkasje, tilstopping)
Erosjon	***	Forårsaket av nedbør
Brudd på vannledning	***	Under bakken; overvannsledninger (lekkasje, tilstopping, lukket/åpen rør, lukkede bekker)
Flom	***	---
Sprenging	***	Av private aktører; relevant hvis sprengning er innen 50 m fra området. Kun på Kleberget ligger det berg.
Feil vurdering av geotekniske rapporter hos kommunen ifm søknader	***	Inngår som en hendelse i analysene.
Manglende kompetanse i geoteknikkmiljøet, useriøse aktører	***	F.eks., feil i beregnet SF. Inngår som en hendelse i analysene; knyttes til vurderingen ovenfor.

Tabell 4-4. Prioriterte hendelser, mekanismer, utløsningsårsak og forhold for Stasjonsområdet delområdet.

Initierende årsak	Prior.	Bemerkning
Menneskelig aktivitet	****	2 viktige tilfeller: (1) Fylling på toppen; (2) Utgraving i foten
Nedbør, overflatevann, erosjon	***	Overvannsledninger (lekkasje, tilstopping)
Erosjon	***	Forårsaket av nedbør
Brudd på vannledning	***	Under bakken; overvannsledninger (lekkasje, tilstopping, lukket/åpen rør, lukkede bekk)
Flom	***	---
Feil vurdering av geotekniske rapporter hos kommunen ifm søknader	***	Inngår som en hendelse i analysene.
Manglende kompetanse i geoteknikkmiljøet, useriøse aktører	***	F.eks., feil i beregnet SF. Inngår som en hendelse i analysene; knyttes til vurderingen ovenfor.

Tabell 4-5. Nedprioritere hendelser, all fire delområder

Initierende årsak	Begrunnelse
<u>Moss havn delområdet</u>	
Ekstremt lavvann/lavt grunnvann	Vil ikke utløse et undervannsskred. Ikke et plausibelt scenario med ekstremt lavt vann
Erosjon fra skip	Inkludert i bølgestanalyse
Skip mister stor last	Ikke realistisk, har ikke skjedd før
Tsunami fra Framnes	Fra kvikkleirefaresone Framnes som ligger på vestsiden av Verlebukta. Etter sjekk, funnet som ikke plausibelt.
<u>Alle delområder</u>	
Togulykker	Avsporing, eksplosjoner. <u>Situasjonen i dag:</u> Avsporing i dagen ikke kritisk pga. området er flatt. Eksplosjon over bakken ikke farlig. Det har ikke skjedd før. Det har vært én avsporing før, uten konsekvenser. <u>Situasjon etter at tog er på plass:</u> Kollaps av kulvert skal ikke være mulig hverken for brann eller avsporing. Nedprioritert etter å ha kjørt de andre analyser fordi initierende hendelse ville ha hatt mye lavere sannsynlighet per år enn de andre scenariene.
Kabelbrudd	Kabelbrudd medfører behov for graving, og faller dermed inn under menneskelig aktivitet
Kryp i skråninger med lav sikkerhet (SF ≤ 1,2 og mindre)	Det skal mye til dersom sikkerheten er større enn 1,0. Små forskyvninger kan skje over tid selv om en skråning har stått der lenge. Kan avdekkes over tid (år) ved måleinstrumenter, eller sees på vegetasjon i skråninger. Det bør være en hendelse i trærne, ikke en egen analyse.
Injeksjonsbrønner	Av andre aktører i nærheten; det er en del av analysene om menneskelig aktivitet
Jordskjelv	Ikke stor seismisitet.
Urban flom	Slås sammen med overvannsledninger
Flykrasj	For liten sannsynlighet
Terror/sabotasje	Anses som ikke plausibelt
Stor brann	Mye vann på avveie, eller smelting av støttekonstruksjoner (f.eks. jordarmering); Ikke en egen analyse.
Ulykker ved eksplosjon hos Rockwool	Ingen tanker under bakken, dermed ingen fare for påvirkning av grunnforhold ved eksplosjon.
Økt poretrykk	Hendelse i hendelsestrærne, ikke en egen analyse.
Tungtransport	Laster over "vanlig last" iht. SVV. Antar at retningslinjer fra SVV egentlig er konservative nok til også å dekke tungtransport.
Vann tar andre veier	Dekket i allerede prioriterte analyser. Det samme for lekkasje av vann, utlekking av vann over tid.
Vibrerende arbeider ved veivedlikehold	(f.eks. vibro-valser); legges inn under menneskelig aktivitet.
Svikt i cybersikkerhet	Bane NORs styringssystem sier at alt arbeid skal stoppes dersom dette skal skje. Kan være viktig for skråningsstabiliteten dersom man mister viktige måledata for skråninger med lav sikkerhet. Dette er en hendelse, ikke en egen analyse.
Lukkede bekkeløp	Bekkeløp som tidligere var åpne som nå er lagt i rør. Legges inn under erosjon.

5 RESULTATER FRA ANALYSENE

5.1 Oversikt over hendelsestreakanalyser

Hver hendelsestreakanalyse for de fire delområdene og for fase 0, 1, 2 og 3 er vist grafisk, med en forklaringstabell i vedlegg. Det er et vedlegg for hvert delområde:

Vedlegg D	Delområde Kransen
Vedlegg E	Delområde Moss Havn
Vedlegg F	Delområde Kleberget
Vedlegg G	Delområde Stasjonsområdet

5.2 Beregnet årlig kvikkleireskredsansynlighet pr scenario pr delområde

Resultater for hvert delområde fra fase 0 til fase 3 og for hvert prioritert analysescenario er gitt i fire plansjer (Plansje 5-1 til 5-4), en plansje for hvert delområde. Disse plansjer omfatter alle analysene som er presentert i Vedlegg D til G.

I hver plansje står det en tabell med beregnet årlig sannsynlighet for (1) et stort kvikkleireskred utløses og (2) at kvikkleireskredet forårsaker minst ett dødsfall. I analysene, er sannsynlighet for minst et dødsfall satt som 0,99 hvis et stort kvikkleireskred skulle utløses, så de to sannsynlighetene er nesten like. Resten av rapporten konsentrerer seg om sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utløses. I plansjene er fase 0 til fase 3 definert, samt tiltak som vil implementeres i hvert delområde. I hver fase, er de mest kritiske scenarier for å utløse et kvikkleireskred er også uthevet.

Resultater for hvert delområde viser tydelig den risikoreducerende effekten av både instrumentering og økt lokalbevissthet (fase 1) og implementering av områdestabilitetstiltak (fase 2). Når alle områdestabilitetstiltakene i faresonen er på plass (fase 3) reduseres risikoen ytterligere. Under fase 0, før Bane NORs arbeider startet er risikonivå relativt høyt, men reduseres betydelig når det settes inn tiltak under Fase 1, 2 og 3.

De mest kritiske scenarier (uthevet i farge) kan endres fra fase 0 til fase 2 og 3. For hvert delområde kan man observere:

Kransen delområdet: Kransen delområdet er det mest kritiske området under fase 0 og 1 (basert på total beregnet årlig kvikkleireskredsansynlighet). Det mest kritiske scenariet for fase 2 og 3 er "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen".

Moss havn delområdet: Det mest kritiske scenariet i fase 2 og 3 er "Skade på støttekonstruksjon".

Kleberget delområdet: På Kleberget er det ikke planlagt noen tiltak nær skråningen som gir lavest sikkerhetsfaktor. Kleberget delområdet er det mest kritiske området under fase 2 og 3 (basert på total beregnet årlig kvikkleireskredsansynlighet). Det mest kritiske scenariet er "Nedbør, overflate vann, erosjon" i fase 2 og 3. I fase 3 er menneskelig aktivitet (både fylling og utgraving) like kritisk som nedbør-scenariet.

Stasjonsområdet delområdet: Stasjonsområdet er delområdet som gir laveste kvikkleireskred sannsynlighet. I fase 2 er det er det "Nedbør, overflatevann, erosjon" scenariet som er mer kritisk. I fase 2 bidrar "Menneskelig aktivitet" også til å øke den

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 13 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
---	--	---

totale kvikkleireskredsanssynligheten. I fase 3 er det "Menneskelig aktivitet" (fylling på topp) scenariet som er mest kritisk.

Generelt reduserer risikoen (sannsynlighet for et kvikkleireskred og påfølgende dødsfall) etter at alle områdestabilitetstiltakene er på plass, fordi tiltakene i hele området vil bidra til at det blir mindre sannsynlig at et skred ved, for eksempel Kleberget (som har ingen tiltak planlagt), utvikler seg til et stort kvikkleireskred.

5.3 Beregnet total årlig bruddsannsynlighet pr delområde

Plansjer 5-1 til 5-4 gir den beregnede totale årlige sannsynlighet for at et kvikkleireskred utløses og for at skredet forårsaker minst et dødsfall. Den totale årlige sannsynlighet er beregnet for fase 0 til fase 3 i hvert delområde. Den totale årlige sannsynligheten er summen av alle relevante scenarier som kan forårsake et kvikkleireskred. For Moss Havn, vil ikke scenariet "Havneaktivitet, søknadspliktig" være aktuelt i de neste fem årene ifølge Teknisk sjef Erik Gressløs, og er derfor ikke inkludert i summen av sannsynlighetene. Den beregnede totale årlige sannsynlighet for kvikkleireskred er også vist grafisk for fase 0 til 3 for hvert delområde.

5.4 Beregnet total årlig sannsynlighet for "faresonen Moss havn"

De fire delområder hører til "faresonen Moss Havn" på et areal på ca. 0,25 km². Det er tenkelig at, hvis et kvikkleireskred starter på et sted, kan det resultere i et skred over hele eller en større del av kvikkleirefaresonen.

For å estimere den årlige sannsynligheten for et kvikkleireskred over hele faresonen Moss Havn ble det vurdert fem tilnærminger:

- A Summen av alle scenarier, alle delområder. Denne tilnærmingen vurderes som konservativt, fordi det er flere scenarier som overlapper hverandre.
- B Summen av de høyeste sannsynligheter for hvert scenario blant de fire delområder (anses som den mest realistiske tilnærmingen og er illustrert med en figur i Plansje 5-5).
- C Summen av alle scenarier på Moss havn delområde og de høyeste sannsynlighetene for hvert scenario blant de tre andre delområder. Delområdet Moss havn anses som en uavhengig sone. Den totale sannsynligheten er derfor basert på summen av den høyeste sannsynligheten fra delområdene Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet med sannsynligheten fra Moss havn.
- D Summen av alle scenarier fra tre delområder uten Moss havn delområdet, fordi Moss havn har forskjellige skredscenarier enn de andre. Det er viktig å notere at konsekvensen, hvis et kvikkleireskred skjer, vil være den samme. Denne tilnærmingen vurderes som noe optimistisk, fordi den ignorerer bidraget fra Moss havn delområdet.
- E Summen på sannsynlighetene for det mest kritiske delområdet (total sannsynlighet), som er Kransen for fase 0 og 1 og Kleberget for fase 2 og 3. Denne tilnærmingen anses som de mest optimistiske blant de fem hypoteser.

De beregnede totale årlige sannsynligheter for utløsning av et kvikkleireskred i faresone Moss havn er oppsummert i Plansje 5-5. Uansett hypotese er sannsynlighetene veldig like i en gitt fase.

Den nedre grensen for den årlige sannsynligheten for et kvikkleireskred i hele faresone er sannsynligheten for det "svakeste ledd" (dvs. den totale sannsynligheten P_f for delområdet med høyeste P_f): Dette er tilnærming E. Øvre grensen er verdien som estimeres med tilnærming A. Den faktiske P_f for hele "faresonen Moss havn" ligger et sted mellom disse to grenser (Plansje 5-5). Tilnærming B vurderes som den som gir det mest realistiske anslaget for den totale årlige kvikkleireskred sannsynlighet for faresonen. Det anbefales å benytte sannsynlighetsverdiene i Tabell 5-1 for den beregnede totale årlige sannsynligheter for at et kvikkleireskred utløses.

Det er viktig å huske at for hvert delområde har risikoen forbundet med den mest utsatte skråningen i hvert av de fire delområdene blitt analysert. Hvis man hadde brukt gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor i hvert delområde vil de årlige sannsynlighetene være noe lavere enn tallene som er gitt i plansjene 5-1 til 5-5. På den andre side hvis et kvikkleireskred skulle skje, vil den initieres der det er lav sikkerhet.

Tabell 5-1. Total årlig sannsynlighet for et kvikkleireskred for "Kvikkleirefaresonen Moss havn"

Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
$4 - 8 \cdot 10^{-3}$	$2 - 4 \cdot 10^{-3}$	$1 - 2 \cdot 10^{-3}$	$2 - 4 \cdot 10^{-4}$

Plansje 5-1. Risikoanalyse - Faresonen Moss Havn – Delområde KRANSEN - FS= 1,0
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

- Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss
 Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
 Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
 Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner og vertikaldren; under workshopen: "plastring på østsiden av Fjordveien"

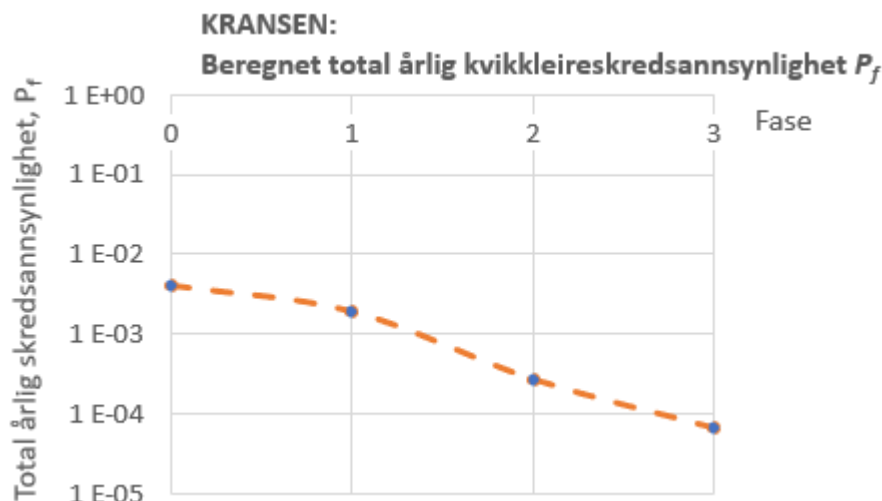
a) $P_{kvikkleireskred}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$9,7 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsannsynlighet (sum av alle scenarier)	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$9,9 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Total årlig (Dødsfall ≥ 1) sannsynlighet (sum av alle scenarier)	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$



Plansje 5-2. Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn – Delområde MOSS HAVN - FS= 1,2
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

Fase 0	Før BN startet arbeidene i Moss
Fase 1	Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
Fase 2	Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
Fase 3	Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Ingen opprinnelig; det er nå installert poretrykks- og helningsmålere på havnen for å fange opp endringer i poretrykk som kan være indikasjoner på udrenerte spenningsendringer, og fange havneaktivitet som kan være kritisk.

a) $P_{\text{kvikkleireskred}}$

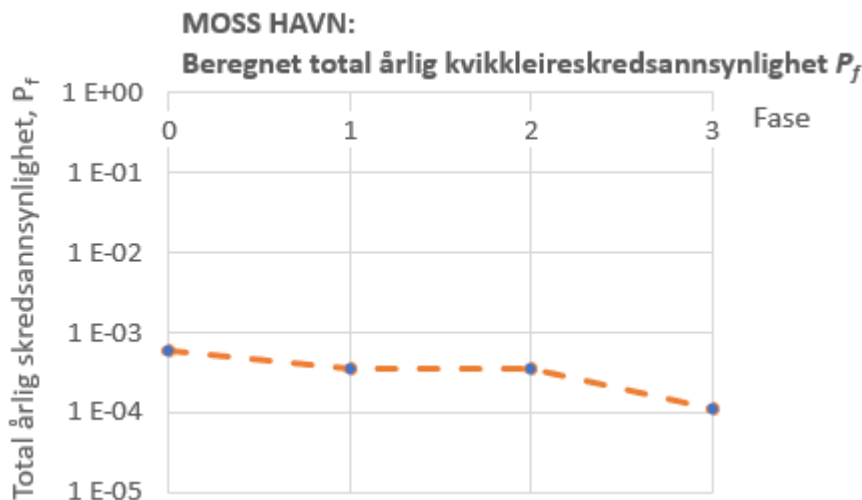
Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflatevann, erosjon	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet i løpet av ett år	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet, ikke prosjektert	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Havneaktivitet, søknadspliktig*	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Skade på støttekonstruksjon	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$
Stormflo (Flom)	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$
Strøm og bølgelast på sjøbunn	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Skipskollisjon mot kai/havneinstallasjoner	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet -sum	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

* Ikke relevant i de neste 5 år. Ikke tatt med i summen av sannsynligheter

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

b) $P_{\text{dødsfall} \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflatevann, erosjon	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet i løpet av ett år	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet, ikke prosjektert	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Havneaktivitet, søknadspliktig*	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Skade på støttekonstruksjon	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Stormflo (Flom)	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Strøm og bølgelast på sjøbunn	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$
Skipskollisjon mot kai/havneinstallasjoner	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet -sum	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$



Plansje 5-3. Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn – Delområde KLEBERGET - FS= 1,2
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

- Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss
 Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
 Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
 Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Liten støttefylling, men ingen tiltak hvor glideflaten har lavest FS

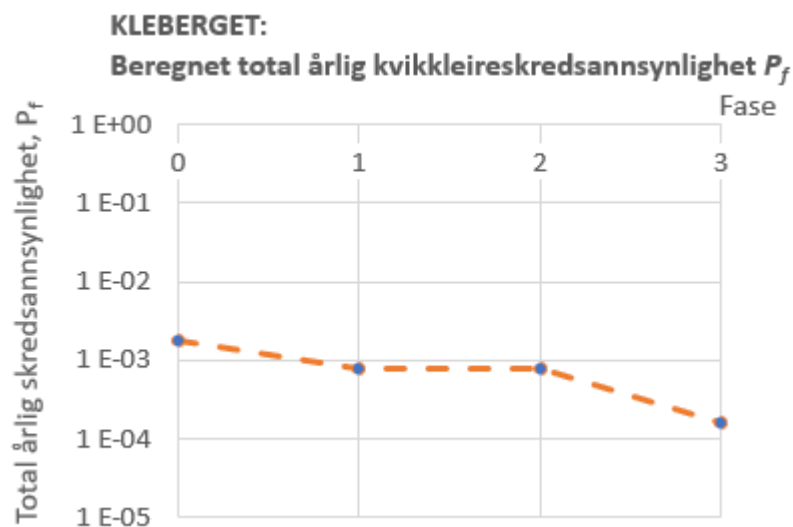
a) P_{kvikkleireskred}

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, sprengning	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

b) P_{dødsfall ≥ 1}

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Menneskelig aktivitet, sprengning	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$



Plansje 5-4. Risikoanalyse-Kvikkleire faresonen Moss Havn-Delområde STASJONSOMRÅDET - SF = 1,2
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss

Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)

Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Jetpeler/ribber

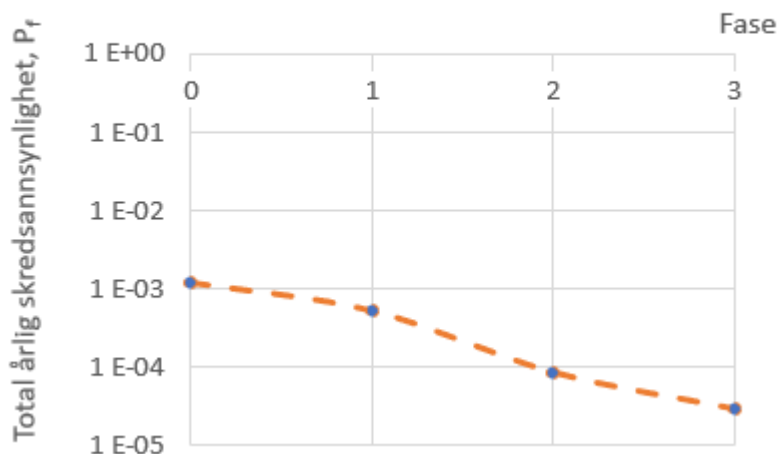
a) $P_{kvikkleireskred}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$4,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Total årlig Kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

STASJONSOMRÅDET:
Beregnet total årlig kvikkleireskredsansynlighet P_f


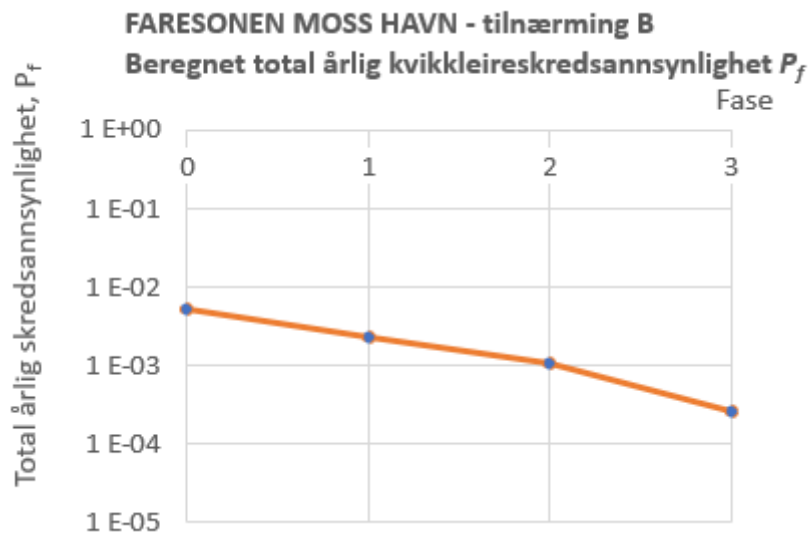
Plansje 5-5. Risikoanalyse - Faresonen Moss Havn (tilnærming A-E)
Beregnete årlige bruddsannsynligheter for Fase 0 til 3

- Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss
 Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
 Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
 Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

***P*kvikkleireskred**

Tilnærming	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
A) Sum [alle scenarier, alle fire delområder]	7,5E-03	3,6E-03	1,5E-03	3,6E-04
B) Sum [høyeste sannsynligheter blant delområdene, hvert scenario]	5,3E-03	2,3E-03	1,1E-03	2,6E-04
C) Sum [alle scenarier Moss Havn delområdet og de høyeste sannsynligheter blant de 3 andre delområder, for hvert scenario]	5,4E-03	1,4E-03	1,2E-03	2,8E-04
D) Sum [3 delområder scenarier (alle) uten Moss Havn]	6,9E-03	3,2E-03	1,1E-03	2,5E-04
E) Sum [alle scenarier i det mest kritiske delområdet ("det svakeste ledd", Kransen i fase 1-2; Kleberget i fase 3-4)]	4,0E-03	1,9E-03	0,8E-03	1,6E-04

For tilnærming B:



6 TILTAK SOM KAN REDUSERE RISIKO

For å redusere risiko i faresonen Moss havn kan man enten redusere konsekvensene og/eller redusere sannsynligheten for at et kvikkleireskred skjer.

Tiltak som ble besluttet implementert under workshopen og arbeidsmøter var erosjonsplastring øst for Fjordveien og dykkeroperasjon i Moss havn for å undersøke tilstanden til støttekonstruksjonen. Disse er tatt hensyn i analysene, og har bidratt til å redusere risikoen.

Basert på analysene for de fire delområdene (i Vedlegg D, E, F og G) kan nye tiltak bidra til å redusere risikoen ytterligere. Noen eksempler er gitt nedenfor, men hverken gjennomførbarheten av tiltakene eller risikoreducerende effekt er vurdert. I noen tilfeller kan risikoreduisering effekt på den beregnede sannsynligheten bli marginalt. Nye tiltak kan også innebære økt risiko, for eksempel ved anleggsarbeid.

Eksempler på tiltak er:

- Implementere flere erosjonssikringstiltak i delområdene, for eksempel, utvide og plastre avrenningsveier og kanaler.
- Ha tiltak/beredskap klare ved oppdagelse av erosjon for å øke utbedringspotensiale og redusere tid som trengs for utbedring.
- Være strengere med mulighet for menneskelige aktiviteter.
- Implementere hyppigere inspeksjon av erosjon og menneskelig aktivitet.
- Implementere nye stabiliseringstiltak på de mest utsatte skråninger (f.eks. på Kleberget).

7 KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

Sannsynlighet for at et stort kvikkleireskred utløses i faresonen Moss havn og sannsynlighet for at konsekvensen av skredutløsningen er minst ett dødsfall er analysert, samt effekt av planlagte stabiliseringstiltak på den beregnede risikoen.

Faresonen Moss havn er delt inn i fire delområder: Kransen, Moss havn, Kleberget og Stasjonsområdet. Risiko i hvert av de fire delområdene er samlet for å etablere en total årlig sannsynlighet for at et stort kvikkleireskred utløses for hele faresonen Moss havn. Analysene er gjennomført ved hjelp av hendelsestreakanalyser med en workshop, og påfølgende møter og diskusjoner hos Bane NOR og på Teams.

Risikoen er analysert for fire faser:

Fase 0: Før Bane NORs arbeider startet.

Fase 1: Etter at instrumentering og overvåking er kommet på plass og det er satt begrensninger på byggeaktiviteter i området, men før oppstart av områdestabilitetstiltakene.

Fase 2: Etter at deler av områdestabilitetstiltakene er på plass.

Fase 3: Etter at alle områdestabilitetstiltak er på plass.

Resultatene viser at for hvert delområde og for hele faresonen var risikoen relativt høy før Bane NOR begynte sitt arbeid, med en årlig sannsynlighet for et stort kvikkleireskred på ca. $5 \cdot 10^{-3}$ pr år. Analysene viser tydelig den risikoreducerende effekt av både instrumentering og økt bevissthet i kommunen (fase 1) og implementering av områdetiltak (fase 2). Når alle områdetiltakene er på plass i de fire delområdene (fase 3) reduseres risikoen ytterligere.

Den beregnede totale sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred i faresonen Moss havn kan forårsake minst et dødsfall ligger på $2 \cdot 10^{-3}$ pr år for fase 2 og $3 \cdot 10^{-4}$ pr år for fase 3. Bane NOR skal ta standpunkt til om risikoen er akseptabel eller ikke. Kransen delområdet er det mest kritiske området under fase 0 og 1 (basert på total beregnet årlig kvikkleireskredsannsynlighet). Kleberget delområdet er det mest kritiske området under fase 2 og 3. Stasjonsområdet delområdet gir laveste kvikkleireskred sannsynlighet i fase 2 og 3.

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 22 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
---	---	---

8 REFERANSER

- Høeg, K. (1996). Performance Evaluation, Safety Assessment and Risk Analysis for Dams. *Hydro-power and Dams*. 6 (3): 8 s.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change adaptation. A Special Report of Working Group I and Working Group II of the International Panel on climate change. https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf
- NGI/Bane NOR (2021). Østfoldbanen VL, Sandbukta-Moss-Såstad, Km 56,075-66,410. Vurdering av områdestabilitet. Dokumentnummer SMS-00-A-59002_05E.
- NGI/Bane NOR (2022a). Østfoldbanen VL, (Ski), Moss, Moss Stasjon, Etappe 1, Geoteknisk vurdering av stabilitet Moss Havn. Rapport, Km 59,500 – 60,200. Dokumentnummer SMS-20-A-5900630.
- NGI/Bane NOR (2022b). Østfoldbanen VL, /Ski), Moss, Moss Stasjon, Vurdering av erosjon i faresoner Moss Havn og Moss Sentrum. Rapport, Km 56,075 – 60,300. Dokumentnummer SMS-20-A-5900630.
- Vick, S. (2002). *Degrees of Belief. Subjective Probability and Engineering Judgment*. ASCE Press. 405 s.

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 23 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	--	---

VEDLEGG

- Vedlegg A** **Faresonen Moss Havn**
- Vedlegg B** **Risikoanalyseworkshop**
- Vedlegg C** **Hendelsestreanalysemetodikk**
- Vedlegg D** **Hendelsestreanalyser for delområdet Kransen**
- Vedlegg E** **Hendelsestreanalyser for delområdet Moss havn**
- Vedlegg F** **Hendelsestreanalyser for delområdet Kleberget**
- Vedlegg G** **Hendelsestreanalyser for delområdet Stasjonsområdet**

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 24 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
--	---	---

VEDLEGG A KVIKKLEIREFARESONEN MOSS HAVN

A1 Faresonen Moss havn

Vedlegg A presenterer nøkkelinformasjon om kvikkleirefaresonen Moss havn og resultater av enkelte stabilitetsanalyser som er gjort som en del av områdestabilitetsrapporten (NGI 2021) og rapport for stabilitetsberegninger Moss Havn (2022a)¹. De fleste figurene kommer fra disse rapportene. Av praktisk hensyn er figurene plassert etter teksten.

A1 Kvikkleirefaresonen Moss havn

Figur A-1, A-2, A-3 og A4 illustrerer kvikkleirefaresonen Moss havn. Figur A-2 viser de fire delområder som er vurdert før Bane NORs arbeider (fase 0) og Figur A-3 og A-4 viser de planlagte stabiliseringstiltak.

Typiske bruddmekanismer for kvikkleire i faresonen Moss havn er et retrogressivt bakovergripende skred etter at det har startet et initialt skred, typisk ved en fyllingsfot eller et rotasjonskred etter pålastning eller avlastning i skråning.

Når sikkerheten er lav kan en mindre påkjenning utløse et skred. Forenklet kan man beregne at hvis en 10 m høy skråning har en sikkerhetsfaktor på 1,2 vil en 2 m oppfylling på toppen av skråningen forårsake et skred. Likedan, for en 100 m høy skråning, vil en 20 m oppfylling på toppen av skråningen forårsake et skred.

Typiske eksterne årsaker som kan bidra til å utløse et skred er for eksempel, nedbør, erosjon og menneskelig aktivitet. Det siste er den hyppigste årsak til kvikkleireskred i Norge.

For alle delområder gjelder:

- Det installeres poretrykksmålere og helningskanaler i skråningene før oppstart av kritiske grunnarbeider.
- Det foretas tett oppfølging av geotekniker i byggetiden når det skal foretas kritiske grunnarbeider.
- Alle grunnarbeider som utføres skal utføres kompensert, altså grunnarbeidene skal ikke forverre stabiliteten i anleggsfasen.

A2 Delområde Kransen

Figur A-5 til A-7 viser typiske stabilitetsanalyser for profil 28 i Kransen delområdet. Stabilitetsanalysene viser at den beregnede sikkerhetsfaktor (FS) kan være så lav som 1,0. Gjennomsnittlig sikkerhetsfaktor i Kransen under fase 0 er ca. 1,15. Eksempler hva som kan forårsake et kvikkleireskred på Kransen delområdet er:

- Hvis SF = 1,0 før tiltak, veldig lite skal til for å få utglidning.

¹ Referansene som er sitert i vedleggene er gitt i seksjon 8 i hovedteksten.

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 25 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
---	---	---

- Hvis $SF = 1,25$ etter motfylling, vil ca. 3-4 m oppfylling på toppen av skråningen forårsake en utglidning.
- Hvis $SF = 1,4$ etter at alle områdetiltak er på plass, vil ca. 6 m oppfylling på toppen av skråningen forårsake en utglidning.
- I disse tilfeller, må det grovt antas oppfylling i en bredde på minimum ca. 20-30 m i planet.
- Alternativt graving i foten av skråningen (noe mindre graving skal til), kan forårsake en utglidning.

A3 Delområdet Moss havn

Figur A-8, A-9 og A-10 viser stabilitetsanalyser for tre snitt i Moss havn delområdet. Den gjennomsnittssikkerhetsfaktor i området under fase 1 er noe høyere enn $FS = 1,2$.

A4 Delområdet Kleberget

Figur A-11 viser stabilitetsanalyser for Kleberget delområdet. Den gjennomsnittssikkerhetsfaktor i området under fase 0 er $FS = 1,25$. På Kleberget, for en skråning med $SF = 1,2$, vil en 2-3 m oppfylling med grovt antatt 10 til 20 m i planet på toppen av skråningen forårsake en utglidning.

A5 Delområdet Stasjonsområdet

Figur A-12 og A-13 viser stabilitetsanalyser for Stasjonsområdet delområdet. Den gjennomsnittssikkerhetsfaktor i området under fase 0 er $FS = 1,25$. Eksempler på hva som kan forårsake en utglidning på for Stasjonsområdet er:

- For en $SF = 1,2$ vil ca. 4 m oppfylling i skråningen forårsake en utglidning.
- For $SF = 1,3$, vil ca. 5 m oppfylling i skråningen forårsake en utglidning

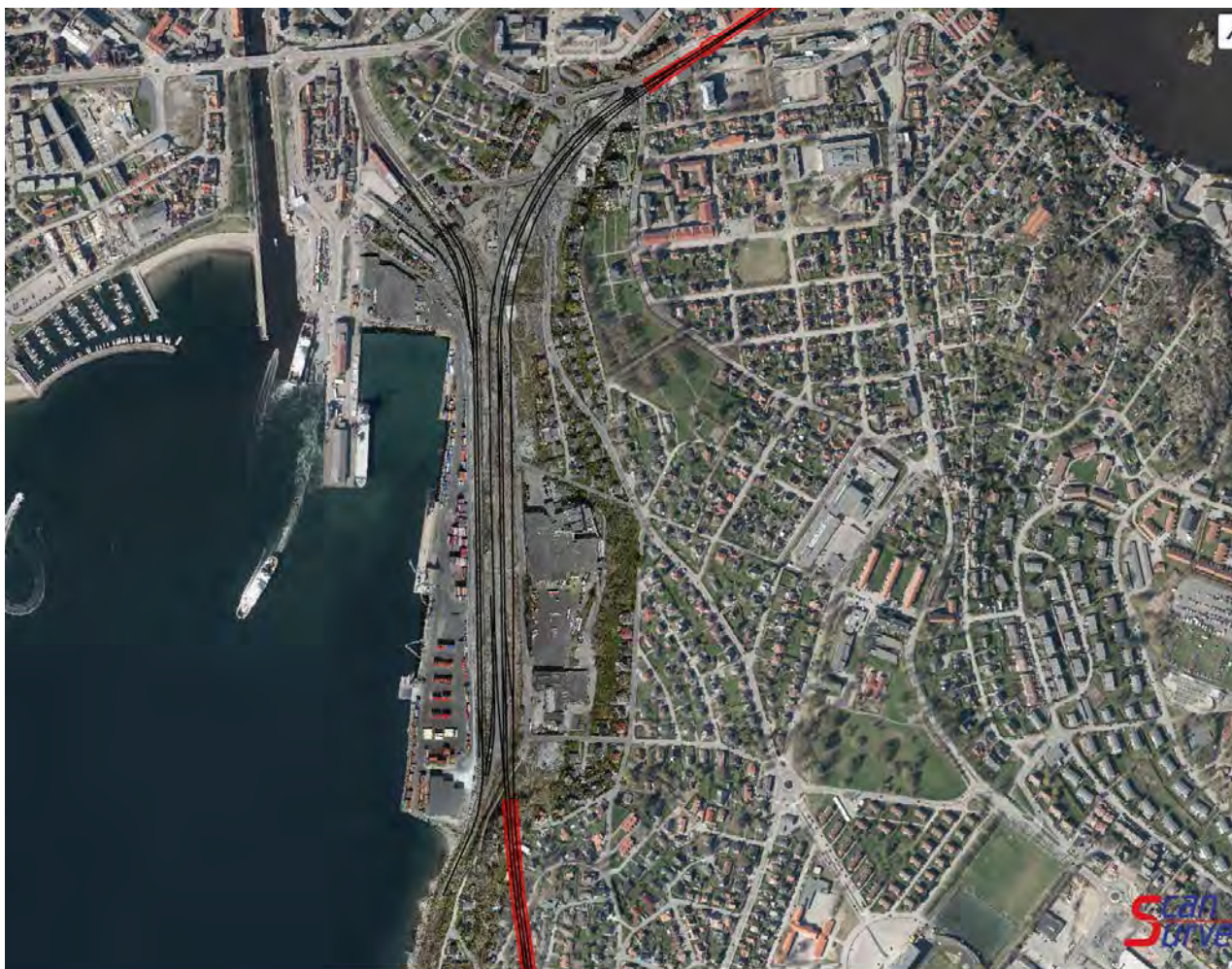
I begge tilfeller, antas det oppfylling i en bredde på ca. 50 m i planet.

For Stasjonsområdet delområdet, når IC SMS prosjektet er utenfor influensområdet og SF i skråningen øst for IC SMS prosjektet er mellom 1,2 og 1,4 er det følgende restriksjoner:

- Moss kommune setter strenge restriksjoner på bygging i skråningene. Terrengendringer som forverrer stabiliteten av en skråning skal ikke godkjennes. Beboerne som bor i og i nærheten av skråningen må gjøres kjent med restriksjonene.

A6 Overvannsveier

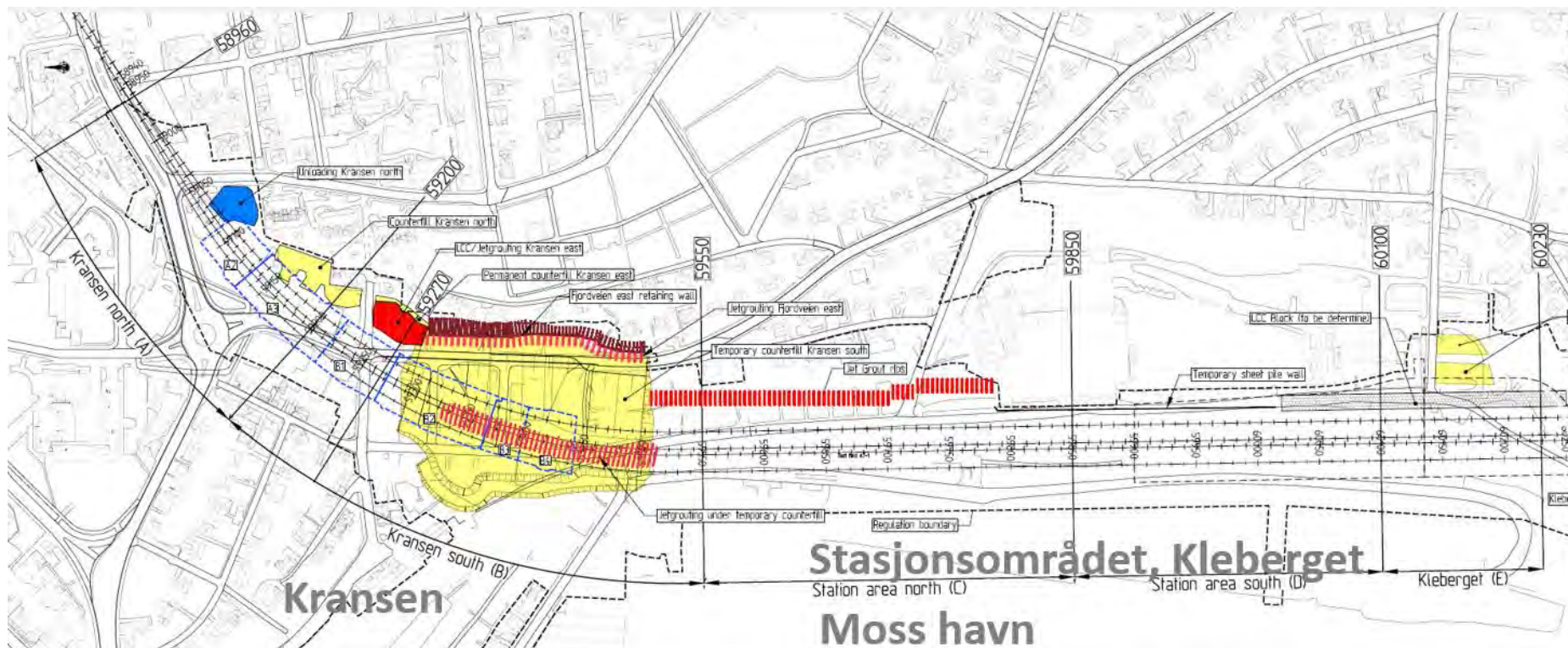
Moss kommune viste på workshopen kart over mulige overvannsveier dersom ledninger går fulle (mottatt fra Alexander Rådal i Moss kommunen). I kartene er det benyttet høydedata fra kartgrunlaget, ikke foretatt nivellering i felt. Kartene er vist i Figur A14a, b og c.



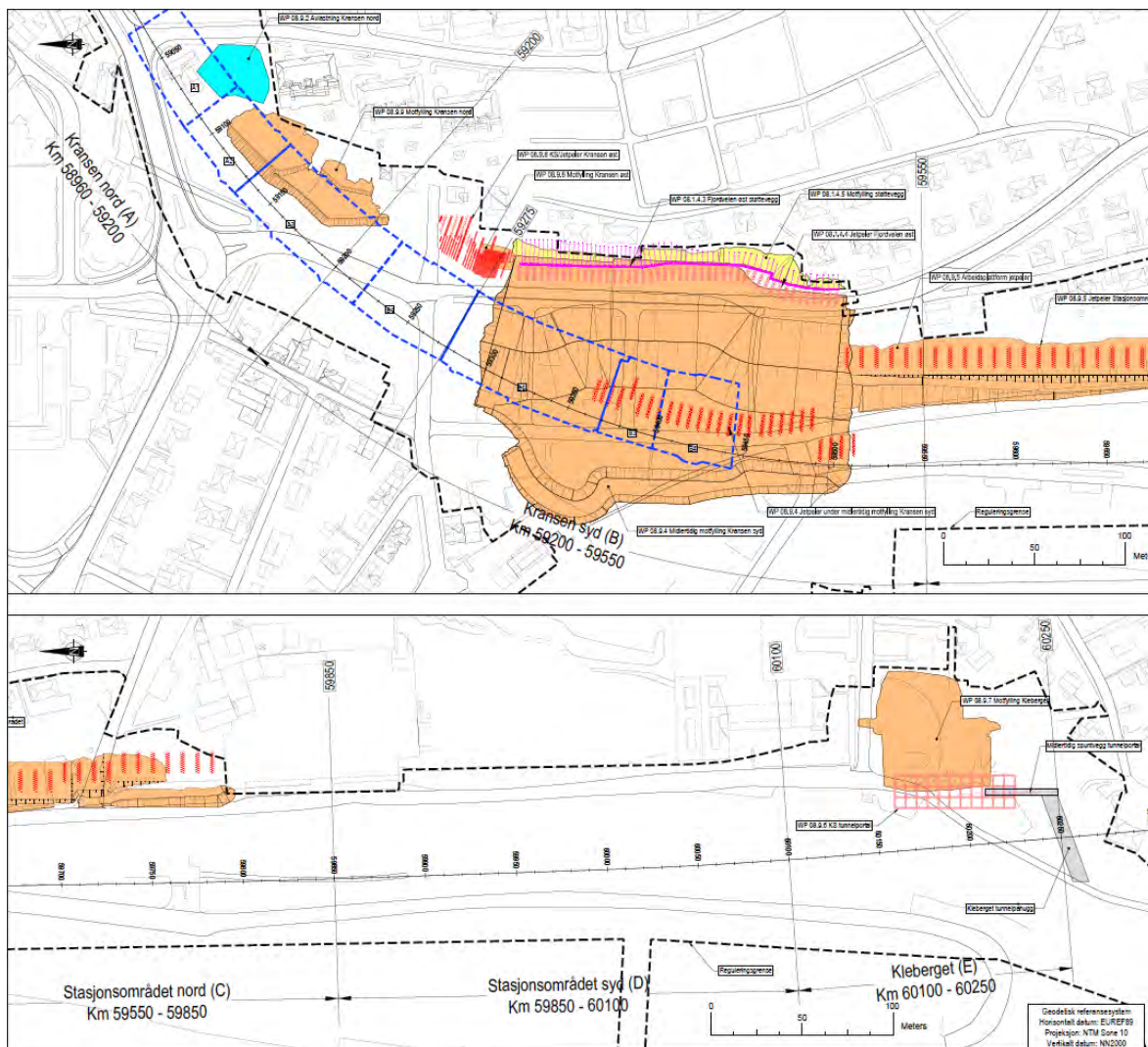
Figur A-1. Kart over Moss med beliggenhet av midlertidig omlagt og ny jernbane



Figur A-2. Bane NORs anleggsområdet delt inn i fire delområder, samt profil B-B i Kransen



Figur A-3. Oversikt over planlagte stabiliseringstiltak i fase 2 og 3 i dagsonen Moss (for tiltak, se Figure A-4)

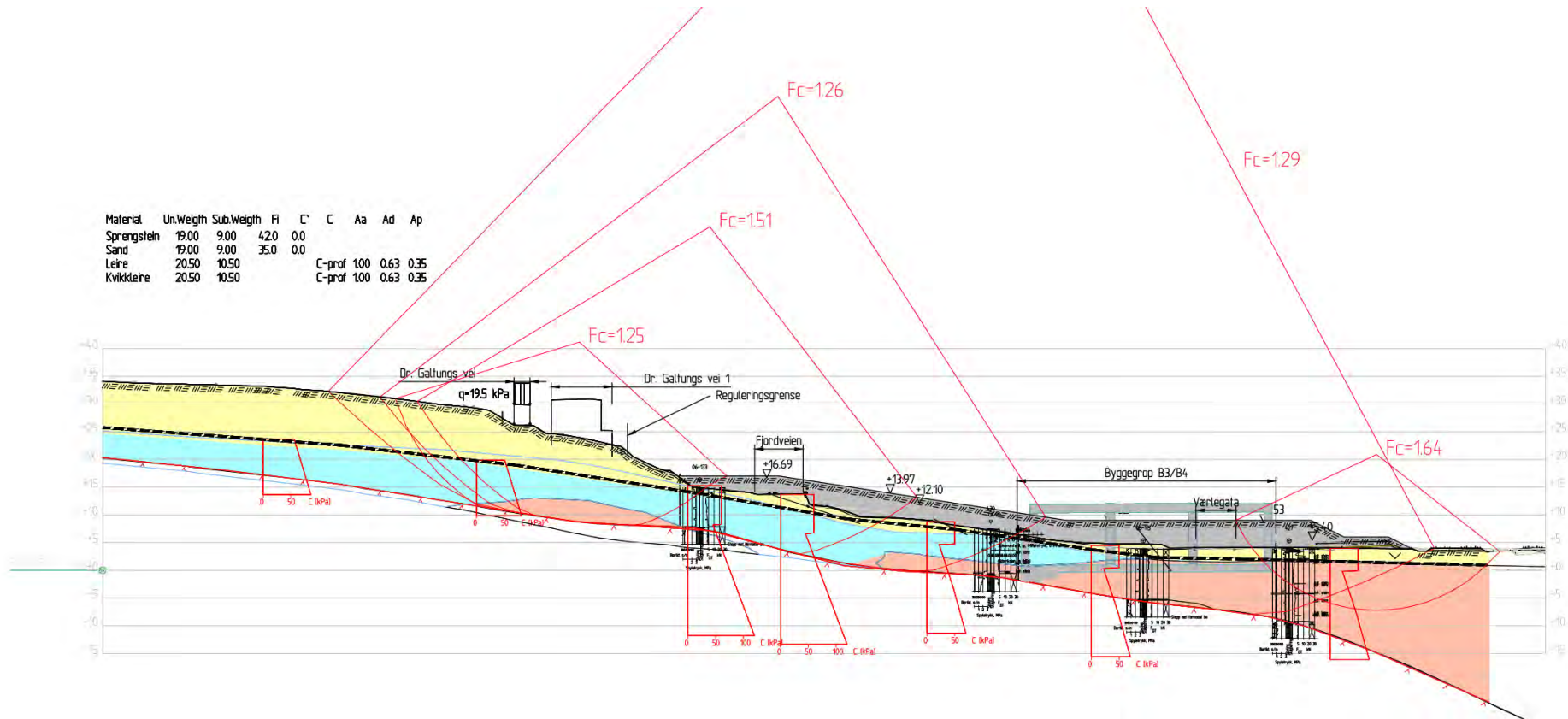


Kransen og nordre del av Stasjonsområdet øverst i tegningen. Søndre del av Stasjonsområdet og Kleberget nederst

FORKLARINGER:

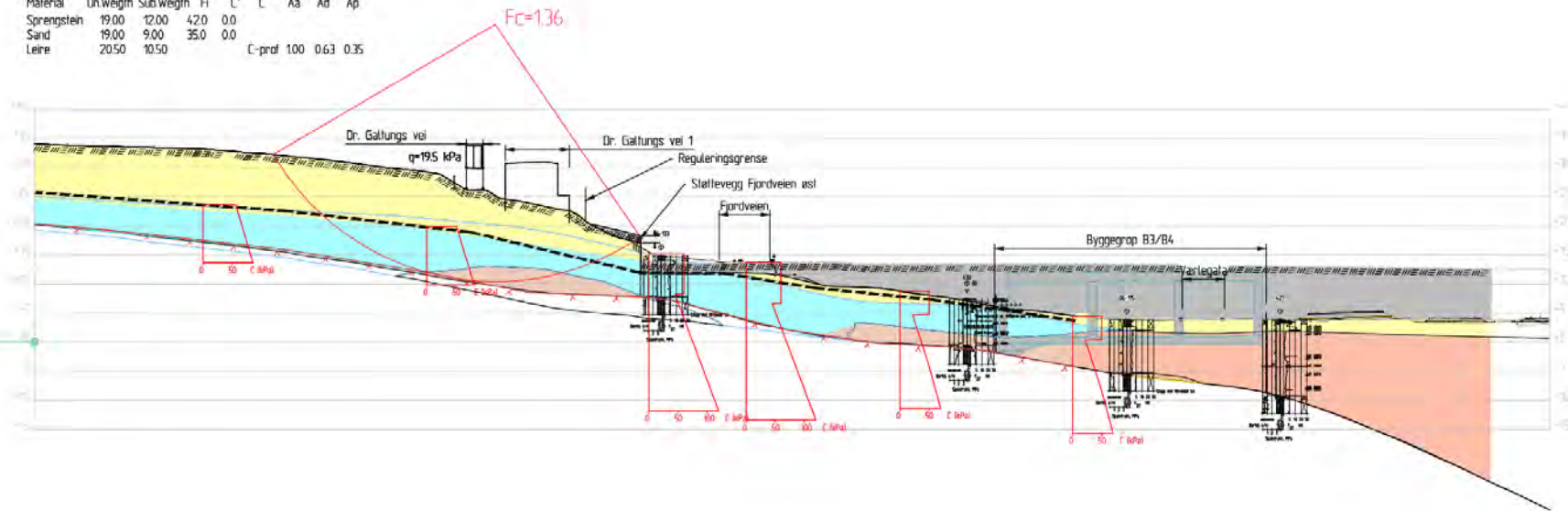
- Motfylling \geq LOD 300 pr 14.01.2022
- Motfylling $<$ LOD 300 pr 14.01.2022
- Avlastning
- KS/Jetpeler \geq LOD 300 pr 14.01.2022
- KS/Jetpeler $<$ LOD 300 pr 14.01.2022
- Støttevegg
- Spuntvegg
- Reguleringsgrense

Figur A-4. Oversikt over stabiliseringstiltak i hvert delområde (kvikkleirefarezonen er delt i to deler som er plassert oppover hverandre)

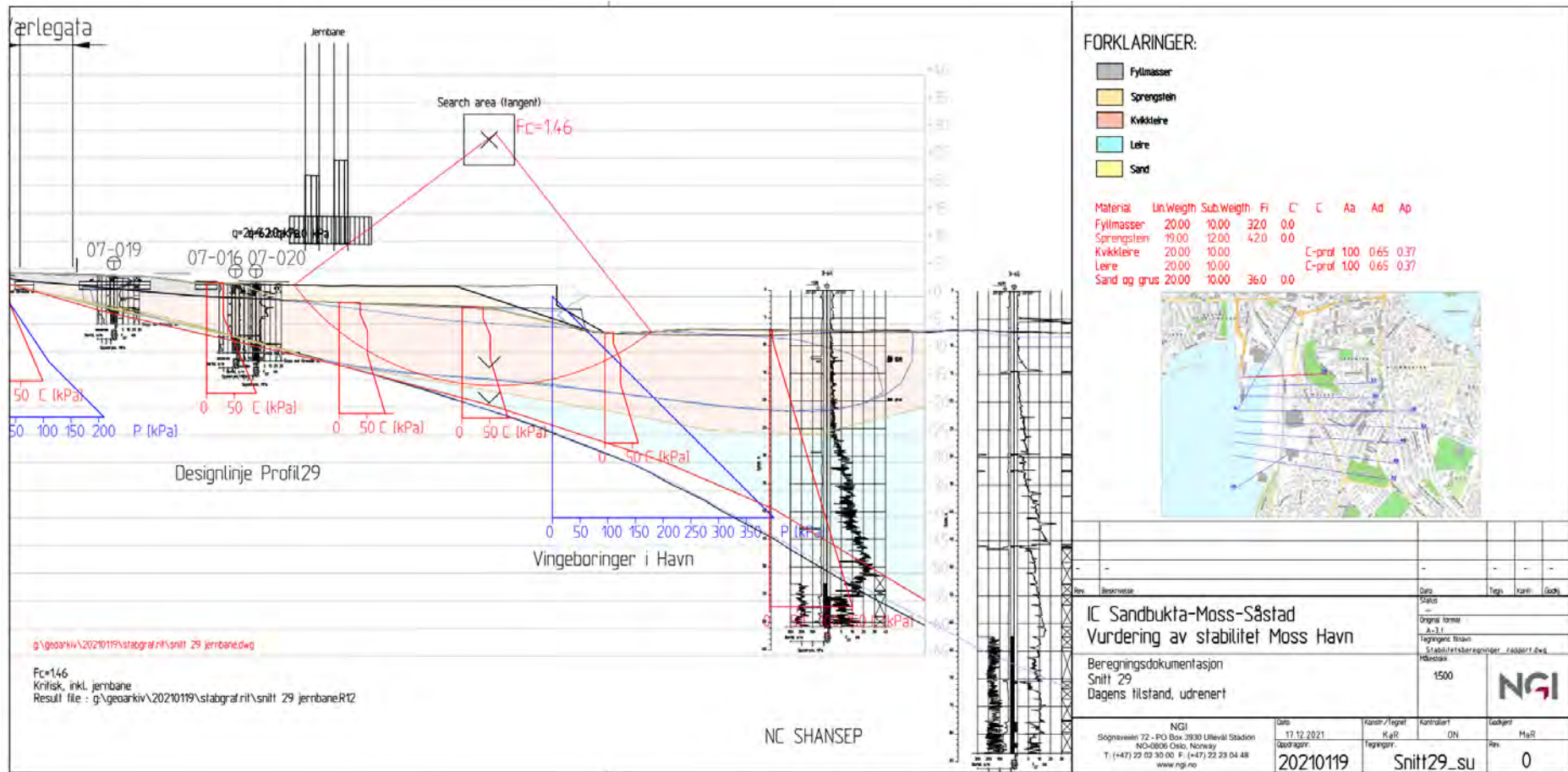


Figur A-6. Sikkerhet i Kransen delområde etter plassering av midlertidig motfylling (Profil 26, 2021) – Kvikkleirelag er rød

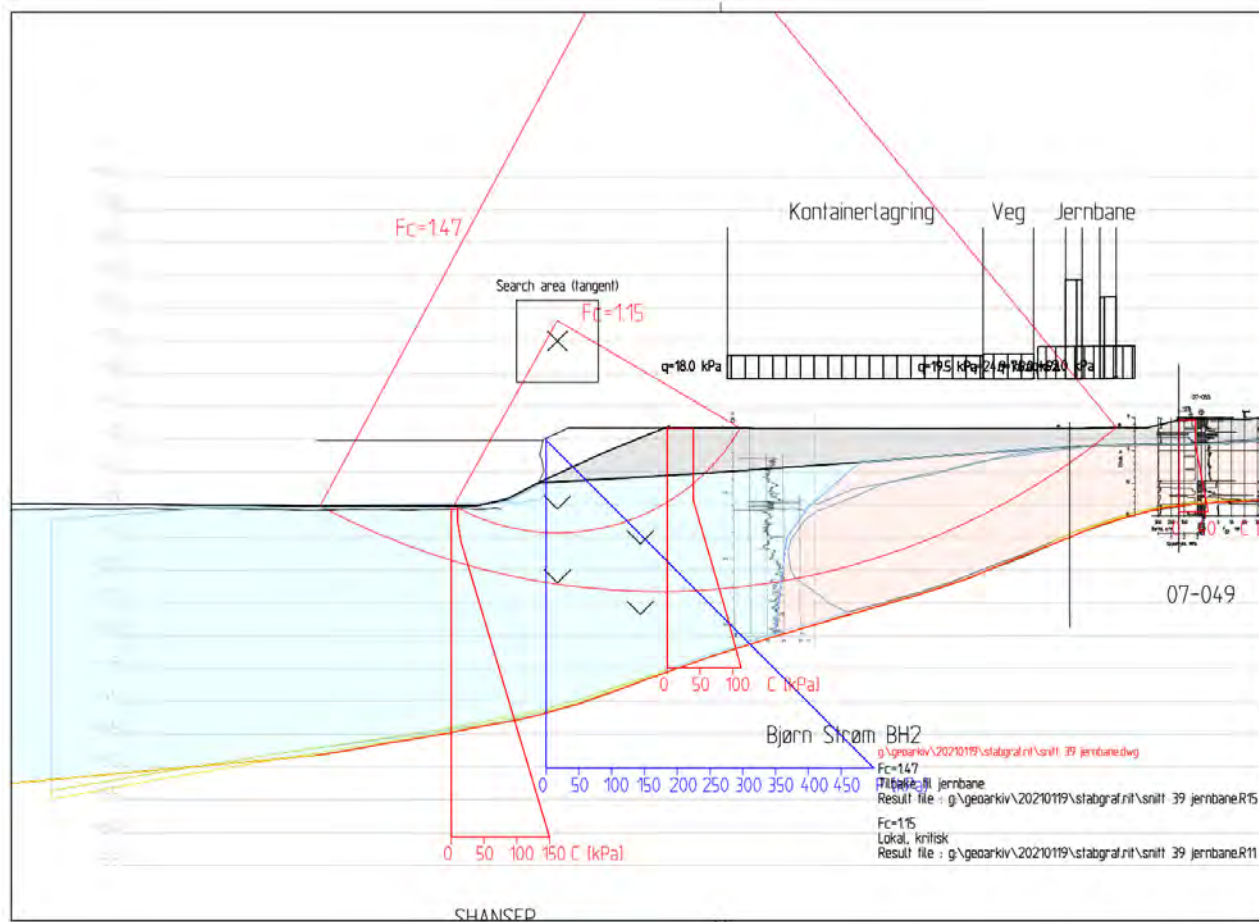
Material	Un.Weigh	Sub.Weigh	Fi	C	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19,00	12,00	42,0	0,0				
Sand	19,00	9,00	35,0	0,0				
Leire	20,50	10,50			C-prof	100	0,63	0,35



Figur A-7. Sikkerhet i Kransen delområde etter at alle områdestabilitetstiltak på Kransen er på plass (profil 26, 2021) – Kvikkleirelag er rød



Figur A-8. Sikkerhet i Moss havn delområde (Profil 29, 2022a) – Kvikkleirelag er rød



FORKLARINGER:

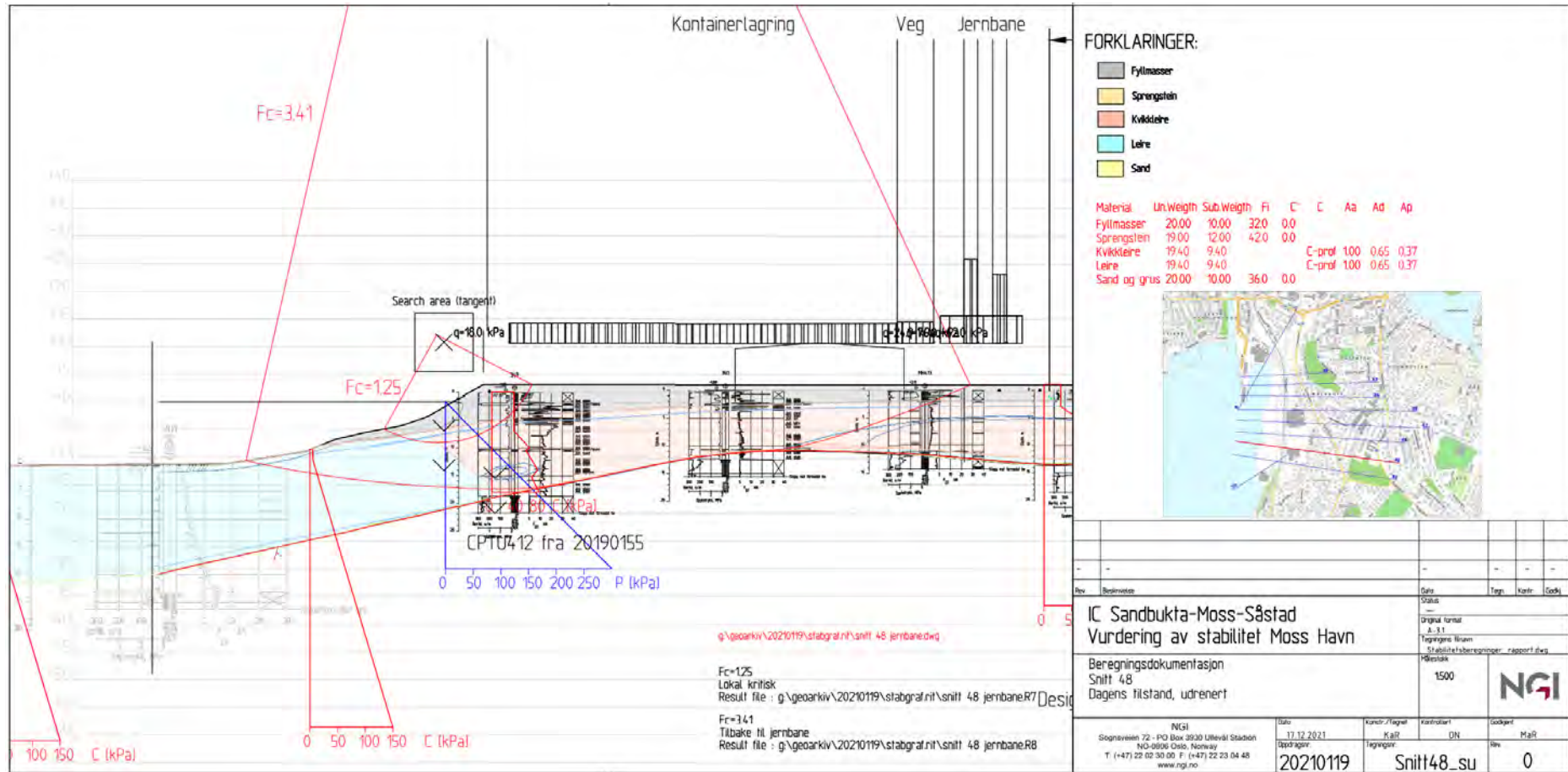
- Fyllmasser
- Sprengstein
- Kvikkleire
- Leire
- Sand

Materiell	UnWeigh	SubWeigh	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Fyllmasser	20.00	10.00	320	0.0				
Sprengstein	19.00	12.00	420	0.0				
Kvikkleire	19.50	9.50			C-praf	100	0.65	0.37
Leire	19.50	9.50			C-praf	100	0.65	0.37
Sand og grus	20.00	10.00	36.0	0.0				

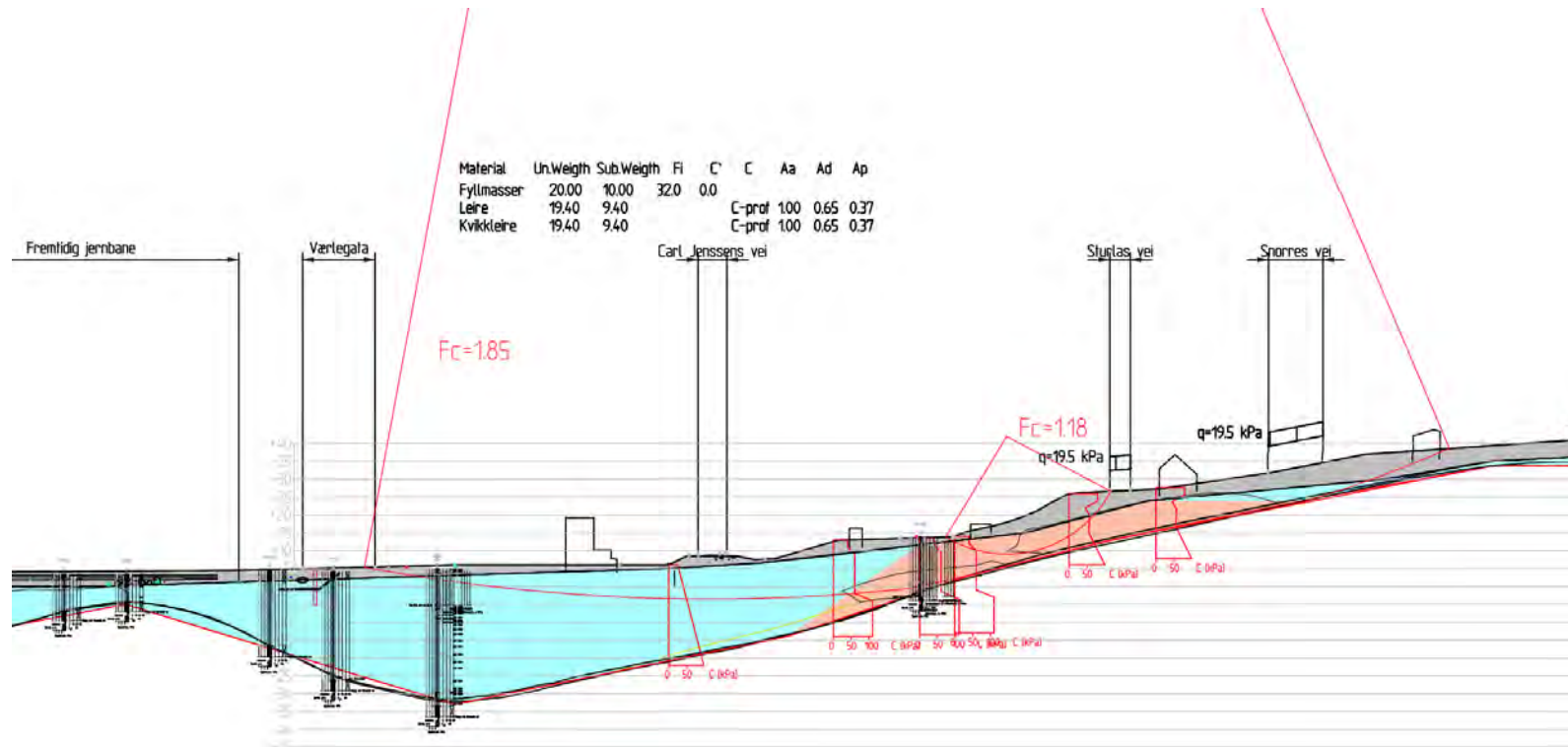


Div. / Beskrivelse		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
IC Sandbukta-Moss-Såstad		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Vurdering av stabilitet Moss Havn		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Beregningsdokumentasjon		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Snitt 39		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Dagens tilstand, udrenert		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
NGI		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Sognsvelen 72 · PC Box 3030 Ljellvik Stadion		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
NO-0506 Oslo, Norway		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
T: (+47) 22 02 30 00 F: (+47) 22 23 04 46		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
www.ngi.no		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
20210119		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
Snitt39_su		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	
0		Dato		Tegn. / Rev.		Godk.	

Figur A-9. Sikkerhet i Moss havn delområde (profil 39, 2022a) – Kvikkleirelag er rød

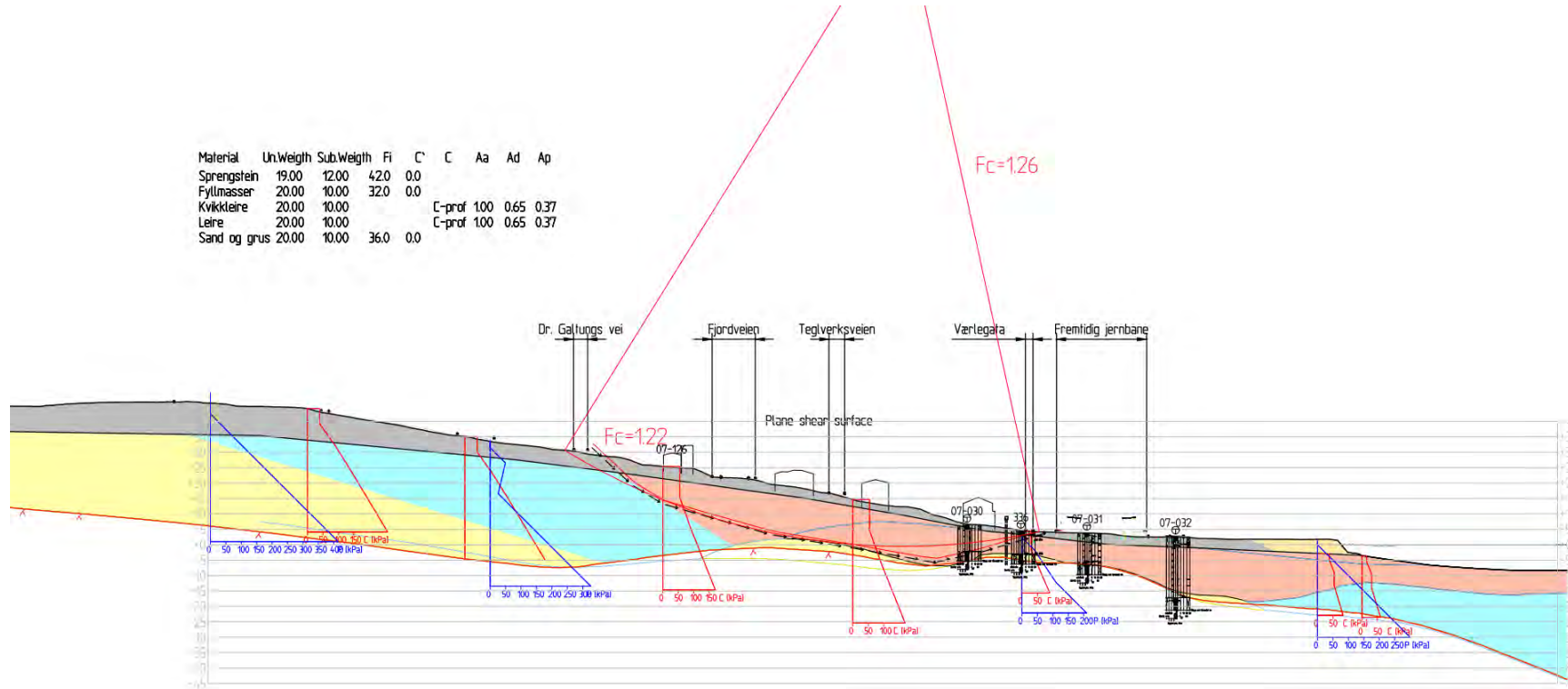


Figur A-10. Sikkerhet i Moss havn delområde (profil 48, 2022a) – Kvikkleirelag er rød

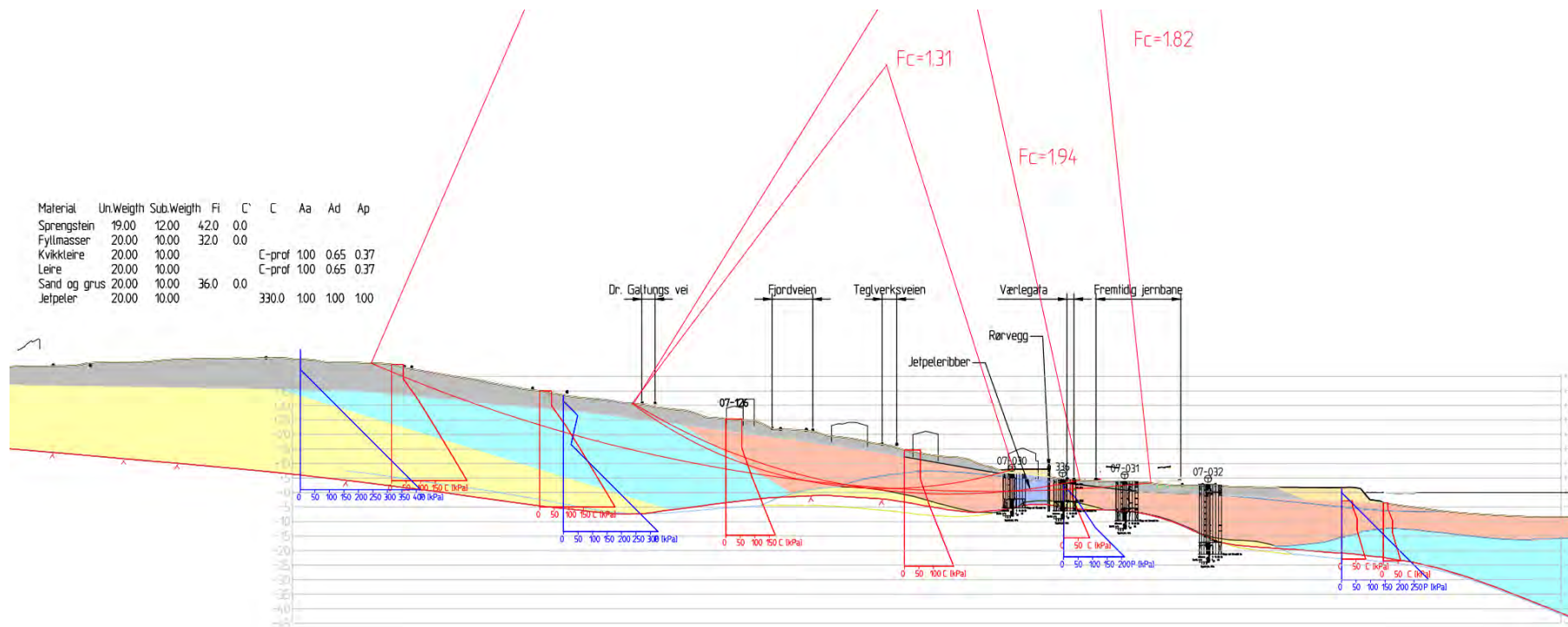


Figur A-11. Sikkerhet i Kleberget delområde (profil 57, 2021) – Kvikkleirelag er rød

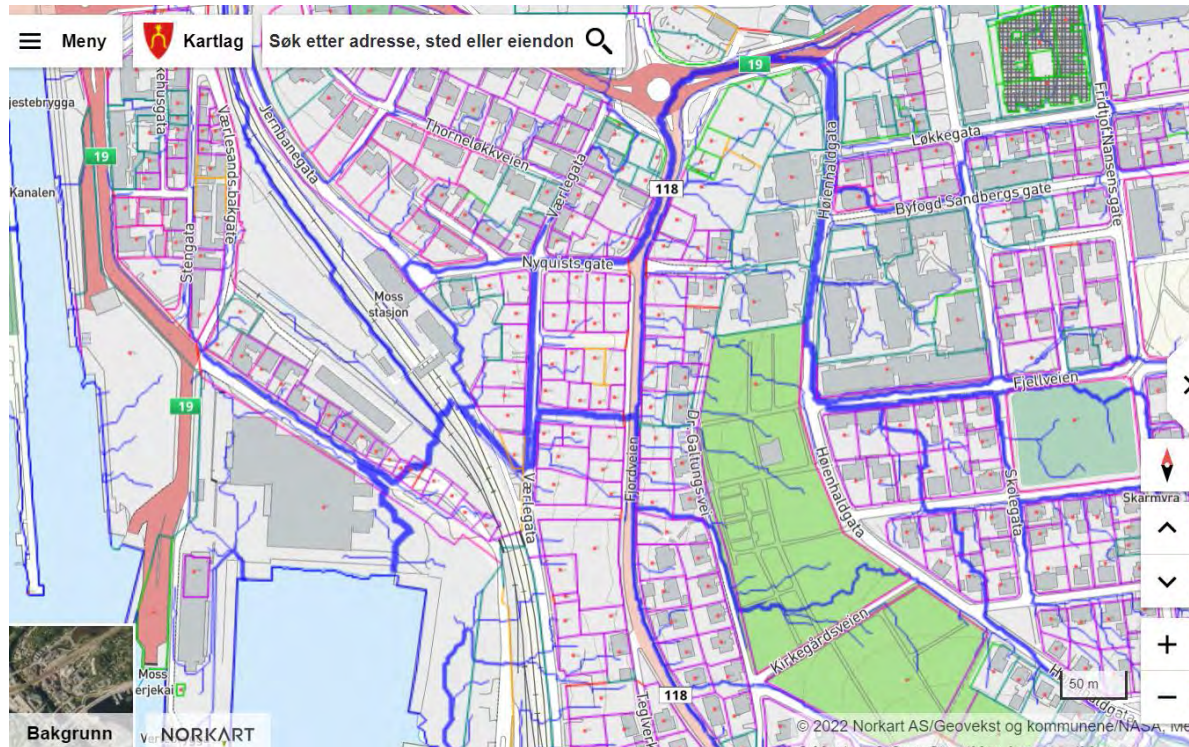
Material	Un.Weight	Sub.Weight	Fi	C'	C	Aa	Ad	Ap
Sprengstein	19.00	12.00	42.0	0.0				
Fyllmasser	20.00	10.00	32.0	0.0				
Kvikkleire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.65	0.37
Leire	20.00	10.00			C-prof	1.00	0.65	0.37
Sand og grus	20.00	10.00	36.0	0.0				



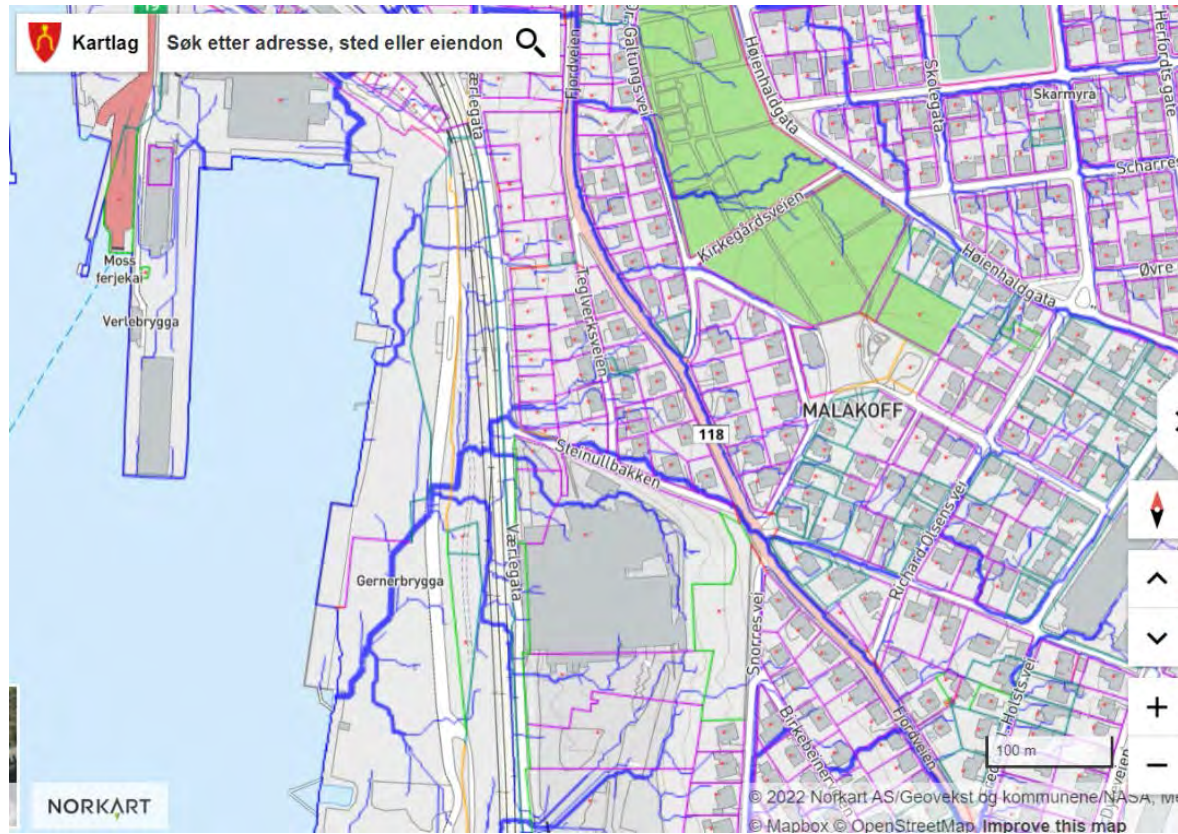
Figur A-12. Sikkerhet i Stasjonsområdet delområde (profil 32, 2021) – Kvikkleirelag er rød



Figur A-13. Sikkerhet i Stasjonsområdet delområde etter at alle områdetiltak er på plass (profil 32, 2021) – Kvikkleirelag er rød



Figur A-14a. Kart over overvannsveier i kvikkleirefarezone Moss havn (nord til sør)



Figur A-14b. Kart over overvannsveier i kvikkleirefaresone Moss havn (nord til sør)

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 41 av 223
		Dok.nr: SMS-20-A-59660
		Rev.: 00E
		Dato 03.04.2023


VEDLEGG B RISIKOANALYSEWORKSHOP

B1 Plan for workshop og analyseiterasjoner

Risikoanalyseringsworkshop for IC MOSS kvikkleirefaresonen Moss havn ble holdt på Bane NORs kontor fra 23. til 25. mai 2022. Dagsorden er vist i plansje B-1. Noen justeringer ble gjort underveis. Et analyseiterasjonsmøte ble holdt hos Bane NOR 8. september 2022 hvor de viktigste trær ble gjennomgått på nytt, samt noe informasjon oppdatert. Dagsorden er vist i plansje B-2. Det ble også holdt Teams-møte og diskusjonsmøte i desember 2022 for å analysere sannsynlighetene som en funksjon av den nyeste informasjon og nye tiltak på noen delområder.

*Plansje B-1 Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn
Tidsplan for workshop 23. -25. mai 2022 (Sted: BN brakkeriggen i Moss)*

Tid	Oppgave	Deltagere
Mandag, 23.mai 8:30 - 12	Introduksjon (1t) (formål, metode, beskrivelse av usikkerhet/sannsynligheter, valgte skråninger for risikoanalyse og fire (4) faser for beregningene) Idedugnad "Failure mode screening" (brudmekanismer og bruddårsak) og <u>prioritering av scenarier</u> som bør analyseres <ul style="list-style-type: none"> - Kransen (Profil 12-28 fra Områdestabilitetsrapporten) - Stasjonsområdet (Profil 28-36) - Kleberget (Profil 52-58) - Moss havn (hele) Kort diskusjon om konsekvenser av et skred i de områdene Kort diskusjon om de 4 faser: <ul style="list-style-type: none"> Fase 0. Før BN startet arbeidene i Moss Fase 1. Instrumentering og overvåkning er på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området (bl.a. gjennom stopp i eventuelle byggeprosjekter) Fase 2. Deler av områdetiltakene er på plass (velge hvilke) Fase 3. Alle områdetiltak er på plass 	I utgangspunktet bør alle delta her: <ul style="list-style-type: none"> - BN - Moss kommune v/ VA og plan/bygg - Moss Havn - Lokal ENT/BN (person med tilsv. kunnskap) - NGI
Mandag, 23.mai 13-16:30	Hendelsestreanalyser <ul style="list-style-type: none"> - Kransen fase 0 (Profil 12-28) <i>Analys for fase 1 til fase 3: fasene analyseres ved å ta analysen for fase 0 og se hva som endres (sannsynligheter) og om det trengs nye grener på basistreet.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - BN - Moss kommune v/ VA , plan/bygg - Lokal ENT/BN - NGI
Tirsdag, 24mai 8:30 - 12	Rask oppsummering av analysene på mandag: Er det noe som bør endres? (rekkefølge, sannsynligheter, manglende gren, andre brudmekanismer)? Hendelsestreanalyser Fortsettelse av Kransen case gjennom de 5 faser for de prioriterte brudmekanismer og -årsak.	<ul style="list-style-type: none"> - BN - Moss kommune v/ VA - Moss Havn - Lokal ENT/BN (person med tilsv. kunnskap) - NGI
Tirsdag, 24mai 13-16:30	Hendelsestreanalyser - Moss Havn Liste over prioriterte brudmekanismer/årsak (fra dag 1) <i>Så mange bruddekanismer/årsak som mulig, fase 0 til 3 (på samme måte som for Kransen)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Lokal ENT/BN (person med tilsv. kunnskap) - NGI
Tid	Oppgave	Deltagere
Onsdag 25.mai	Status på analysene Hendelsestreanalyser	<ul style="list-style-type: none"> - BN - Moss kommune

 Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 42 av 223
		Dok.nr: SMS-20-A-59660
		Rev.: 00E
		Dato 03.04.2023

8:30 - 12	<i>Så mange bruddekanismer/årsak som mulig, fase 0 til 3</i> <ul style="list-style-type: none"> - Stasjonsområdet (Profil 28-36) - Kleberget (Profil 52-58) Basert på Kransen case, med diskusjon av det som endres (hendelser, sannsynligheter, tiltak) for Stasjonsområdet og Kleberget.	- Lokal ENT/BN (person med tilsv. kunnskap) - NGI
Onsdag 25.mai 13-16:30	"Loose ends", enkelte avklaringer fra analysene, diskusjon Analyser som gjenstår	- BN - Moss kommune - NGI

*Plansje B-2 Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn
Dagsorden for iterasjonsmøte 8. september 20223*

**IC Moss Risikoanalyse av faresonen Moss havn
Oppsummering og gjennomgang av analysene om iboende risiko - faresonen Moss Havn
Oppfølgingsmøte for ferdigstillelse av hendelsestrærne**

Dato Torsdag 8. september 2022 kl 0830-1500
Sted BN brakkeriggen i Moss (*lunsj ca. kl 12-1245*)

Kl	Oppgave
08:30-0900	<ul style="list-style-type: none"> - Formål med møtet - Oversikt over analysene som ble prioritert og gjennomført <ul style="list-style-type: none"> - Analyser I plenum i mai 2022 - Analyser som ble komplettert på NGI
09:00-12:00	Gjennomgang av analysene Fase 0. Kransen, Fase 0, 1, 2 og 3 Fase 1. Stasjonsområdet, Fase 0, 1, 2 og 3 <u>Beskrivelse av Fase 0 til 3</u> Fase 0. Før BN startet arbeidene i Moss Fase 2. Instrumentering og overvåkning er på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området (bl.a. gjennom stopp i eventuelle byggeprosjekter) Fase 3. Deler av områdetiltakene er på plass (velge hvilke) Fase 4. Alle områdetiltak er på plass
12:00-12:45	<i>Lunsj</i>
12:45-14:00	Gjennomgang av analysene <ul style="list-style-type: none"> - Moss havn, Fase 0,1, 2, og 3 - Kleberget, Fase 0, 1, 2, og 3
14:00-5:00	<ul style="list-style-type: none"> - Estimat av risiko basert på analysene før møtet - Diskusjon med BaneNOR om "Fase 4: Første dag etter at prosjektet er ferdig"

B2 Workshopdeltakere

Tabell B-1 lister deltagerne på workshopen.

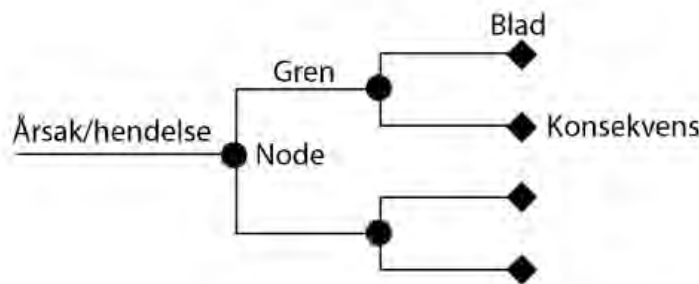
Tabell B-1. Liste over deltagere på workshopen 23-25 mai 2022

Navn	Firma	Mandag 23.5		Tirsdag 24.5		Onsdag 25.5	
		08.30-12	13-16.30	08.30-12	13-16.30	08.30-12	13-16.30
Rune Julsen	BN	x	x	x	x	x	x
Peter Løken	BN	x	x	x	x	x	x
Anders Aamodt	BN	x	x	x	x	x	x
Hans Arne Økland	BN	x	x			x	x
Audun Solberg	BN	x	x	x	x	x	x
Hans Lyshaugen	BN	x	x	x	x	x	x
Torgeir Haugen	BN	x	x	x	x	x	x
Erik Gressløs	MH	x		x	x		
Øystein Sundby	MH			x	x		
Trond Aadahl	Entreprenør Grimsrud	x	x			x	x
Torunn Årset	MK	x(Teams)					
Frank Syversen	MK	x				x	
Alexander Rådahl	MK VA	x	x		x	x	
Svein Braathen	MK VA	x	x		x	x	
Henning Kubberød	MK Beredskap	x	x	x	x	x	x
Anja Elind	MK plan/bygg	x	x		x	x	
Torjus Lømo Ellingsen	MK Plan/bygg	x	x		x	x	x
Christian Ingolfsrud	MK plan/bygg	x	x		x	x	x
Jan Nondal	BN	x	x	x	x	x	x
Suzanne Lacasse	NGI	x	x	x	x	x	x
Farrokh Nadim	NGI	x (Teams)	x (Teams)	x (Teams)	x (Teams)	x (Teams)	x (Teams)
Ørjan Nerland	NGI	x	x	x	x	x	x
Amanda DiBiagio	NGI	x	x				
Jean-S. L'Heureux	NGI	x (Teams)	x (Teams)				
Christian S Ofstad	NGI	x	x	x	x	x	x
Antall deltagere		24	21	14	21	19	16

VEDLEGG C HENDELSESTREANALYSEMETODIKK

C1 Analysemetodikk

Vurderingen av sannsynlighet for utvikling av et kvikkleireskred som kan lede til ett eller flere dødsfall ble gjort ved hjelp av hendelsestreanalyser. Hendelsestreanalyse er en grafisk metode vist i Figur C1-1.



Figur C-1. Illustrasjon av et hendelsestre

Hendelsestreanalysen innebærer:

1. Gjennomgang av tilgjengelig informasjon, grunnforholdene, tidligere skred, stabilitetsanalyser for området, tiltak som er planlagt, etc.
2. Identifisering av de viktigste utløsningsårsaker og skredmekanismer for et kvikkleireskred ("Failure mode screening").
3. Diskusjon og konsensus om beskrivelsen av usikkerheter, verbale uttrykk og tilhørende sannsynlighetsverdier.
4. Oppbygging av hendelsestrær med en initierende hendelse og påfølgende hendelser.
5. Estimat av sannsynligheter for hver hendelsene i hendelsestreet.
6. Evaluering av resultater.
7. Iterasjon, hvis nødvendig.

Evaluering gjøres oftest ved å bringe sammen en gruppe eksperter med kunnskap, for faresonen Moss Havn, om området, kvikkleireskred og risiko-aspekter. Vick (2002) hevdet at en strukturert kollektiv ekspertvurdering kan gi en like god sannsynlighetsvurdering som matematiske analyser: *"The collective judgment of experts, structured within a process of debate, can yield as good an assessment of probabilities as mathematical analyses"*.

For hvert delområde i faresonen Moss havn, ble plausible og ikke-plausible skredmekanismer og skredårsak først diskutert. Disse er beskrevet i Kapittel 4 i hovedrapporten. Hendelsestreanalysen bør se på alle plausible bruddmekanismer og utløsende faktorer.



Det er viktig at sannsynlighetene fra de forskjellige analyser er sammenlignbare slik at de kan summeres. I denne rapporten benyttes årlig sannsynlighet.

I hendelsestreanalyserne i vedlegg D, E, F og G ble en årlig sannsynlighet for et stort kvikkleireskred og påfølgende minst ett dødsfall beregnet for ulike plausible scenarier for hvert av de fire delområdene.

Hendelsestrærne i Vedlegg D til G viser gjennomførte analyser. Hendelser som leder til et stort kvikkleireskred er bygget inn i treet. Sannsynlighetsverdier ble analysert for hver hendelse. Sannsynlighetsverdiene ble diskutert og valgt under workshopen, og i få enkelte tilfeller av NGI i etterkant av workshopen. Sannsynlighetsverdiene ble også analysert som en del av kvalitetskontrollarbeidet og i møter etter workshopen.

I hendelsestrærne benyttes følgende prinsipper:

- Sannsynlighetsverdier på en node: alle utfall for én hendelse skal være gjensidig utelukkende ("*mutually exclusive*").
- Sannsynlighetsverdier på en node: alle utfall for én hendelse skal være kollektivt uttømmende ("*collectively exhaustive*").
- Summen av sannsynlighetene på en node skal dermed være 1.0.
- Sannsynlighetsverdiene i trærne er basert på diskusjon i workshop og reflekterer "konsensus"-verdiene fra workshopen. Deltagerne brukte den verbale beskrivelsen av sannsynligheter som er presentert i Tabell C-1.
- Når man bygger et hendelsestre er det viktig å ikke sette inn for mange hendelser i et scenario (scenario = en gren i et tre). For mange hendelser vil føre til en kunstig redusering av sannsynlighet.
- En forklaringstabell medfølger hvert hendelsestre. Den første kolonnen i forklarings-tabellene viser stegene i analysen (som finnes også på toppen av hvert tre). Teksten i tabellene begrunner valgene av sannsynlighetene i den tilhørende forgrening i hendelsestree.


Hendelseskjeder som resulterer i et stort kvikkleireskred er markert med rød trekant: , mens øvrige hendelseskjeder og grener som ikke resulterer i skredutløsning er markert med grønn sirkel og ordet "Stop": .

Sannsynlighet for et stort kvikkleireskred eller for ett dødsfall eller flere for en gren er produktet av sannsynlighetene for samtlige hendelser langs grenen.

Sannsynligheten knyttet til hver utløsningsmekanisme eller -årsak (eller hvert hendelsestre) er summen av sannsynlighetene for hver gren på treet som resulterer i et stort kvikkleireskred (eller ett dødsfall eller flere).

Den totale sannsynligheten for et stort kvikkleireskred eller ett dødsfall eller flere i et delområde er summen av sannsynlighetene fra alle scenarier (hvert tre) som er plausible for delområdet.

Analysene vist i Vedlegg D til G er gjennomført med beste estimat av sannsynlighetsverdier i hver node i hendelsestrærne (Tabell C-1 i neste seksjon). I alle analysene er tallene vist i sort for fase 0-analysene. For fase 1, 2 og 3 er endringer i sannsynlighetsverdiene vist i rødt.

 Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 46 av 223
		Dok.nr: SMS-20-A-59660
		Rev.: 00E
		Dato 03.04.2023

For flere analyser ble det gjort 2 eller 3 iterasjoner hvor workshopdeltager kunne vurdere på nytt, eller bringe inn ny informasjon. I få tilfeller er tallene for to iterasjoner vist i et hendelsestre, men generelt, er kun resultater for den siste iterasjonen som er vist i vedlegg.

C2 Sannsynlighetsbeskrivelse i hendelsestreanalysene

I analysene er sannsynlighetene først estimert ved hjelp av sannsynlighetsdefinisjonene i Tabell C-1. Tabellen gir en verbal beskrivelse av verbale uttrykk og sannsynligheter som tall. Verbale beskrivelsen er gitt på engelsk, som er språket konseptene ble utviklet i. En tilnærmet oversettelse til norsk er gitt i 3. kolonne. Tabell C-1 gir verdiene for det beste estimatet av sannsynlighetene (gjennomsnittet), og baserer seg på tidligere erfaringer, arbeid av Høeg (1996)² og Vick (2002), og analyser gjort for dammer i flere land. Sannsynlighetsverdier og verbalt uttrykk i Tabell C-1 ble diskutert i workshopen, og det var enighet om verdiene skulle benyttes videre i analysene.

IPCC (2012) foreslo at sannsynligheter bør beskrives ved hjelp av et tallområde i stedet for et enkelt tall for å uttrykke usikkerheten tallene kan være forbundet med. Tabell C-1 viser, under snittestimatet, de omforente tallområdene³ som ble brukt på workshopen.

Tabell C-1 Estimat av sannsynligheter med enkeltverdier for hendelsestreanalyser

Sannsynlighet	Verbal beskrivelse (engelsk)	Beskrivelse (norsk)
0,001 ≈0,0 – 0,005	<i>Virtually impossible,</i> due to known physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten umulig
0,01 0,005 – 0,02	<i>Very unlikely,</i> although the possibility cannot be ruled out on the basis of physical or other reasons	Veldig usannsynlig
0,1 0,02 – 0,33	<i>Unlikely,</i> but it could happen	Usannsynlig
0,5 0,33 – 0,66	<i>As likely as not,</i> with no reason to believe that one possibility is more or less likely than the other	Usikkert
0,9 0,66 – 0,98	<i>Likely,</i> but it may not happen	Sannsynlig
0,99 0,98 – 0,995	<i>Very likely,</i> but not completely certain	Veldig sannsynlig
0,999 0,995 – ≈1,0	<i>Virtually certain,</i> due to know physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten 100 % sikkert

² Referansene som er sitert i vedleggene er gitt i seksjon 8 i hoveteksten.

³ Tallområdene i Tabell C-1 kan brukes for å beregne en probabilistisk nedre og øvre grense for sannsynlighetene i hendelsestreanalysene, for eksempel med Monte Carlo simuleringe. Dette ble ikke gjort herinn.

VEDLEGG D HENDELSESTREANALYSER FOR DELOMRÅDET KRANSEN

D1 Oversikt over analyser

Plansje D-1 gir en oversikt over analysene som er gjennomført med hendelsestreanalysemetodikken som ble gjennomført.

*Plansje D-1 Hendelsestreanalyser for **Delområde KRANSEN** - FS= 1,0*

Scenario	Figur nr	Tabell nr
Nedbør, overflate vann, erosjon	D-1 til D-4	D-1 til D-4
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	D-5 til D-8	D-5 til D-8
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	D-9 til D-12	D-9 til D-12
Flom	D-13 til D-16	D-13 til D-16
Brudd på vannledning (under bakken)	D-17 til D-20	D-17 til D-20

Trærne er vist i fortløpende figurer for hver bruddmekanisme eller -årsak, for fase 0, fase 1, fase 2 og fase 3. Etter hvert tre følger en tabell der sannsynlighetsverdiene som er valgt i konsensus er forklart. Analysene er gjennomført med beste estimat av sannsynlighetsverdier i hver node i hendelsestrærne. I enkelte tilfeller er sensitivitetsanalyser gjort etter anbefaling fra workshopdeltagerne. Resultater fra de enkelte sensitivitetsanalyser er vist i forklaringstabellene.

I alle trær er sannsynlighetsverdiene for fase 0 vist i sort. For fase 1, 2 og 3 er endringer i sannsynlighetsverdiene i forhold til fase 0 vist i rødt. Vanligvis er resultatet fra den siste iterasjonen vist. Iterasjonene er omtalt i forklaringstabellene. Ellers inneholder tabellene flere detaljer. De respektive forklaringstabeller nevner om flere iterasjoner ble gjort. Alle iterasjoner er tilgjengelige på NGIs digitale prosjektområdet, hvis det skulle være behov for å gå tilbake til enkelte av analysene.

D2 Resultat fra analysene

Plansje D-2 viser beregnet årlig skredsannsynlighet pr mekanisme eller årsak og den beregnede totale årlige sannsynlighet for et stort kvikkleireskred og for minst ett dødsfall for delområdet Kransen. Den samme oppsummeringsplansjen finnes i Seksjon 5 i rapportens hovedtekst.

Plansje D-2. Risikoanalyse - Faresonen Moss Havn – Delområde KRANSEN - FS= 1,0
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

- Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss
 Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
 Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
 Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner og vertikaldren; under workshopen: "plastring på østsiden av Fjordveien"

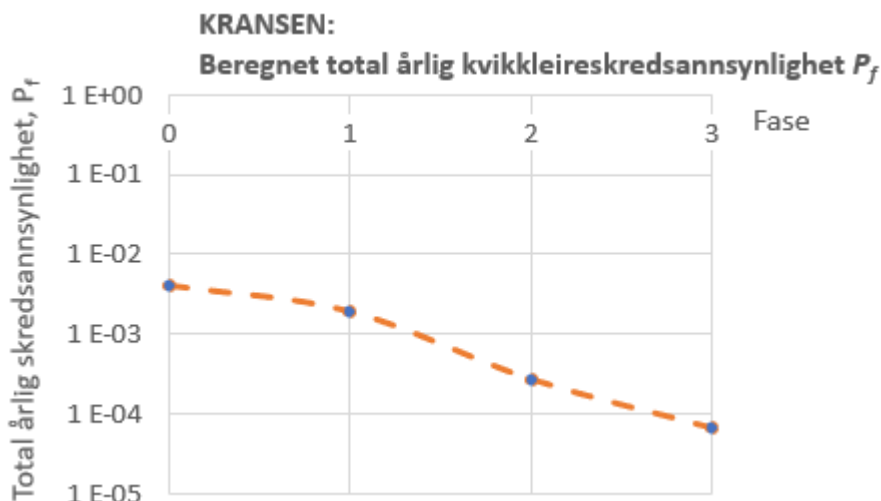
a) $P_{kvikkleireskred}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$7,5 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$9,7 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsannsynlighet (sum av alle scenarier)	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

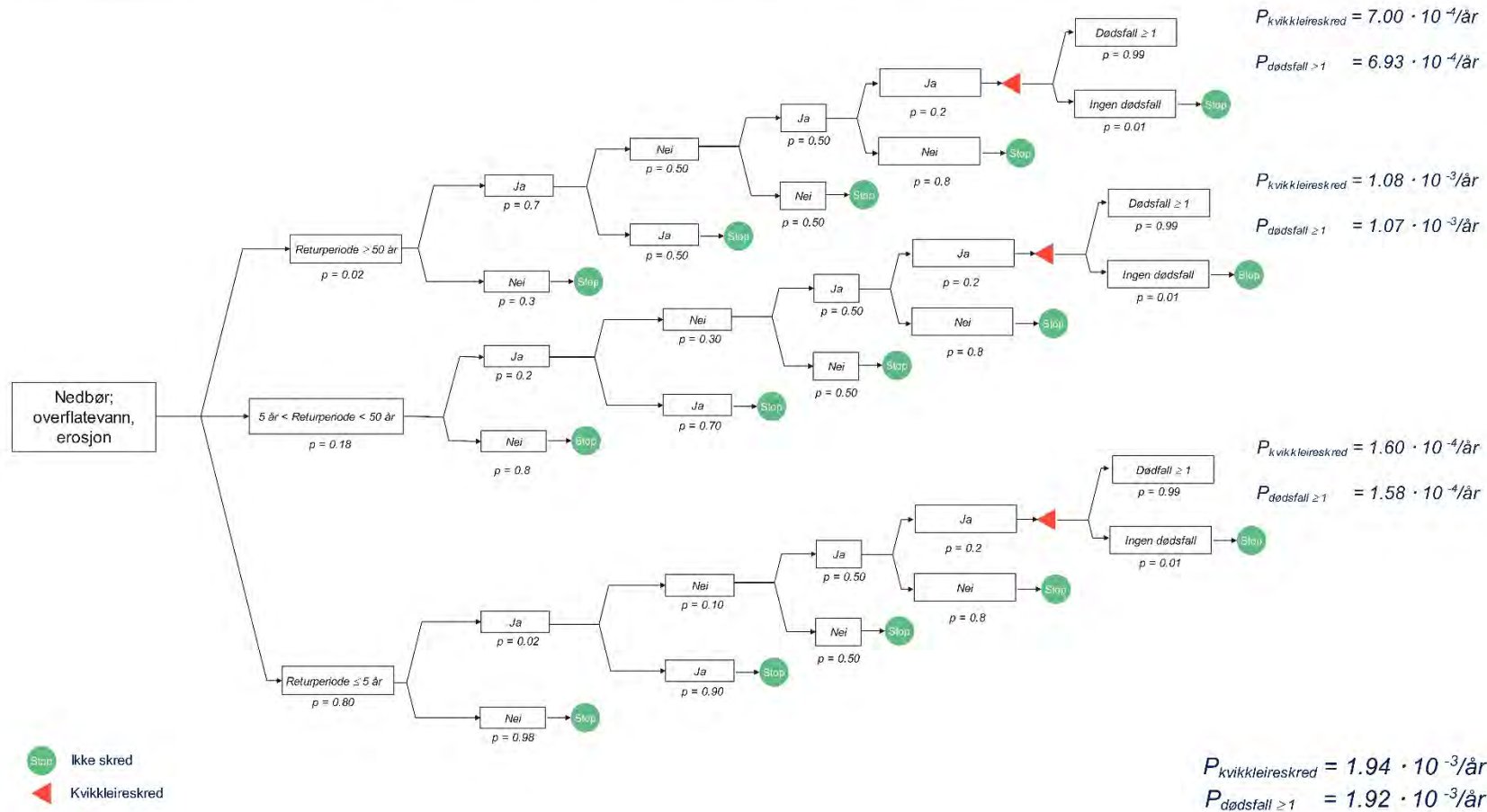
b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$9,9 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$9,6 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$
Total årlig (Dødsfall ≥ 1) sannsynlighet (sum av alle scenarier)	$4,0 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-5}$



KRANSEN - SF=1.0 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Nedbør; overflatevann; erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet)	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



Figur D-1. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell D-1. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

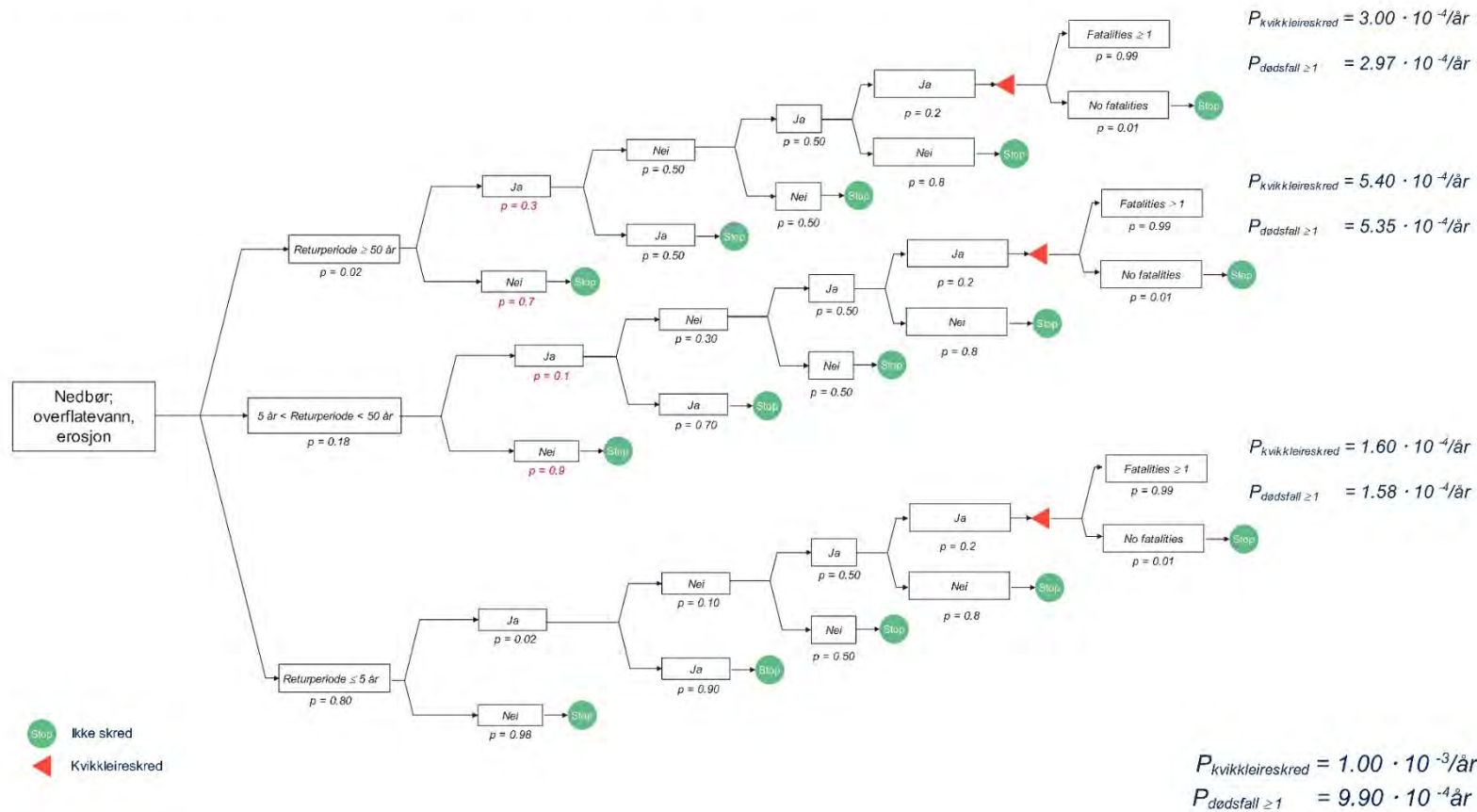
Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Omfatter overvannsledninger, lukkede bekker (lekkasje, tilstopping), vann på avveie, erosjon. Workshopdeltagerne så på kart over mulige overvannsveier dersom ledninger går fulle (se kart i Vedlegg A). Det ble vurdert at det er større sannsynlighet for erosjon ved vann på avveie enn økt poretrykk ved ekstrem nedbør (se også hendelsestreet for Flom). Overvannsystemet er dimensjonert for 25 års nedbør + klimafaktor. De gamle overvannsledningene har mindre kapasitet enn dette. Slukledningene har mindre kapasitet, så det blir liggende mye vann rundt sluk.</p>								
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	<p>For denne skredårsaken ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfanget av været. De tre grenene skal dekke alle mulige nedbørhendelser, fra ingen nedbør til ekstreme nedbørhendelser. Nedbør med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre gren for denne analysen. Etter diskusjon ble medbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake betydelig (= destruktiv) erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre tas som laveste gren med en sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1" data-bbox="806 715 1657 853"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	<p>Gruppen uttrykte at det var sikkert at delområdet Kransen har erfart en 50-års nedbørhendelse i løpet av de siste 100 år. En statistisk beregning tilsier at sannsynlighet for at en 50-års storm skjer i løpet av 100 år er på 87%; i løpet av 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Erosjon på innsiden av Fjordveien er mest kritisk. Kommunen har erfaring fra sommer 2020 hvor det kom intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Det samler seg vann i lavbrekket i Fjordveien. Kommunen har erfaring at det har skjedd graving/erosjon i Steinullbakken i 2018, men ikke veldig mye erosjon. Det er nå lagt inn forhøyet kantstein i Steinullbakken for å sikre at vannet renner ned Steinullbakken og ikke finner andre veier. Det ble problemer i 2000 knyttet til høy vannstand i Vannsjø, men kommunen kjenner ikke til at det oppsto problemer i Kransen. Eventuelt: Vann som kommer fra Vannsjø, dersom vannet går over sine bredder, vil ikke renne ned i Kransen, men komme ned Kongensgate i sentrum.</p> <p>Gruppen var usikker på hva som vil skje dersom det blir mye nedbør med en returperiode over 50 år. Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold. Etter diskusjon vurderes det at det er mer sannsynlig at det skjer destruktiv erosjon enn at det ikke skjer, derfor $p = 0,70$. For lavere returperiode ($5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år) ble det omvendt: Det vurderes at det er mindre sannsynlig at det skjer destruktiv erosjon enn at det ikke skjer, derfor $p = 0,20$. Det er mye lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon med nedbør med returperiode på 5 år enn på 50 år ($p = 0,02$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Kan erosjon oppdages og utbedres?	<p>Spørsmålet er om erosjonsskade og/eller lekkasje oppdages i tide og at utbedringen, hvis skade er oppdaget, er vellykket. Kommunen har eget utstyr, så de har mulighet for å utbedre erosjonsskade relativt raskt, men dersom det skjer på natta tar det lengre tid før utbedring skjer. Dersom kommunen vet at det er ekstremvær på gang så går kommunen på forhånd gjennom ev. tette sluk og stikkrenner og utbedrer dem. Fjordveien er Fylkesvei og blir trolig ikke prioritert av Fylkeskommune dersom det er store problemer også andre steder. Dersom skader skjer ved mye nedbør på kort tid foretas ofte ikke utbedringer før stormen har lagt seg, da må man heller evakuere og vente på at nedbøren har gitt seg.</p>								

Hendelse	Forklaring
	<p>Det er en del tette flater i området og derfor mindre infiltrasjon i grunnen. Det er relativt gamle rør i Fjordveien, og gamle rør har mindre kapasitet enn nye rør. Etter diskusjon var man usikker på om den destruktive erosjonen blir utbedret tidsnok: sannsynligheten p ble derfor valgt som 50% (usikkert).</p> <p>Diskusjon rundt hvorvidt det er større sannsynlighet for utbedring når det er mindre nedbørsmengder: Argument for at det er større sannsynlighet for at det blir utbedret når det er mindre nedbørsmengder er at det er mindre sannsynlig for at det er problemer andre steder, så det er større sannsynlighet for at Fjordveien blir prioritert. Annet argumentet er at dersom det kun er lokale store nedbørsmengder, så er det mer sannsynlig at det blir utbedring dersom det er nedbør med RP > 50 år enn nedbør med RP mellom 5 og 50 år. Gruppen valgte $p = 0.7$ for at skaden kan utbedres for returperioder mellom 5 år og 50 år. Men det ble ikke en hel konsensus om tallet. Det er høyere sannsynlighet at det blir utbedring dersom det er nedbør med RP ≤ 5 år fordi det er da færre tilfeller i kommunen som må utbedres samtidig ($p = 0.9$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom situasjonen er oppdaget og forbedret.</p>
	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom destruktiv erosjon skjer og ikke utbedres, så blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert). Det trengs ikke mye nedbør for at en tilrettelagt flomvei (f.eks. asfaltert vei med kantstein) vil fungere som en god flomvei, men flomveien går ikke helt ned til sjøen.</p>
Utglidning skjer?	<p>Som nevnt, i år 2000 var det veldig mye nedbør, og det ble ikke registrert utglidninger av betydning, noe som indikerer at det er lite sannsynlig at mye nedbør kan initiere en utglidning. Men hvis SF er nær 1,0 er det mer usikkert om en utglidning vil skje. Det er beregnet SF lik 1,0 på Kransen, og skråningen står allikevel. Det er usikkerhet i beregningene. Gjennom diskusjonene, kom man tilbake til usikkert, med $p = 0.5$, gitt at det har skjedd destruktiv erosjon og at situasjonen ikke ble forbedret. Sannsynlighetene er like for alle returperioder</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er nå ikke avhengig av intensitet av nedbør, men av at en utglidning har først skjedd. For alle returperioder er sannsynlighetene like. Etter diskusjon vurderes det først at, etter erosjon som skyldes overflatevann og utglidning, sannsynligheten er $p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig). Det ble diskutert deretter at det er noe mindre sannsynlig at et stort kvikkleireskred ikke skjer enn at det skjer. Derfor er p noe lavere enn 0,5, men ikke så lav som $p = 0,1$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): så $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,94 \cdot 10^{-3}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,92 \cdot 10^{-3}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet)	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



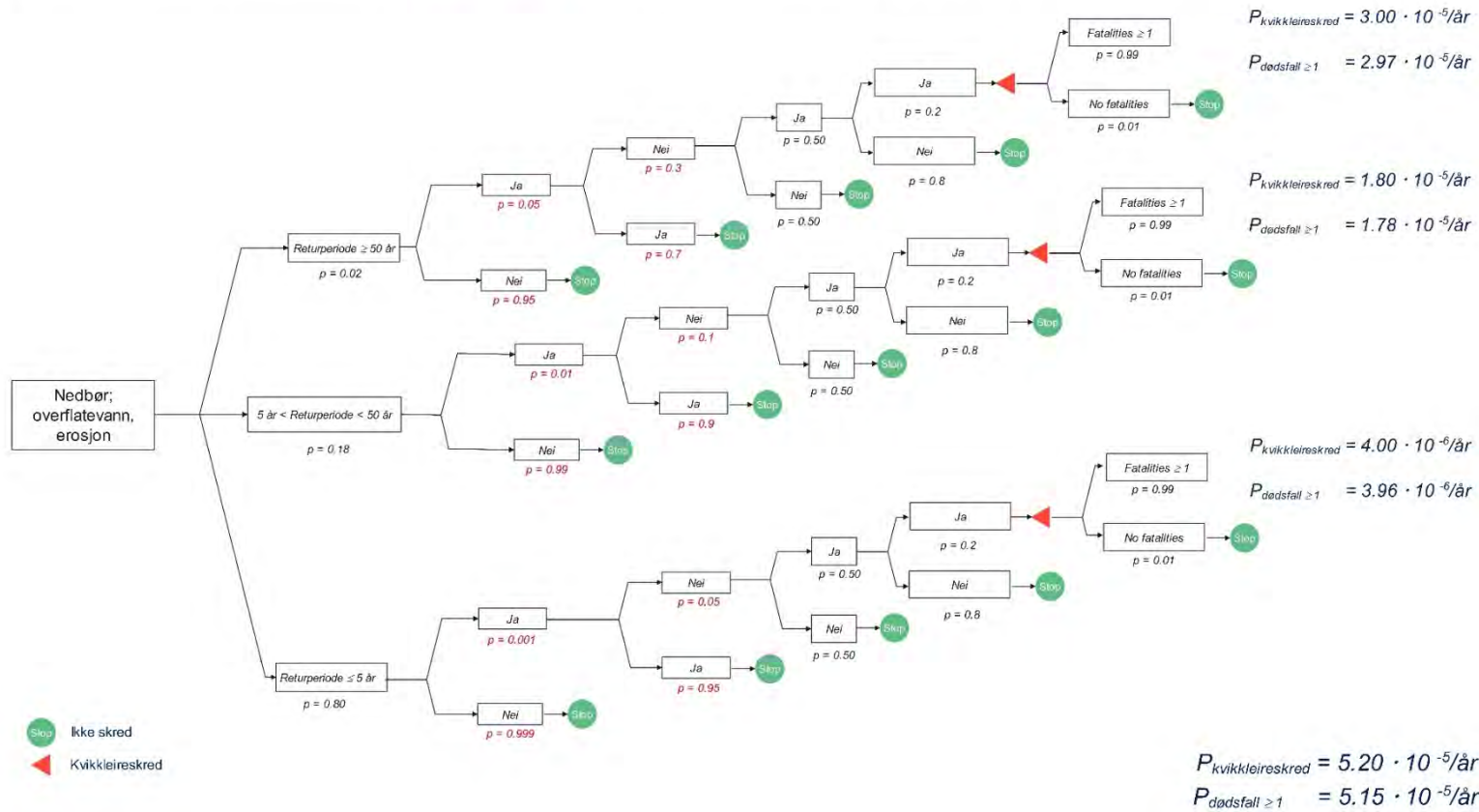
Figur D-2. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell D-2. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 0.
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	Samme som fase 0.
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	Samme argumentasjon som i fase 1, unntatt for at instrumentering (inkludert NGI-Live), inspeksjon og økt bevissthet i kommune (også beboere) reduserer sannsynlighet for at destruktiv erosjon skjer. Gruppen vurderte at det er mindre sannsynlig at det skjer destruktiv erosjon enn at det ikke skjer, derfor reduseres p ned til 0,30 (usikkert til usannsynlig). For lavere returperiode (5 år < RP < 50 år) reduseres sannsynligheten for at det skjer destruktiv erosjon til $p = 0,10$ (usannsynlig). Det er mye lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon med nedbør returperiode på 5 år enn på 50 år men p ble beholdt som 0,02). Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.
Kan/erosjon oppdages og utbedres?	Samme som fase 0.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,00 \cdot 10^{-3}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,90 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"
Avgraving, motfylling, jøtpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner/vertikaldren

Nedbør; overflatevann; erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet) 2. iterasjon: med plastring på østsiden av Fjordveien	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



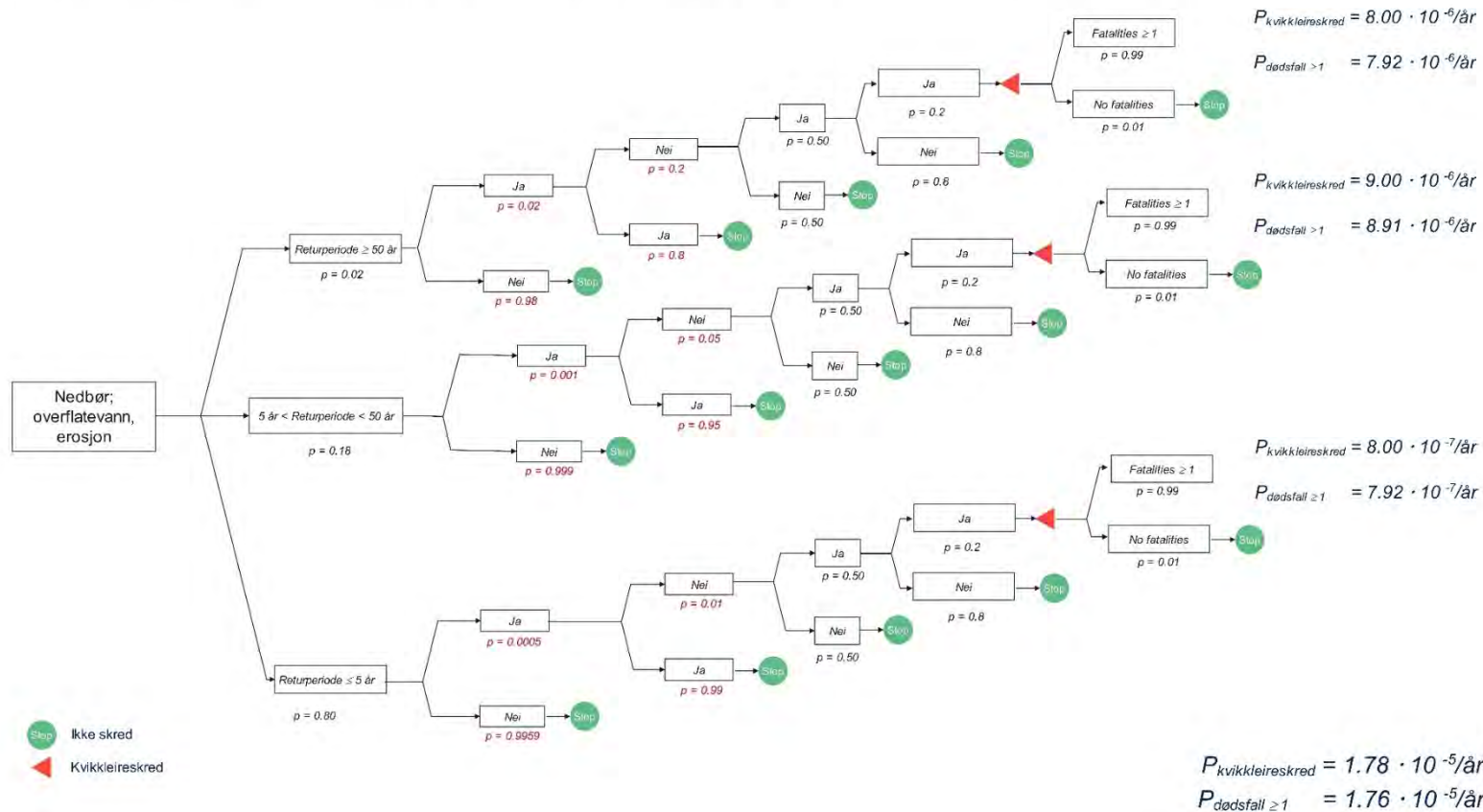
Figur D-3. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell D-3. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	Samme som fase 1.
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	<p>Samme argumentasjon som i fase 1, unntatt for at omfattende tiltak på Kransen reduserer betydelig sannsynlighetene for at destruktiv erosjon skjer. Det ble gjort tre iterasjoner for dette tilfellet: 1) situasjon i mai 2022, 2) situasjon etter at plastring ble plassert på østsiden av Fjordveien; 3) ny iterasjon for å verifisere tallene for erosjon-problematikken. Treet for den 3. iterasjonen er vist i Figur D-3.</p> <p>Uten plastring, kan østsiden av Fjordveien være kritisk. Planlagt tiltak er motfylling Kransen-syd, som vil skje senere. Punkt-erosjon påvirker ikke stabilitet, men område-erosjon blir mer alvorlig. Kommunen kan ikke huske at det har vært erosjon i Fjordveien.</p> <p>Med den nye plastringen og de tiltakene på delområdet Kransen ble sannsynlighet for destruktiv erosjon (for $RP \geq 50$ år) redusert fra $p = 0,7$ til $p = 0,05$ (veldig usannsynlig til usannsynlig). For lavere returperioder ble sannsynligheten for at det skjer destruktiv erosjon redusert i annen iterasjon til $p = 0,001$ (nesten umulig). I tredje iterasjon ble det bestemt å differensiere mellom scenarier for $5 \text{ år} < RP < 50 \text{ år}$ og $RP \leq 5 \text{ år}$, ved å gi en større sannsynlighet for destruktiv erosjon ($p = 0,01$ – veldig usannsynlig) for $5 \text{ år} < RP < 50 \text{ år}$, og beholde 'nesten umulig' for scenariet med $RP \leq 5 \text{ år}$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>
Kan erosjon oppdages og utbedres?	Sannsynligheten for at de riktige tiltak settes i gang i tide og er vellykket: Samme argumentasjon som i fase 0 og 1, men nå er det større mulighet for at erosjon/lekkasje oppdages og at situasjonen utbedres Det ble også notert at det trengs minst 2 m erosjon for å komme ned til kvikkleiren for skråningen hvor det er $SF = 1,0$ i Kransen. Sannsynligheten for at situasjonen ikke utbedres reduseres fra $p = 0,5$ til $p = 0,3$ under $RP \geq 50$ år. For lavere returperioder, reduseres sannsynlighetene tilsvarende.
Utglidning skjer?	Samme som fase 1.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,20 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,15 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"
Alle områdetiltak på plass

Nedbør; overflatevann; erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet)	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



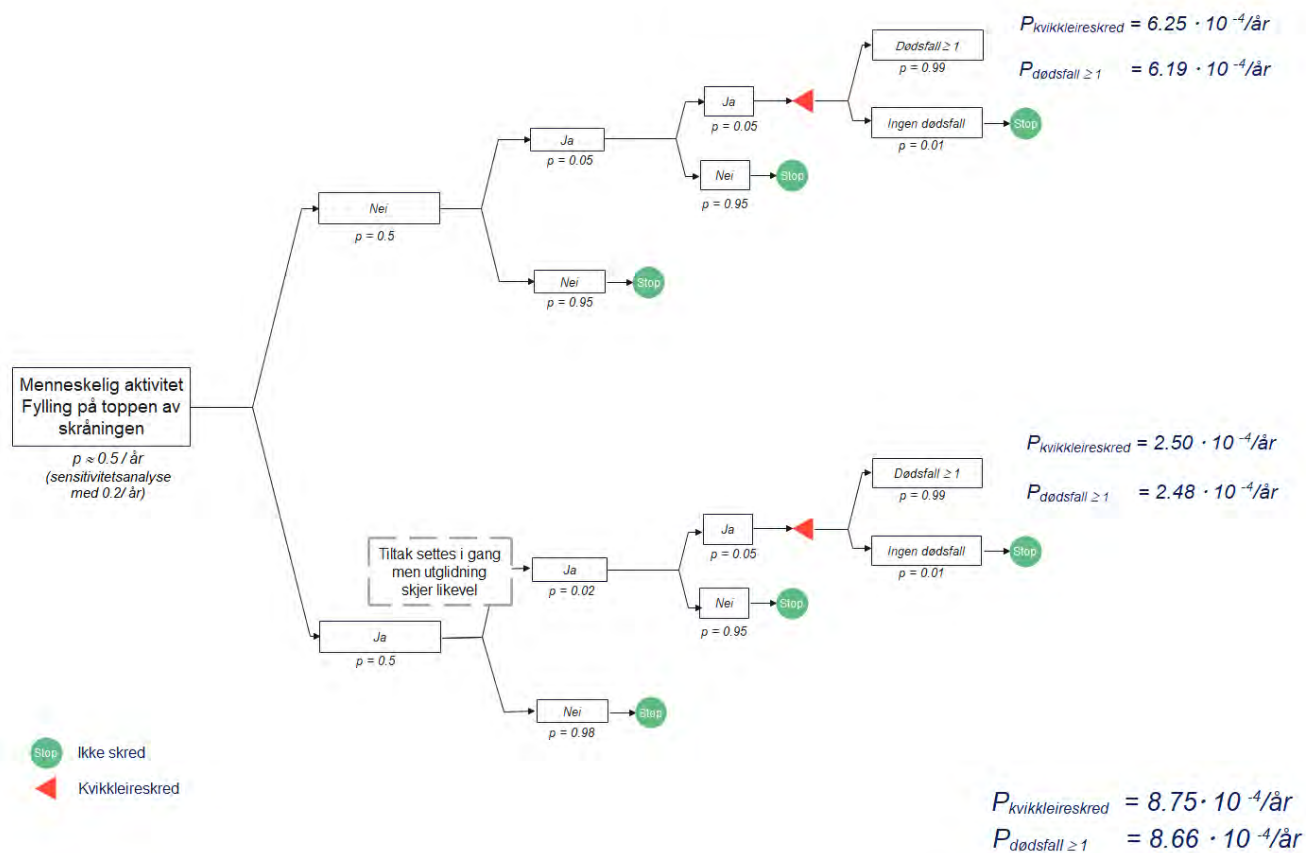
Figur D-4. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell D-4. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 2.
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	Samme som fase 2.
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	Samme argumentasjon som i fase 2, unntatt for at når alle områdetiltak er på plass, reduseres sannsynligheten for destruktiv erosjon enda ytterligere. Med alle områdetiltak på plass ble sannsynlighet for destruktiv erosjon (for $RP \geq 50$ år) redusert fra $p = 0,05$ til $p = 0,02$ (veldig usannsynlig). For lavere returperioder ble sannsynligheten for at det skjer destruktiv erosjon redusert i annen iterasjon til $p = 0,001$ (nesten umulig). Man kunne ha differensiert mellom de to RP grenene, men p -verdien allerede er så lav. I følge tabellen med sannsynlighetsbeskrivelser i Vedlegg C, bør man ikke bruke tall lavere enn 0,001. Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.
Kan erosjon oppdages og utbedres?	Sannsynligheten for at de riktige tiltak settes i gang i tide og er vellykket: Samme argumentasjon som i fase 2, men nå er det enda større mulighet for at erosjon/lekkasje oppdages og at situasjonen utbedres. Sannsynligheten for at situasjonen ikke utbedres reduseres fra $p = 0,3$ til $p = 0,2$ under $RP \geq 50$ år. For lavere returperioder, reduseres sannsynlighetene tilsvarende.
Utglijning skjer?	Samme som fase 2.
Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,78 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,76 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 0 - Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Fylling på toppen av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utgilning skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	--------------------------------------	------------------	---	------------------------------



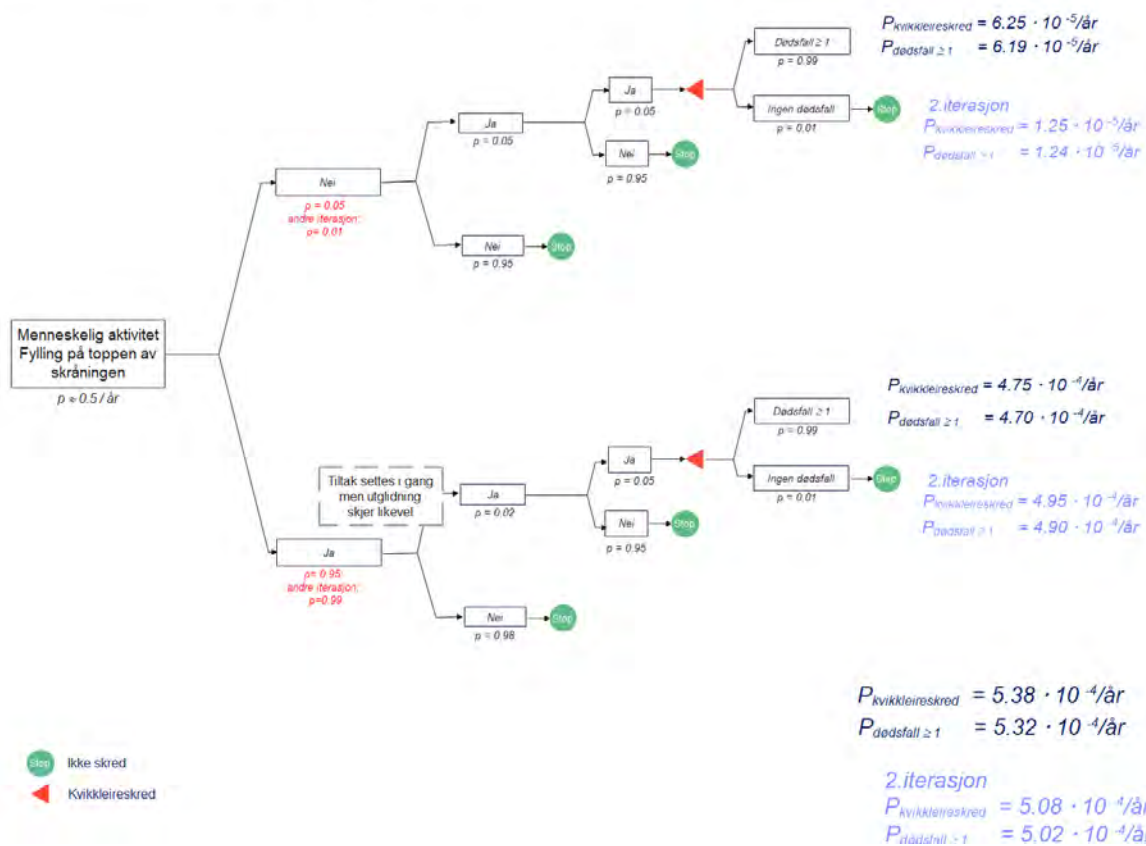
Figur D-5. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell D-5. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Det ble først en diskusjon om 1) å skille mellom små og store prosjekter, og 2) hva slags menneskelig aktivitet var man redd for. Etter diskusjon ble det bestemt å skille mellom 'fylling/masseflytting', 'graving' og 'sprengning/vibrasjon' (men sprengning er ikke aktuelt for Kransen). Disse hendelser er ikke behandlet av kommunen.</p> <p>Fylling på toppen ble behandlet først. Det er kun fyllingshendelser som ikke er behandlet av kommunen som vurderes i denne analyse.</p> <p>Hvor ofte kan en fylling av uvedkommende skje: det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per år, muligens en gang hvert andre år. Det var muligens én gang pr. år i 2016. Det ble konsensus om én gang per 2 år ($p = 0,5/\text{år}$) (men kommunen var representert med kun en deltager på workshopens andre dag). Det var usikkerhet i tallet og en sensitivitetsanalyse med $p = 0,2/\text{år}$ (én gang pr 5 år) ble gjort. Resultatet av sensitivitetsanalysen er gitt i siste rad i tabellen.</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befarings og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlig dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Det var flere byggesaker i 2016, og det er grunn til å tro at flere kunne ha gjort tiltak som ikke ble oppdaget. Samme resonnement gjelder for både fylling på toppen av skråningen og graving i bunnen av skråningen. Det var ingen faktor som økte eller reduserte usikkerheten om en fylling skulle oppdages. En verdi på $p = 0,5$ (usikkert) ble valgt.</p>
Utglidning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? Mange av uoppdagede fylling av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Det er flere steder hvor de er mye sand i toppen. Hvor stort inngrepet være? Ca. en [2 til 3m x 30m fylling på toppen] for å redusere sikkerhetsfaktor fra 1,25 til 1,0 på Kransen. Det har skjedd en [2m x 10m] fylling for en garasje tidligere, uten at det skjedde en utglidning. Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses var $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig). Hvis fyllingen oppdages, reduseres p til 0,02.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig), både hvis fyllingen oppdages og ikke oppdages.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 8,75 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 8,66 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
Sensitivitetsstudie	<p>Med en initierende hendelse med $p = 0,2/\text{år}$ i stedet for $p = 0,5/\text{år}$ er resultatet:</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,50 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"
 Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/ NGI-Live) og meldes inn til kommunen	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	---	-------------------	--	------------------------------



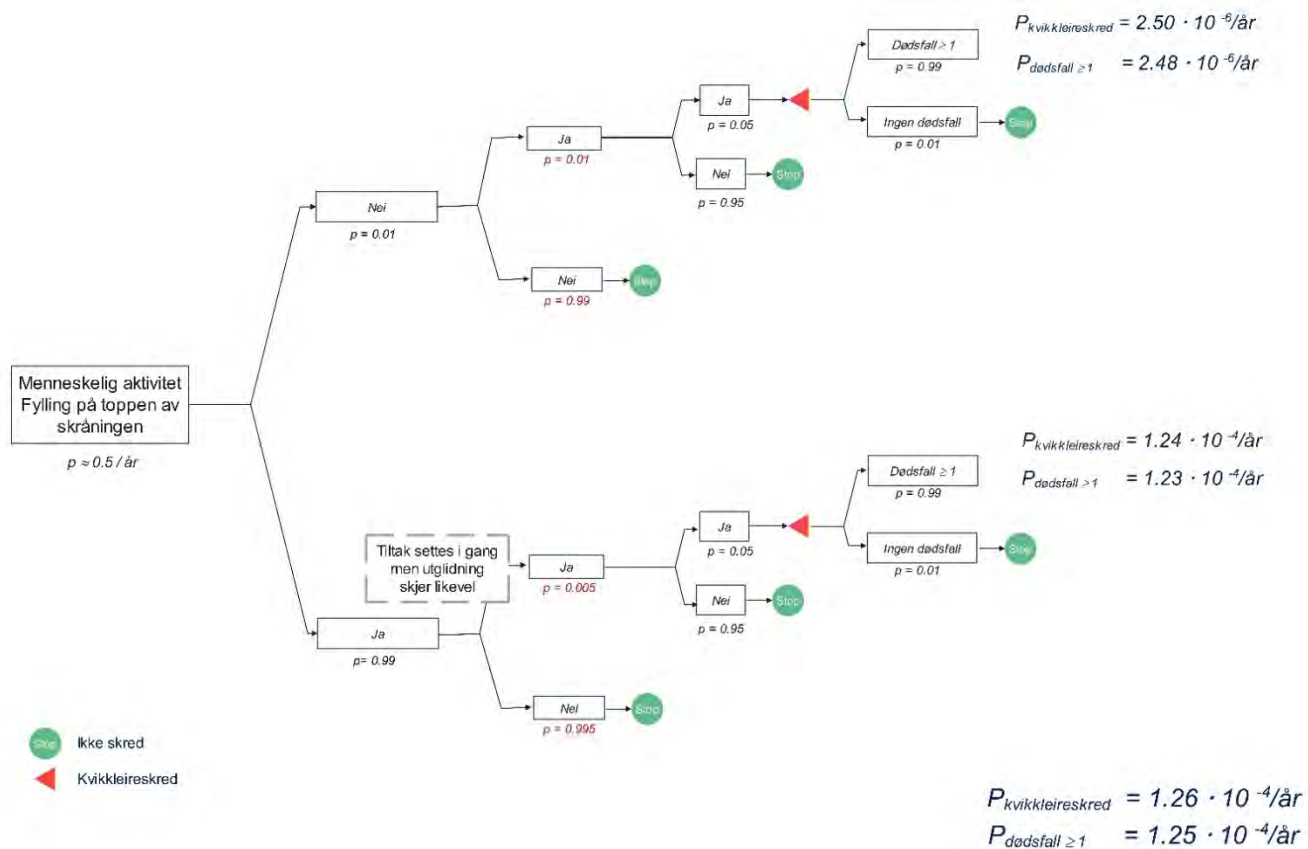
Figur D-6. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell D-6. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skrånningen?	Initierende hendelse. Som for fase 0.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 1 er ukentlig befarings og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen (økt forståelse hos alle) og overvåkning med NGI-Live på plass. Er det kritisk å legge ut et lass med pukk? Kommunen har gitt innbyggerne beskjed om å varsle/søke om alle tiltak. Dette bidrar sikkert til å redusere risikoen for at beboere gjør tiltak på egen tomt uten å varsle kommunen om dette. Kan målesystemet NGI-Live plukker opp dette? Svaret er ja. Bane NOR gjennomfører en ukentlig kjøretur etter fast rute og ser etter alle tegn til aktivitet. Kommunen kan stanse arbeider: Øyeblikkelig stans der arbeidet, ved å fortsette, forårsaker mer skade. Dette øker sannsynligheten at inngrepene oppdages.</p> <p>Disse tiltakene øker betydelig muligheten for å oppdage menneskelig aktivitet. Det ble sagt at "om det ikke oppdages fysisk eller med NGI Live - da er det trolig ikke store greiene". Det ble ansett at det var svært sannsynlig at en fylling på 1 til 2 m vil oppdages. Så $p = 0.05$ ble valgt (for fase 1 var $p = 0,5$). To iterasjoner ble gjort (Figur D-6). Etter en ny vurdering, ble den konsensus for $p = 0,01$ (veldig usannsynlig) at en fylling på 1 til 2 m ikke oppdages).</p>
Utgilidning skjer?	Som for fase 0.
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,08 \cdot 10^{-4} / \text{år} \text{ (2. iterasjon)}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,02 \cdot 10^{-4} / \text{år} \text{ (2. iterasjon)}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"
 Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner/vertikaldren

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/ NGL-Live) og meldes inn til kommunen	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	---	-------------------	--	------------------------------



Figur D-7. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

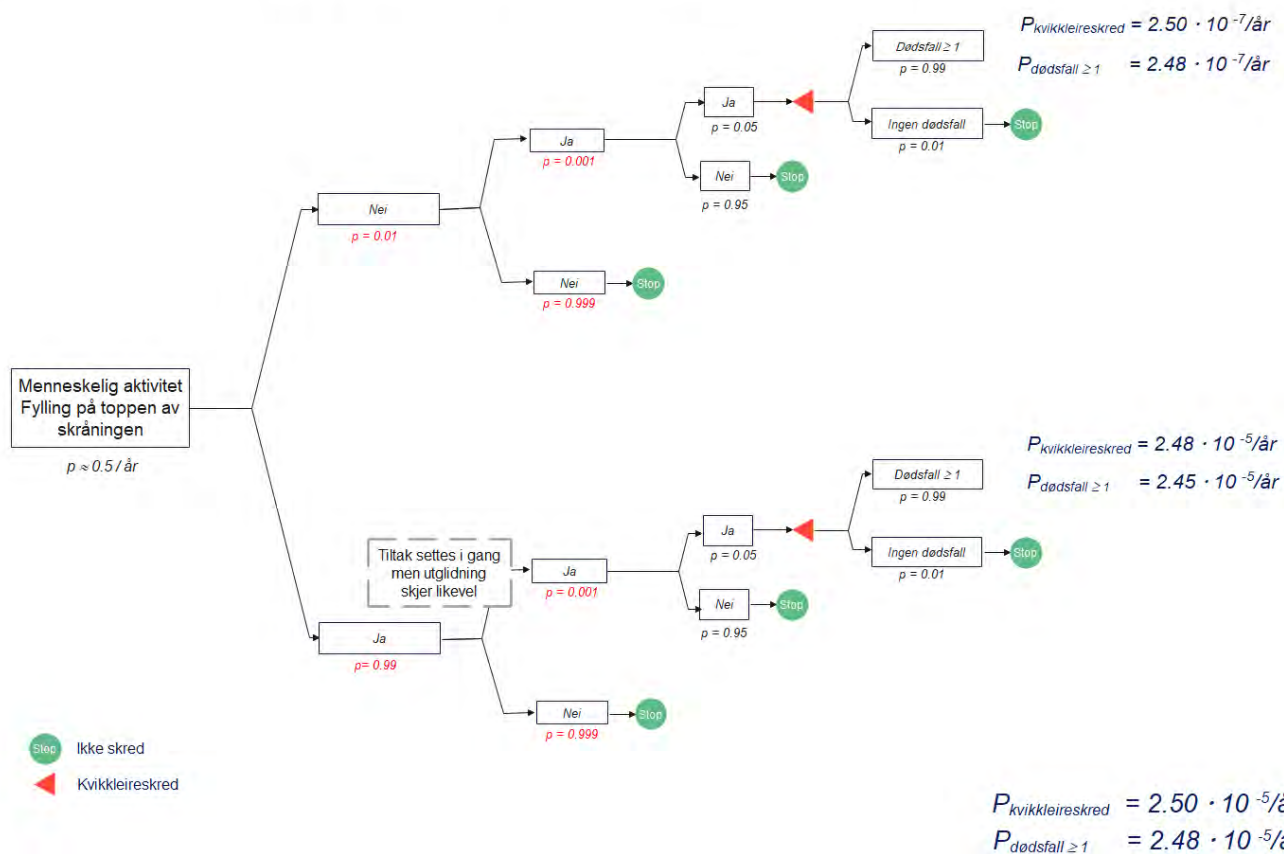
Tabell D-7. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Som for fase 1.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	Som for fase 1.
Utglidning skjer?	Med deler av områdetiltakene på plass på Kransen, vil sannsynlighet for at en utglidning initieres bli redusert. Konsensus ble at en utglidning blir veldig usannsynlig: $p = 0.01$ selv om fyllingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres til mellom veldig usannsynlig og nesten umulig ($p = 0,005$) hvis fyllingen er oppdaget, men tiltak som settes i gang for å ta bort fyllingen forhindrer ikke at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 1-
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 1.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,26 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,25 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Alle områdetiltak på plass

Fylling på toppen av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/ NGL-Live) og meldes inn til kommunen	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	---	-------------------	--	------------------------------



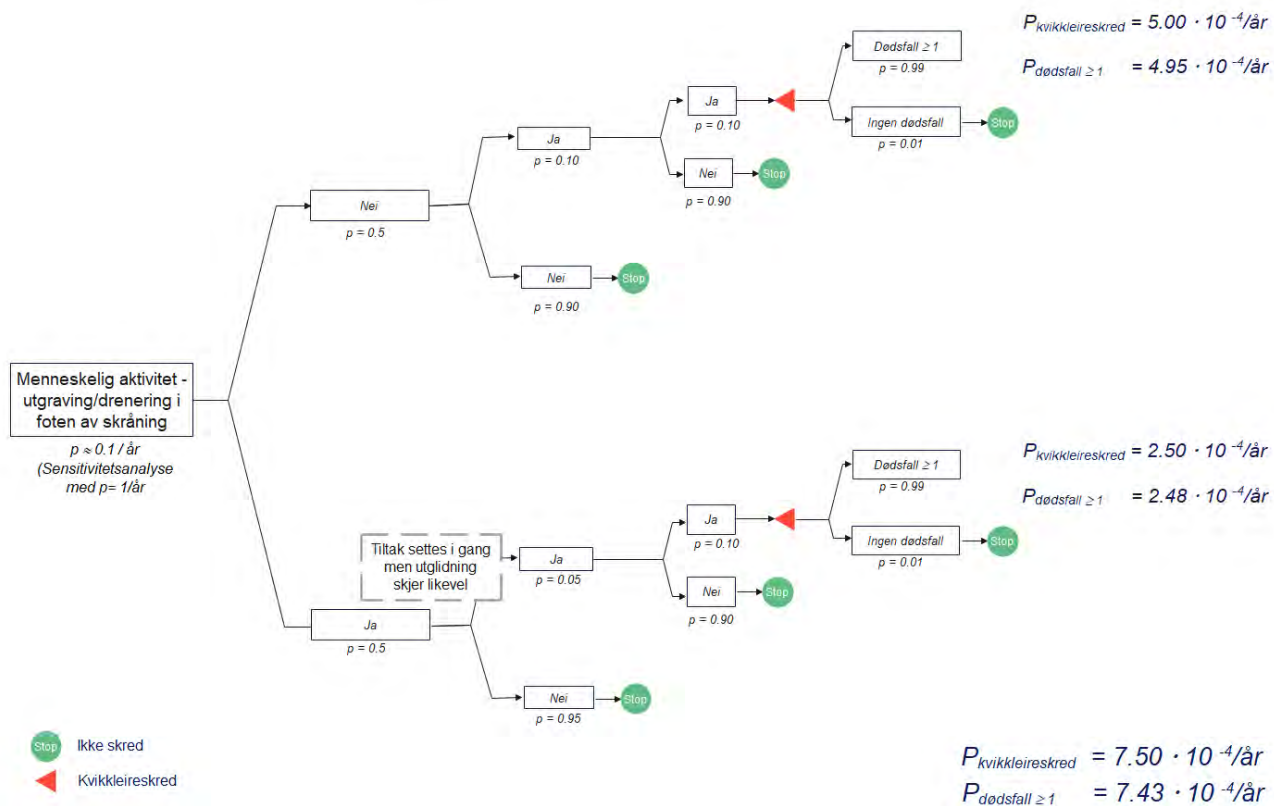
Figur D-8. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell D-8. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Som for fase 2.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Som for fase 2.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltakene på plass vil sannsynlighet for at en utglidning skjer reduseres ytterligere. Det var stor enighet i at sannsynligheten for en utglidning da vil være nesten umulig: $p = 0,001$, både hvis fyllingen oppdages og hvis den ikke oppdages. Man kunne ha differensiert mellom sannsynlighetene for de to grenene, men p -verdien allerede er så lav. Ifølge tabellen med sannsynlighetsbeskrivelser i Vedlegg C, bør man sjelden bruke tall lavere enn $p = 0,001$. Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 2.
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-5} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-5} / \text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Utgraving i foten av skrånningen (ikke behandlet av kommune)	Oppdages av naboer/ BaneNor inspeksjon/NGI-Live og meldes inn til kommune	Utgilning (stor) skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
--	---	-------------------------	--	-----------------------------



Figur D-9. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

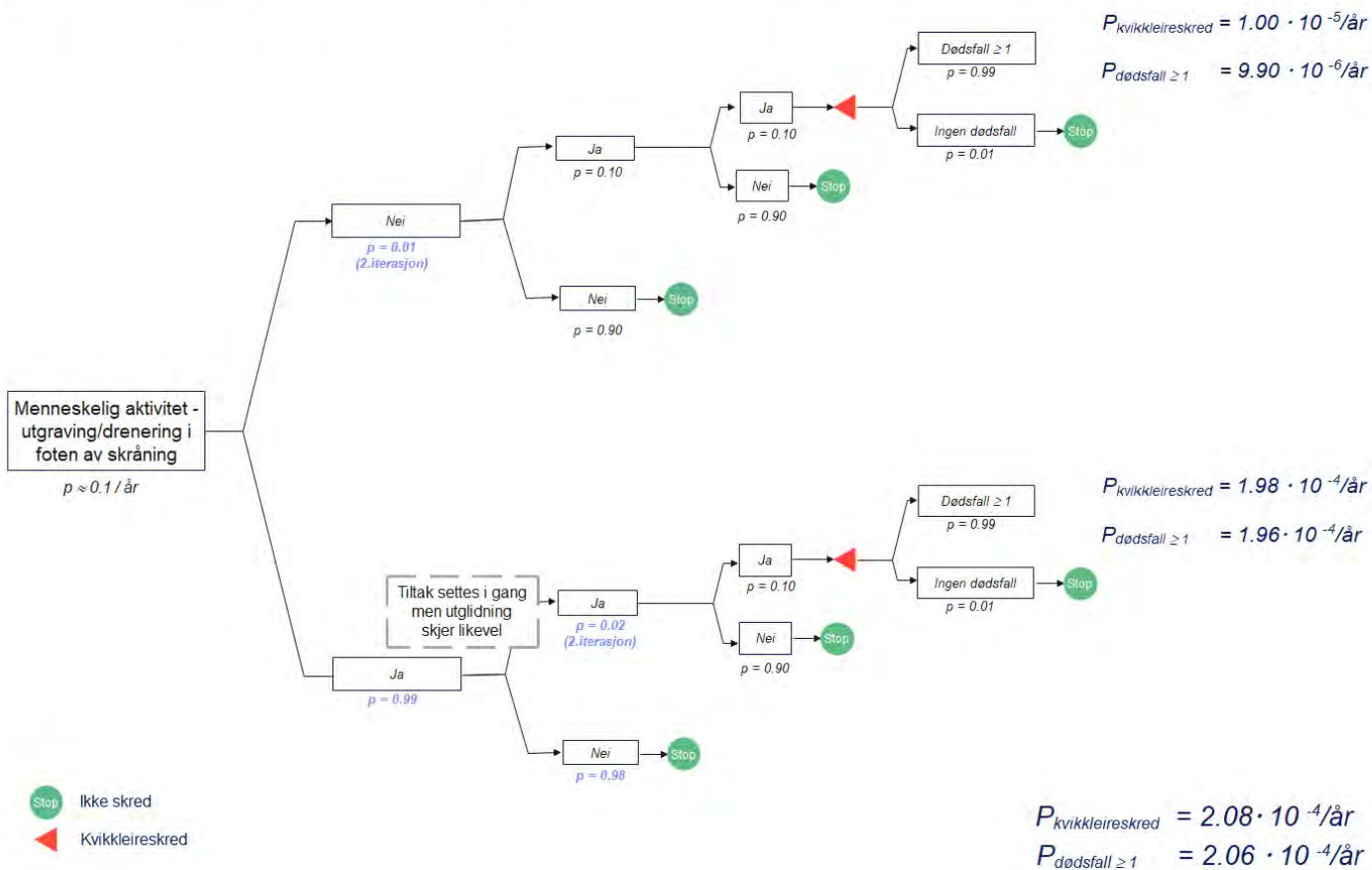
Tabell D-9. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Det ble først en diskusjon om 1) å skille mellom små og store prosjekter, og 2) hva slags menneskelig aktivitet man var redd for. Etter diskusjon ble det bestemt å skille mellom 'fylling/masseflytting', 'graving' og 'sprengning/vibrasjon' (men sprengning er ikke aktuelt for Kransen). Det er også her kun hendelser som ikke er behandlet av kommunen. Arbeider innebærer utgraving, grøfter og drenering i fot av skråningen.</p> <p>Hvor ofte kan en utgraving i foten av en skråning av uvedkommende skje: det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per år, og ikke så ofte som en fylling. Etter diskusjon ble én gang pr 10 år ($p = 0,1/\text{år}$) ansett som realistisk. Det var usikkerhet i tallet og en sensitivitetsanalyse med $p = 1/\text{år}$ bør gjøres. Resultatet av sensitivitetsanalyse er gitt i siste rad i tabellen.</p> <p>Det ble notert at, for en utgraving pga. vannlekkasje, tiltak bør koordineres mellom kommune og Bane NOR i anleggsområdet, og at Bane NOR har geoteknisk vakttelefon.</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befarings og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlig i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Det var flere byggesaker i 2016. Men det er grunn til å tro at flere kunne ha gjort tiltak som ikke ble oppdaget. Resonnementet gjelder for både fylling på toppen av skråningen og graving i bunnen. Det var ingen faktor som økte eller reduserte usikkerheten om en utgraving skulle oppdages. En verdi på $p = 0,5$ (usikkert) ble valgt.</p>
Utgilidning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? Mange av uoppdagede utgraving av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses var $p = 0,1$ (usannsynlig). Hvis utgravingen oppdages, anses p som halvert, $p = 0,05$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred ligger på $p = 0,1$ (usannsynlig), både hvis utgravingen oppdages og ikke oppdages.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,50 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,43 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
Sensitivitetsstudie	<p>Med en initierende hendelse med $p = 1/\text{år}$ i stedet for $p = 0,1/\text{år}$ er resultatet:</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,50 \cdot 10^{-3} / \text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Utgraving i foten av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/NGI-Live) og meldes inn til kommunen?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	---	-------------------	--	------------------------------



$P_{\text{kvikkleireskred}} = 1.00 \cdot 10^{-5} / \text{år}$
 $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9.90 \cdot 10^{-6} / \text{år}$

$P_{\text{kvikkleireskred}} = 1.98 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
 $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1.96 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

$P_{\text{kvikkleireskred}} = 2.08 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
 $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2.06 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

Stop Ikke skred
 Kvikkleireskred

BANE NOR Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 69 av 223 Dok.nr: SMS-20-A-59660 Rev.: 00E Dato 03.04.2023
---	---	---

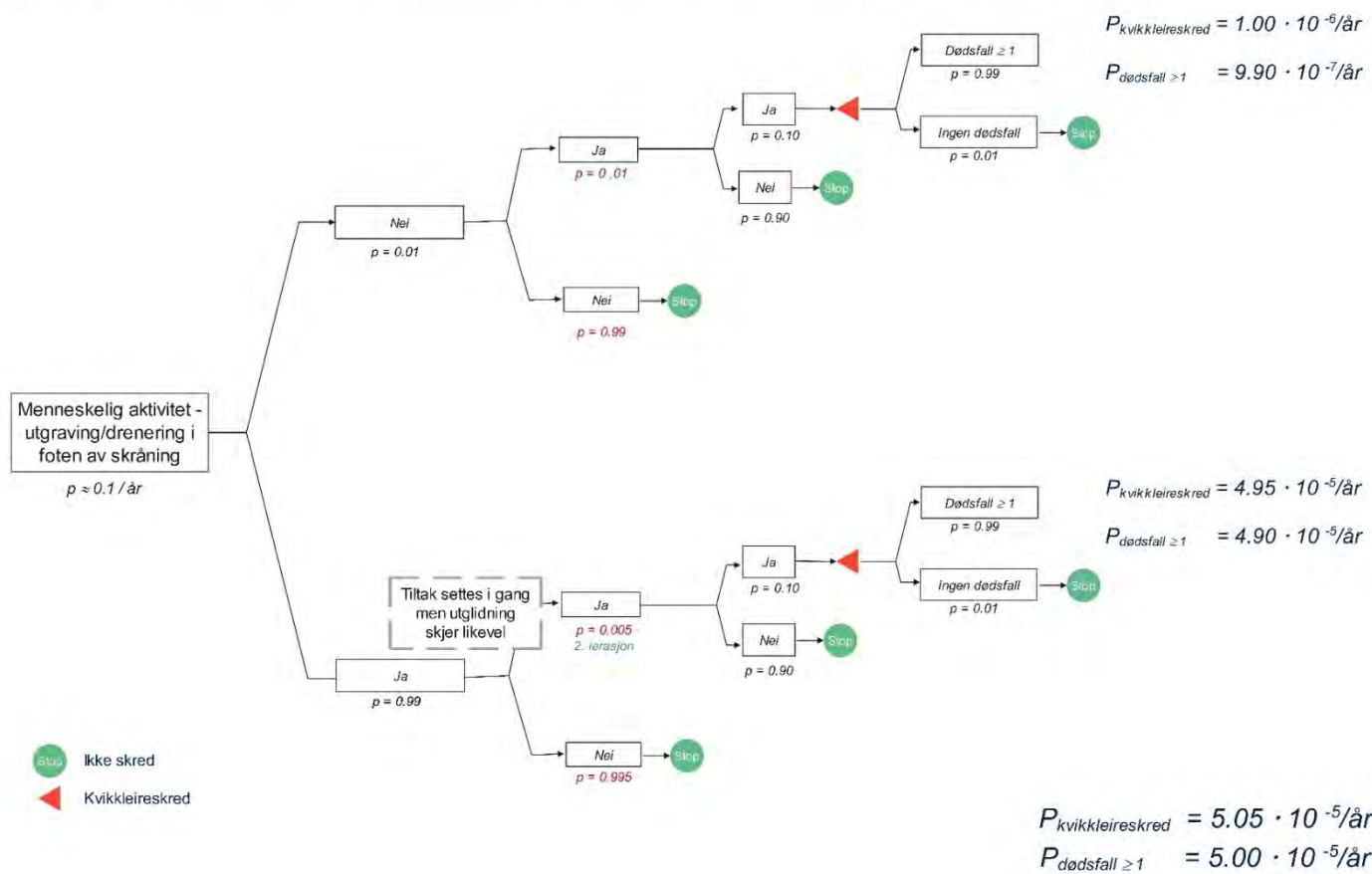
Figur D-10. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreakanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell D-10. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skrånningen?	Initierende hendelse. Som for fase 0.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 1 er ukentlig befarng og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen (økt forståelse hos alle) og overvåkning med NGI-Live på plass. Er det kritisk å grave et lite hull? Nei. Kommunen har gitt innbyggerne beskjed om å varsle/søke om alle tiltak. Dette bidrar sikkert til å redusere sannsynligheten for at beboere gjør tiltak på egen tomt uten å varsle kommunen om dette. Kan målesystemet NGI Live plukker opp dette? Svaret er ja. Bane NOR gjennomfører en ukentlig kjøretur etter fast rute og ser etter alle tegn til aktivitet. Kommunen kan stanse arbeider: Øyeblikkelig stans hvor arbeidet, hvis det fortsetter, forårsaker mer skade. Det oker sannsynligheten at inngrepene oppdages.</p> <p>Disse tiltakene øker betydelig muligheten for å oppdage menneskelig aktivitet. Det ble sagt at "om det ikke oppdages fysisk eller med NGI Live - da er det trolig ikke store greiene". Det ble ansett at det var høy sannsynlighet for å oppdage en utgraving på 1 til 2 m. Det ble gjort også her 2 iterasjoner, hvor $p = 0,05$ ble først valgt (for fase 1 var $p = 0,5$). For den andre iterasjon ble den konsensus for $p = 0,01$ (veldig usannsynlig) at en utgraving på 1 til 2 m ikke oppdages.</p>
Utglidning skjer?	Som for fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 0
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,08 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,06 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"
 Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttestruksjoner/vertikaldren

Utgraving i foten av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/NGI-Live) og meldes inn til kommunen?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	---	-------------------	--	------------------------------



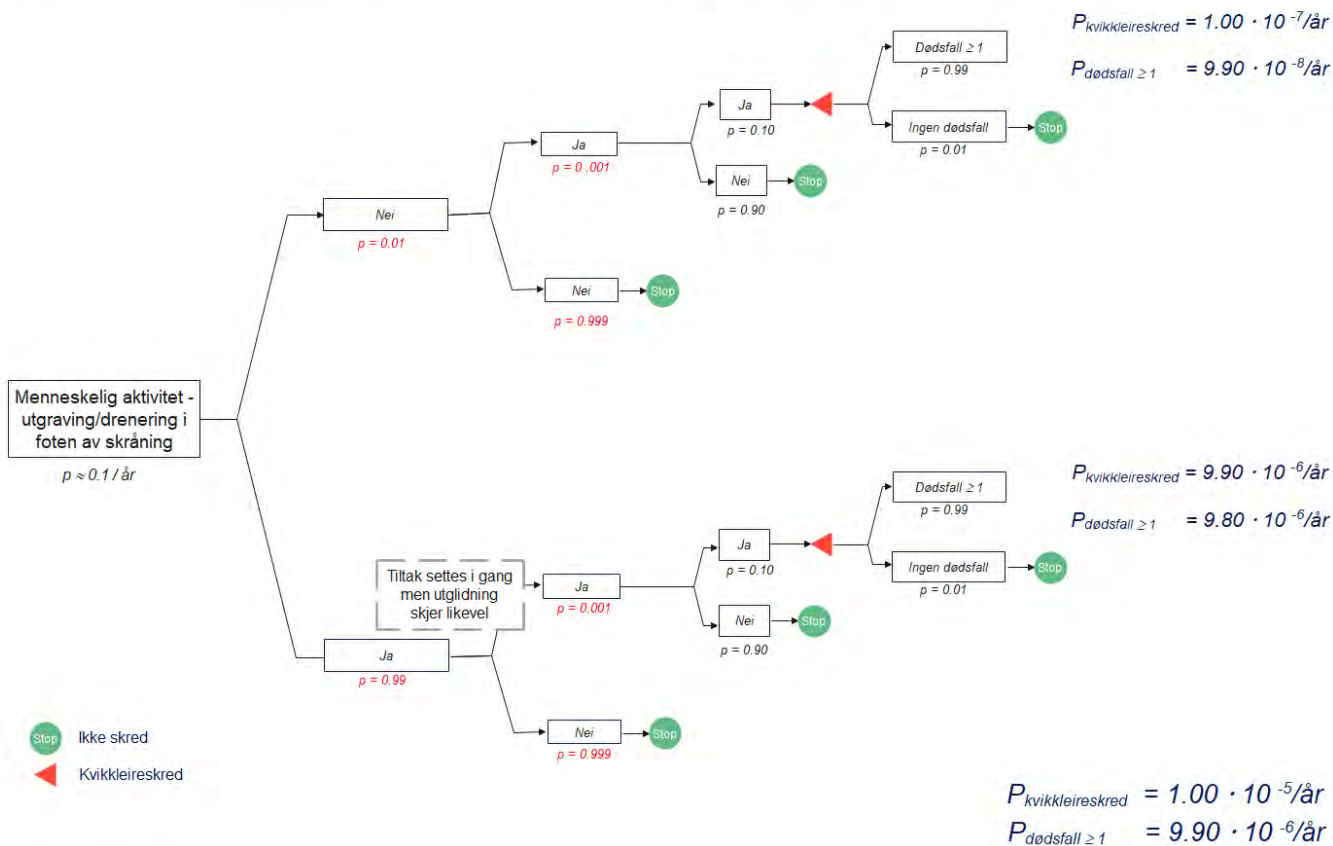
Figur D-11. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell D-11. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Som for fase 1.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Som for fase 1
Utglijning skjer?	Med deler av områdetiltakene på plass på Kransen, vil sannsynlighet for at en utglidning skjer bli redusert. Konsensus ble at en utglidning blir veldig usannsynlig: $p = 0.01$ hvis utgravingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres til mellom veldig usannsynlig og nesten umulig ($p = 0,005$) hvis utgravingen er oppdaget, men at tiltak som settes i gang for å ta fylle på utgravingen ikke forhindrer at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 1
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 1
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,05 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,00 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"
Alle områdetiltak på plass

Utgraving i foten av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages (av naboer/ BaneNor inspeksjon/NGI-Live) og meldes inn til kommunen?	Utglidning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	---	-------------------	--	------------------------------



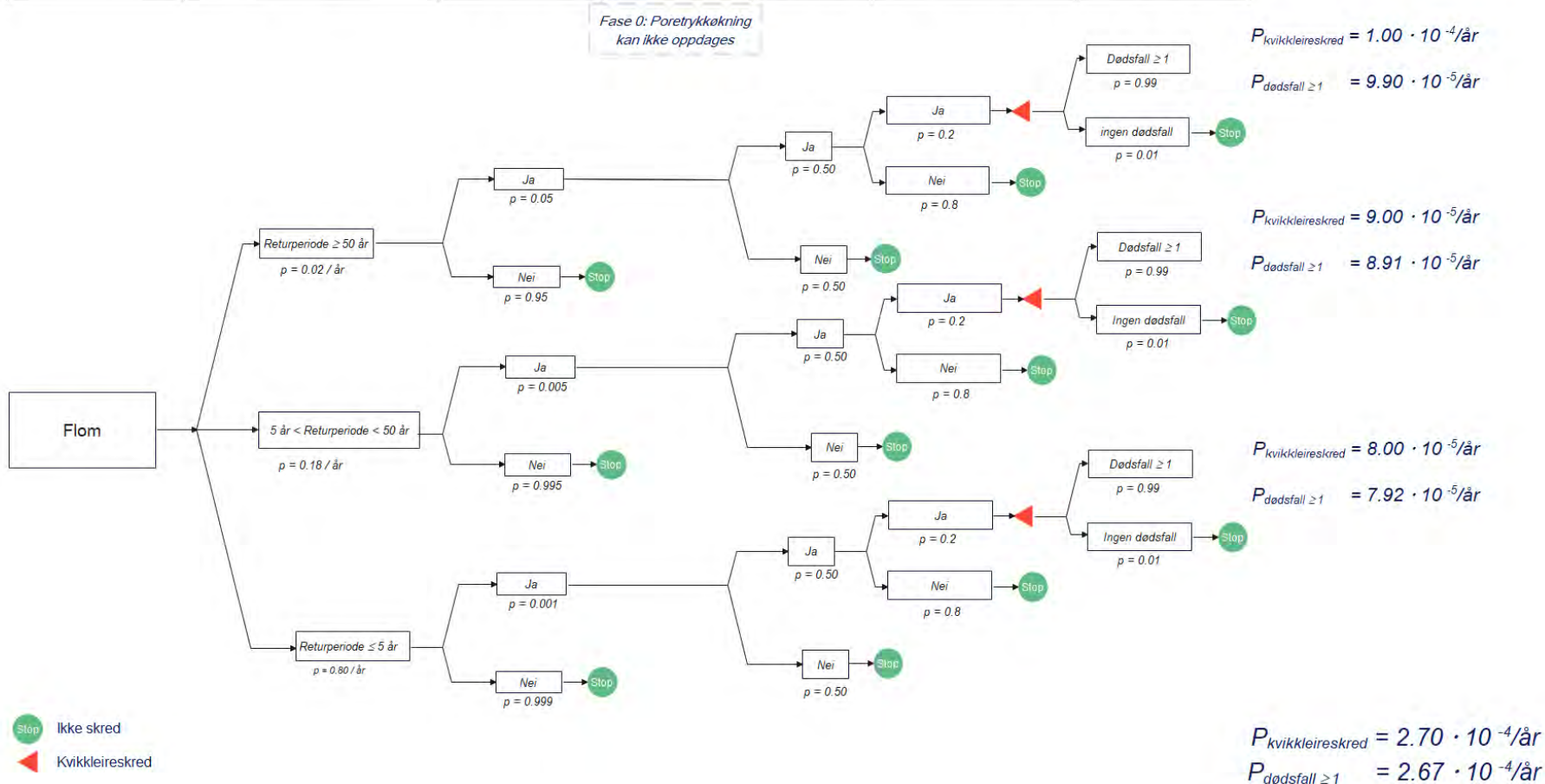
Figur D-12. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell D-12. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Som for fase 2.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Som for fase 2.
Utglijning skjer?	Med alle områdetiltakene på plass vil sannsynlighet for at en utglidning initieres reduseres ytterligere. Det var stor enighet i at sannsynligheten da vil være nesten umulig: $p = 0,001$, både hvis utgravingen oppdages og hvis den ikke oppdages. Man kunne ha differensiert mellom de to grenene, men p -verdien allerede er så lav. I følge tabellen med sannsynlighetsbeskrivelser i Vedlegg C, bør man sjelden bruke tall lavere enn 0,001. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Som for fase 2
Skred forårsaker tap av liv?	Som for fase 2
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,00 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,90 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Flomhendelse?	Returperiode av flom/ nedbør?	Kritisk poretrykkøkning?	Poretrykk oppdages?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur D-13. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell D-13. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	<p>Initierende hendelse. De som representerte Moss kommune hadde ikke kjennskap til om det hadde skjedd skred/utglidning i forbindelse med de store nedbørmengdene i 2000 i kommunen. I år 2000 ble det ikke registrert utglidninger av betydning, noe som indikerer at det er lite sannsynlig at nedbør kan initiere en utglidning. Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold.</p>								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	<p>For flomhendelser ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene dekker alle mulige nedbørhendelser, fra ingen flom til ekstreme flom. Flom med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre område for denne analysen. Etter diskusjon ble nedbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake kritisk poretrykkøkning som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre har som laveste gren med en årlig sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Kritisk poretrykkøkning?	<p>Gruppen uttrykte at det var sannsynlig at delområdet Kransen har erfart en 50-års flom i løpet av de siste 100 år. En statistisk beregning tilsier at sannsynligheten for at en 50-års flom skjer i løpet av 100 år ligger på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Gruppen var usikker på hva som vil skje dersom det blir flom med en returperiode ≥ 50 år, men mente at det var usannsynlig til veldig usannsynlig at det vil oppstå et kritisk poretrykk i skråningen pga. flom (så $p = 0,05$). For den laveste flomkategorien (RP ≤ 5 år), ble det ansett som nesten umulig at poretrykkene vil være kritiske ($p = 0,001$). For den midtre grenen ble det valgt en sannsynlighet inn i mellom ($p = 0,005$). Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Poretrykk oppdages?	<p>Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0.</p> <p>Det var ikke installert poretrykksmålere i 2000, så hvordan poretrykksituasjonen var i 2000 vet man ikke. Enighet om at dersom det skjer en kritisk poretrykkøkning vet man ikke hva som kan skje. Dette leddet hoppes over i fase 1.</p>								
Utglidning skjer?	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom uoppdagete kritisk poretrykk utvikles i skråningen, så blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert), for alle tre flomreturperiodekategorier. Som nevnt, i år 2000 var det veldig mye nedbør, og det ble ikke registrert utglidninger av betydning, men det var ikke, antagelig, en 50-år (eller høyere) flom.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Det vurderes som mindre sannsynlig at det oppstår et kvikkleireskred selv om man får en utglidning ettersom det er mye sand i toppen på Kransendelområdet. Hvis massene begynner å bevege seg vil noen glideflater kunne bli forbedret, mens andre glideflater vil kunne bli forverret. Det ble valgt en sannsynlighet på $p = 0,2$ (usikker til usannsynlig) for at en utglidning utløser et stort kvikkleireskred. Tallet gjelder for all tre returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>								

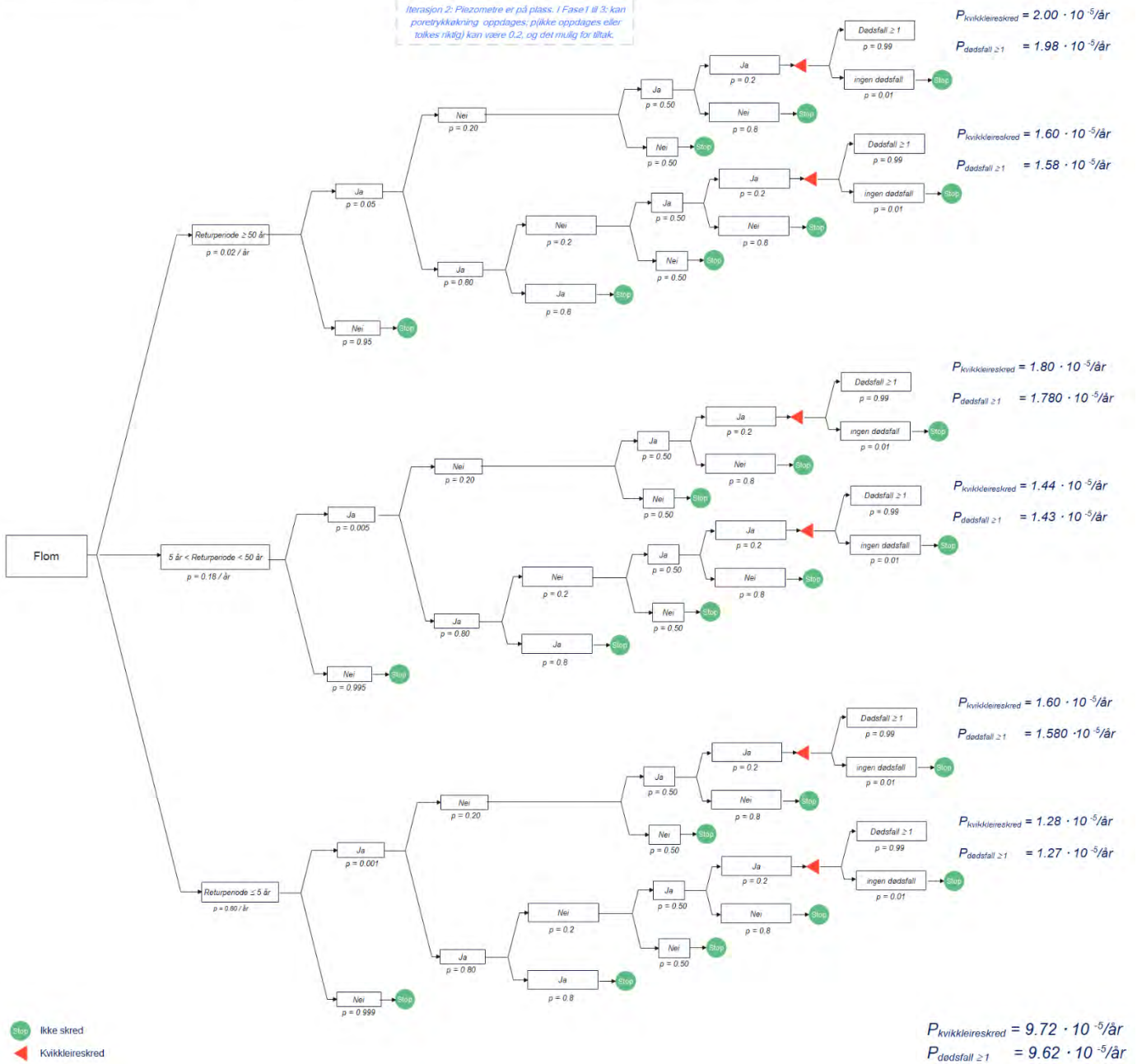
Hendelse	Forklaring
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,70 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,67 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Flomhendelse?	Returperiode av flom/nedbør?	Kritisk poretrykkøkning?	Poretrykk oppdages?	Tiltak iverksettes og er vellykket?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------	------------------------------	--------------------------	---------------------	-------------------------------------	-------------------	--	------------------------------

Iterasjon 2: Piezometre er på plass. I Fase 1 til 3; kan poretrykkøkning oppdages; p ikke oppdages eller tolkes riktig kan være 0,2, og det mulig for tiltak.

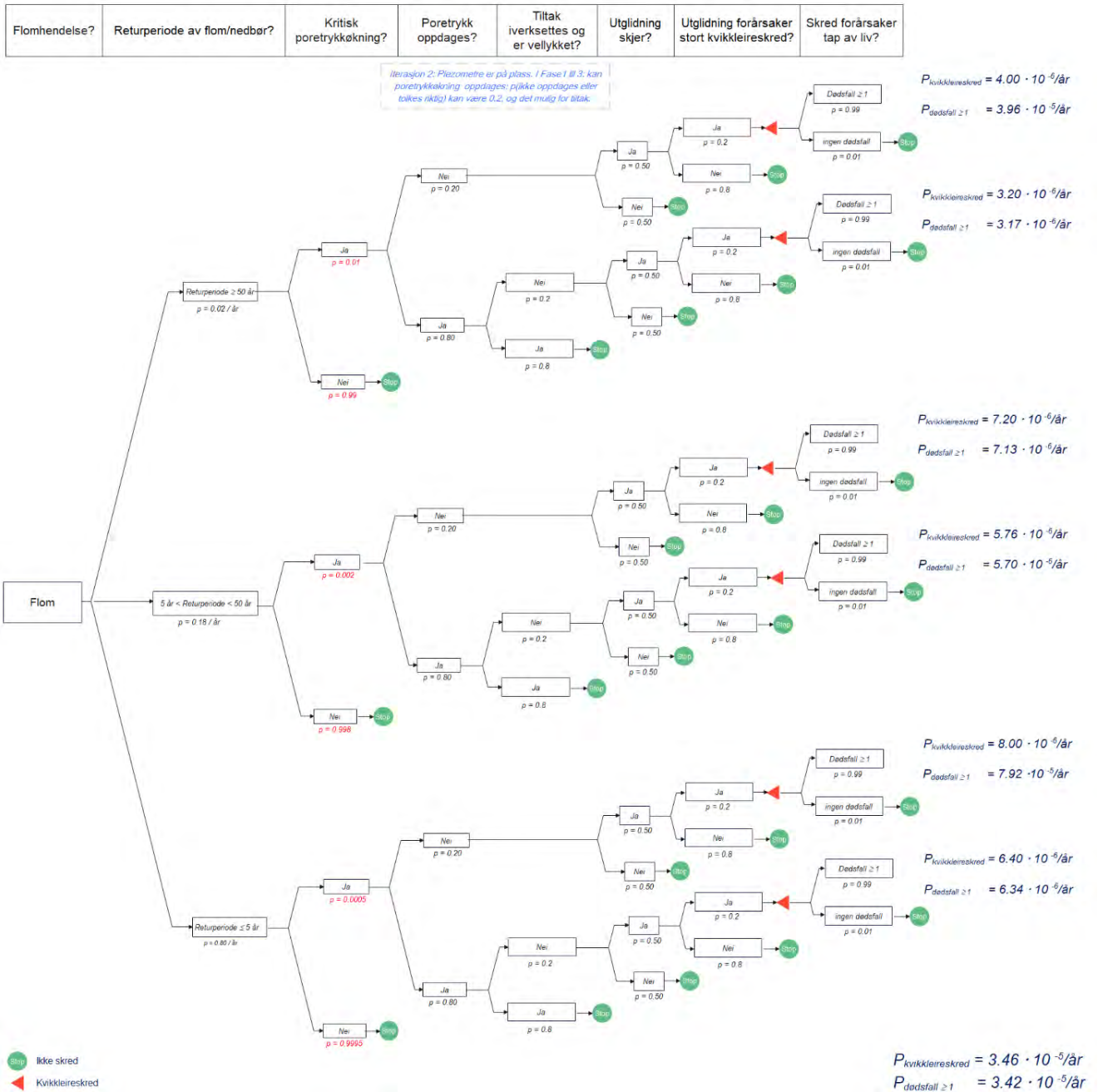


Figur D-14. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell D-14. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 0. Hendelsestreet har derimot ett ekstra ledd sammenlignet med treet for fase 0.
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 0.
Kritisk poretrykkøkning?	Samme som fase 0. Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0. Det ble gjort to iterasjoner. I den første iterasjon ble et hendelsestre som under fase 0 brukt, uten at en poretrykkøkning kunne oppdages. I iterasjon 2 er det tatt hensyn til at piezometre er på plass (fra fase1 til 3), og at poretrykkøkning kan oppdages. Hvis poretrykkøkning oppdages kan det iverksette tiltak for å motvirke poretrykkøkningen. Kun iterasjon 2 er vist i Figur D14.
Poretrykksøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Det ekstra leddet ble lagt inn fordi det er poretrykkmålere på plass, og fordi poretrykkøkningen vil skje over noen dager eller uker. Med tid, er det reelt mulig å iverksette tiltak. Sannsynligheten for at poretrykkøkning ikke oppdages eller ikke tolkes riktig er mellom 'usannsynlig og veldig usannsynlig' ($p = 0,2$). Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hvis poretrykkøkningen ikke oppdages går grenen direkte til utglidning.
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Hvis poretrykkøkning oppdages, er sannsynligheten for at tiltak iverksettes og er vellykket er 'sannsynlig' ($p = 0,8$), med muligens til og med tid til varsling. Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0-
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0-
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 9,72 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,62 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"
Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

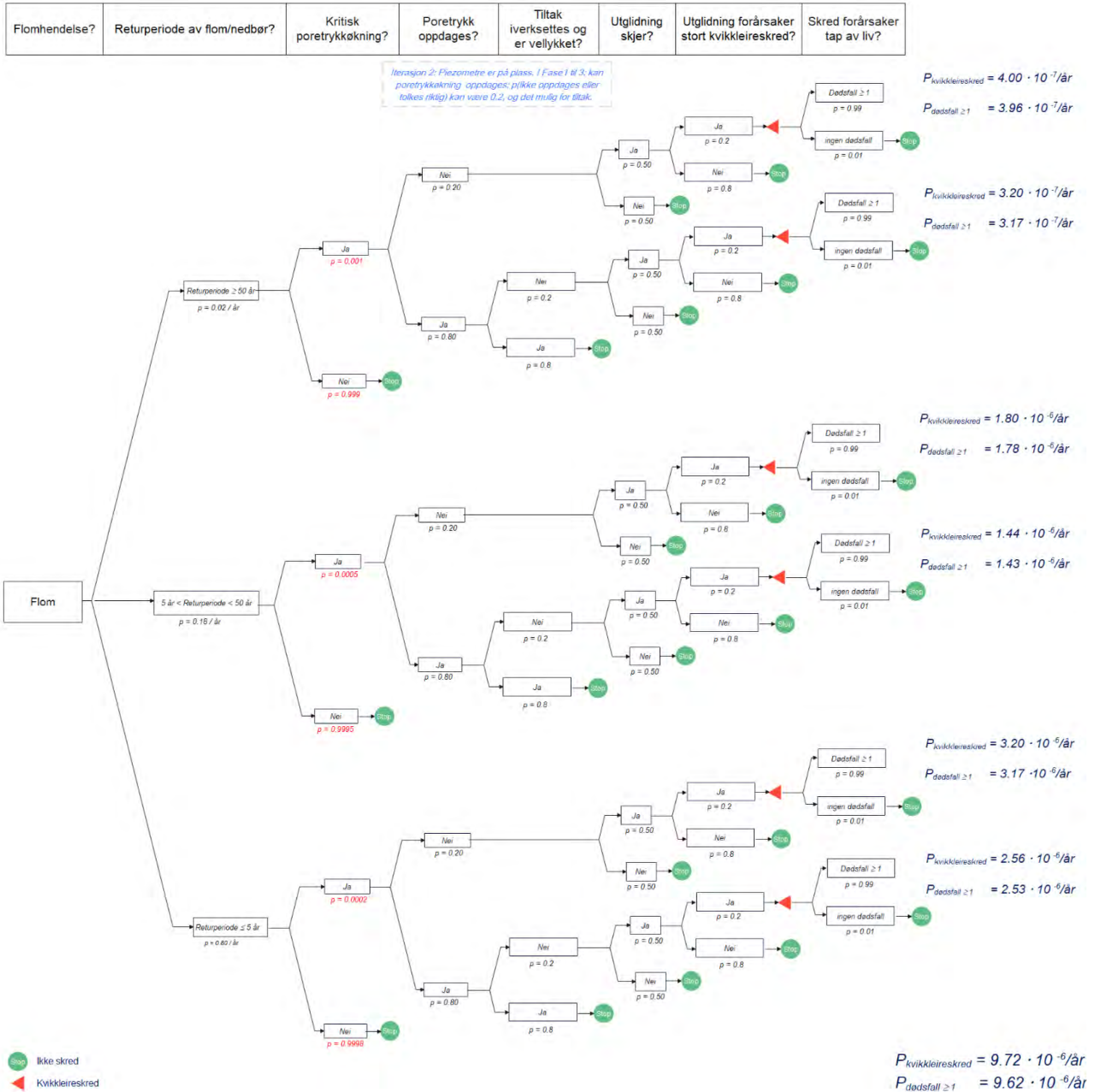


Figur D-15. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell D-15. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 1. Hendelsestreet er det samme som i fase 1.								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 1.								
Kritisk poretrykkøkning?	Nå at deler av områdetiltak på Kransen er på plass er det mye mindre sannsynlig at et kritisk poretrykk bygges opp. Sannsynlighetene for en kritisk poretrykkoppbygging når deler av områdetiltakene på Kransen er på plass ble valgt som: <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,002$</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning	≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,002$	≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)
Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning								
≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,002$								
≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
Poretrykksøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Samme som fase 1.								
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Samme som fase 1.								
Utglidning skjer?	Samme som fase 1-								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1-								
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,46 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,42 \cdot 10^{-5}/\text{år}$								

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"
Alle områdetiltak på plass



Figur D-16. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell D-16. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreakseanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 2. Hendelsestreet er det samme som i fase 1.								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 2.								
Kritisk poretrykkøkning?	Nå at alle områdetiltakene i hele faresonen MOSS havn er på plass er det enda mindre sannsynlig at et kritisk poretrykk bygges opp. Sannsynlighetene for en kritisk poretrykkoppbygging når alle områdetiltakene er på plass ble vurdert som: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,0005$ (noe lavere)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,0002$ (enda lavere)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning	≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (noe lavere)	≤ 5 år	$p = 0,0002$ (enda lavere)
Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning								
≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (noe lavere)								
≤ 5 år	$p = 0,0002$ (enda lavere)								
Poretrykkøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Samme som fase 2.								
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Samme som fase 2.								
Utglidning skjer?	Samme som fase 2.								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.								
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 2.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 9,72 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,62 \cdot 10^{-6}/\text{år}$								

Tabell D-17. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA-ledning?	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Brudd på VA-ledninger/overvannsledning: gjelder alle trykksatte ledninger, trykksatte hovedledning eller spillvann/kloakk. Det er mindre trykksatt i spillvann/kloakkledninger. Moss kommune sier at de har hatt ett brudd på 8-10 år (det var et brudd på en av de gamle ledningene for ca. 15-20 år siden). Det har ikke vært veldig mange brudd i Kransen-delområdet i forhold til andre deler av kommunen. Generelt i kommunen har det vært ca. 10 ledningsbrudd i året (kart over vannledninger i Vedlegg A). Hvor ofte kan et brudd i VA-ledninger skje? Én gang pr. 5 år ($p = 0,2/\text{år}$) ble det enighet om til slutt, etter diskusjon. Imidlertid skal det være mye anleggsaktivitet i området fremover, så bruddfrekvensen kan øke.</p>
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	<p>Hva skjer ved brudd? Utvasking av grunnen, økt poretrykk. Det oppdages ved at man mister trykket i vannledningen eller at vannet kommer opp på overflaten. Vannledningene er fra 100 til 350 mm på Kransen, så det kan komme store mengder vann opp. Mindre lekkasjer oppdages ikke, men større lekkasjer oppdages dersom folk mister vannet i krana eller man ser at vannet kommer opp. Pumpeledning spillvann: maks. 600 mm. I følge kommunen, oppdages de fleste lekkasjer. Flere ringer inn og varsler.</p> <p>Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 10\%$ (usannsynlig). Moss kommune mener at det stor sannsynlighet for at lekkasje på trykksatte ledninger oppdages, så $p = 90\%$.</p>
Er tiltak vellykket?	<p>Gjelder kun hvis lekkasje er oppdaget. Hvis oppdaget er det veldig sannsynlig at tiltaket blir vellykket ($p = 0,99$, veldig sannsynlig). Hendelsestreet stoppes dersom tiltak er vellykket.</p>
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	<p>Erosjon på innsiden av Fjordveien er mest kritisk. Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Dersom erosjon ikke skjer må vannet gå rett i en avløpsledning: Minste motstands vei. I de fleste tilfeller vil det følgelig skje erosjon. Moss kommune mener at det er stor sjanse for at det oppstår destruktiv erosjon/indre erosjon dersom lekkasjen ikke oppdages. Etter diskusjon ble det vurdert at hvis lekkasje ikke oppdages i løpet av 12 timer, er det sannsynlig ($p = 0,90$) at destruktiv erosjon vil skje. Derimot, hvis lekkasje er oppdaget og tiltak er satt i gang, reduseres sannsynligheten for erosjon til $p = 0,50$ (usikkert).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>
Utglidning skjer?	<p>Dersom det vaskes ut i et område med kvikkleire (SF = 1.0) skal det ikke mye til før det vil kunne forplante seg bakover. Samtidig, ledninger er som regel lagt i en grøft med bedre masser enn stedlige dersom de stedlige er bløt leire. Nyere ledninger er det tilbakefylt med gode masser. Selv om destruktiv erosjon skjer ble det ansett som usannsynlig at en utglidning av stor betydning ville skje ($p = 0,10$), både for oppdaget og ikke oppdaget lekkasje.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynlighets estimater for at en utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred gikk fra $p = 0.9$ (sannsynlig) til 0,5 (usikkert) til 0,1 usannsynlig.</p> <p>Utglidning Søndre planovergang ved arbeider i 90-tallet; utglidning Nyquist gate 5A; utglidning Rockwool på 50-tallet; utglidning Moss havn 00-tallet; utglidning Moss havn 80-tallet (Hans Lyshaugen).</p> <p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er avhengig av at en utglidning har først skjedd. Det ble vurdert som usannsynlig at et stort kvikkleireskred skjer. Derfor ble $p = 0,1$.</p>

Hendelse	Forklaring
	<p>Det ble en diskusjon om en sannsynlighet på 0,10 var for lav. Dersom vannet greier å vaske ut 1 til 1,5m, mistes motvekt langs en glideflate som da kan medføre et brudd. På den annen side er dette et område som har vært utsatt for stor fysisk aktivitet de siste 100-200 årene. Likevel har det ikke gått et stort skred. Det sier noe om konservatismen som ligger inne. Det er også ganske inhomogene forhold som gjør at innledende utglidninger stopper opp/begrenser videre skredutvikling. Sannsynligheten $p = 0,1$ ble beholdt.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,89 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,87 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

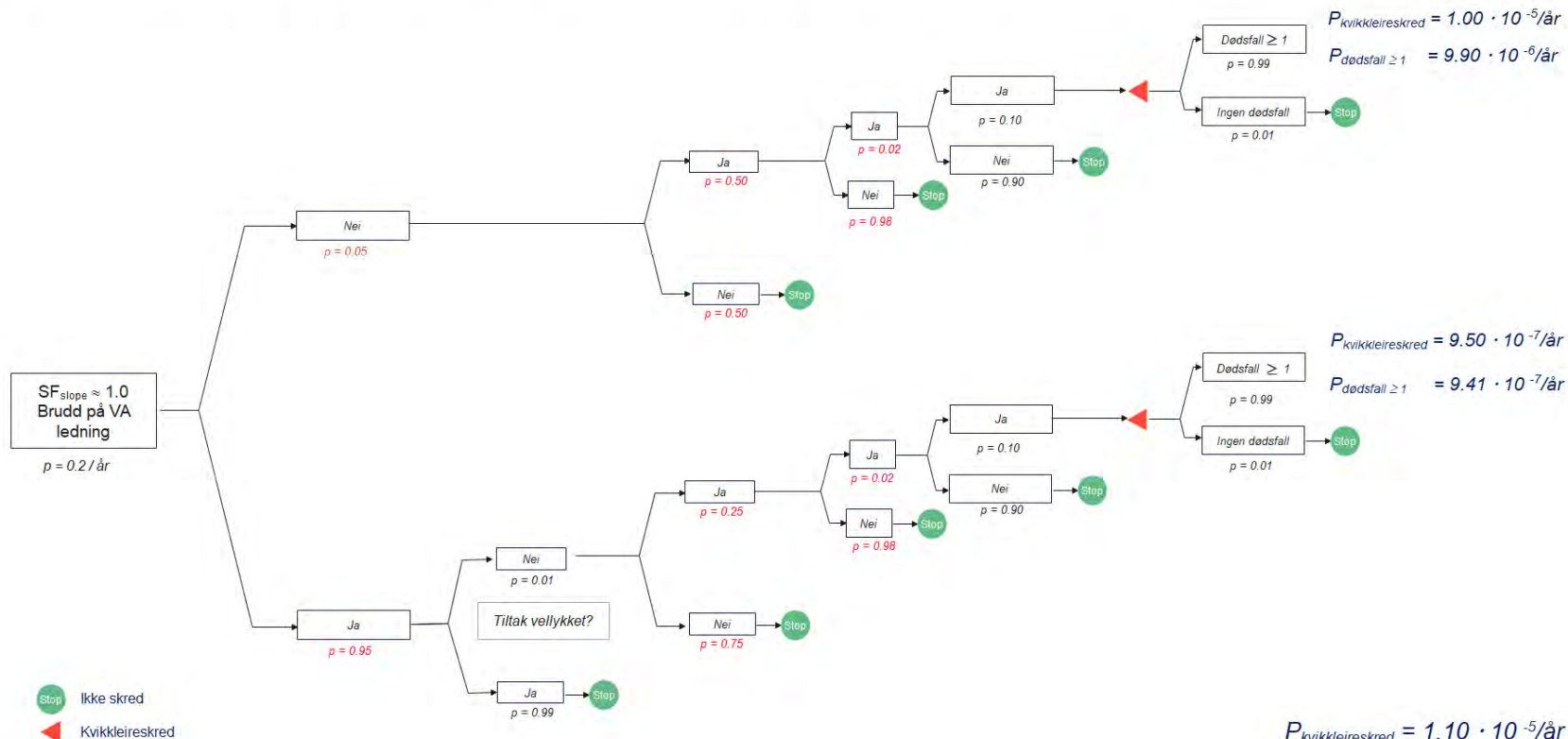
Tabell D-18. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA- ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 0.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Det er nå flere folk på stedet, de er mer bevisst, od det blir mange flere visuelle observasjoner. Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), fordi det er flere folk som er opptatt av observasjoner og betydningen av et brudd på vannledning. .
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 0.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skrånings- stabilitet) skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighets- beregning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 9,95 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,85 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

KRANSEN - SF=1.0 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Avgraving, motfylling, jetpeler/ribber, permanente støttekonstruksjoner/vertikaldren

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



$P_{\text{kvikkleireskred}} = 1.10 \cdot 10^{-5} / \text{år}$
 $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1.08 \cdot 10^{-5} / \text{år}$

Figur D-19. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell D-19. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA-ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Samme som i fase 1.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 1.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	Nå at deler av områdetiltak på Kransen er på plass reduseres sannsynligheten for destruktiv erosjon fra 'sannsynlig' til 'usikkert': p reduseres fra $p = 0,90$ til $p = 0,50$. Hvis lekkasjen oppdages, reduseres sannsynligheten fra $p=0,50$ til $p = 0,25$.
Utglidning skjer?	Med samme logikk, reduseres sannsynligheten for at en utglidning skjer fra usannsynlig til veldig usannsynlig (nesten), og p settes til 0,02, både om lekkasjen oppdages eller ikke (fordi ikke alle områder tiltak er nødvendigvis på plass).
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,10 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,08 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

Tabell D-20. KRANSEN – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA-ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 2.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Samme som i fase 2.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 2.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	Samme som fase 2.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltak på plass reduseres sannsynligheten for at en utglidning skjer til veldig usannsynlig, og p settes til 0,01. Med alle områdetiltak på plass, hvis lekkasjen er oppdaget men tiltak er delvis eller ikke vellykket, men noen forbedring har skjedd, anses det som mellom veldig usannsynlig og nesten umulig at en utglidning vil skje ($p = 0,005$).
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,24 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,19 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

VEDLEGG E HENDELSESTREANALYSER FOR DELOMRÅDET MOSS HAVN

E1 Oversikt over analyser

Plansje E-1 gir en oversikt over analysene som er gjennomført med hendelsesanalysemetodikken som ble gjennomført.

Plansje E-1 Hendelsestreanalyser for Delområde Moss havn - FS= 1,2

Scenario	Figur nr	Tabell nr
Nedbør, overflatevann, erosjon	E1a, b	E1
Havneaktivitet i løpet av ett år	E2a, b, c	E2
Havneaktivitet, ikke prosjektert	E3a, b, c	E3
Havneaktivitet, søknadspliktig*	E4a, b, c	E4
Skade på støttekonstruksjon	E5a, b, c	E5
Stormflo (Flom)	E6a, b, c	E6
Brudd på vannledning (under bakken)	E7a, b, c	E7
Strøm og bølgelast på sjøbunn	E8a, b	E8
Skipskollisjon mot kai/havneinstallasjoner	E9a, b	E9

Trærne er vist i fortløpende figurer for hver bruddmekanisme eller -årsak, for fase 0, fase 1, fase 2 og fase 3. En forklaringstabell der sannsynlighetsverdiene som er valgt i konsensus er forklart følger for hvert scenario. Analysene er gjennomført med beste estimat av sannsynlighetsverdier i hver node i hendelsestrærne. I enkelte tilfeller er sensitivitetsanalyser gjort etter anbefaling fra workshopdeltagerne. Resultater fra de enkelte sensitivitetsanalyse er vist i forklaringstabellene.

I alle trær er sannsynlighetsverdiene for fase 0 vist i sort. For fase 1, 2 og 3 er endringer i sannsynlighetsverdiene i forhold til fase 0 vist i rødt. Vanligvis er resultatet fra den siste iterasjonen vist. Iterasjonene er omtalt i forklaringstabellene. Ellers inneholder tabellene flere detaljer. De respektive forklaringstabeller nevner om flere iterasjoner ble gjort. Alle iterasjoner er tilgjengelige på NGIs digitale prosjektområdet, hvis det skulle være behov for å gå tilbake til enkelte av analysene.

E2 Resultat fra analysene

Plansje E-2 viser beregnet årlig skredsannsynlighet pr mekanisme eller årsak og den beregnede totale årlige sannsynlighet for et stort kvikkleireskred og for minst ett dødsfall for delområdet Kransen. Den samme oppsummeringsplansjen finnes i Seksjon 5 i rapportens hovedtekst.

Plansje E-2. Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn – Delområde MOSS HAVN - FS= 1,2
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

Fase 0	Før BN startet arbeidene i Moss
Fase 1	Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
Fase 2	Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
Fase 3	Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Ingen opprinnelig; det er nå installert poretrykks- helningsmålere på havnen for å fange opp endringer i poretrykk som kan være indikasjoner på udrenerte spenningsendringer, og fange havneaktivitet som kan være kritisk.

a) $P_{kvikkleireskred}$

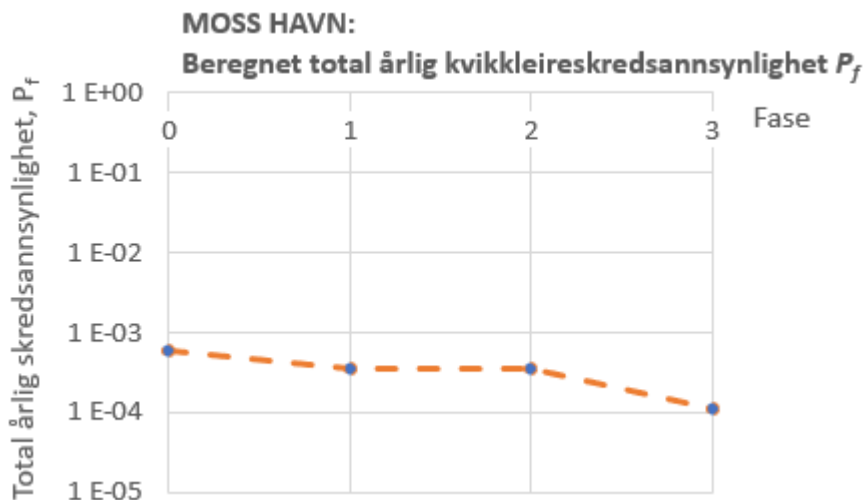
Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflatevann, erosjon	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet i løpet av ett år	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet, ikke prosjektert	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Havneaktivitet, søknadspliktig*	$4,0 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Skade på støttekonstruksjon	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$
Stormflo (Flom)	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$5,9 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$
Strøm og bølgelast på sjøbunn	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Skipskollisjon mot kai/havneinstallasjoner	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet -sum	$6,0 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$3,6 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$

* Ikke relevant i de neste 5 år. Ikke tatt med i summen av sannsynligheter

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

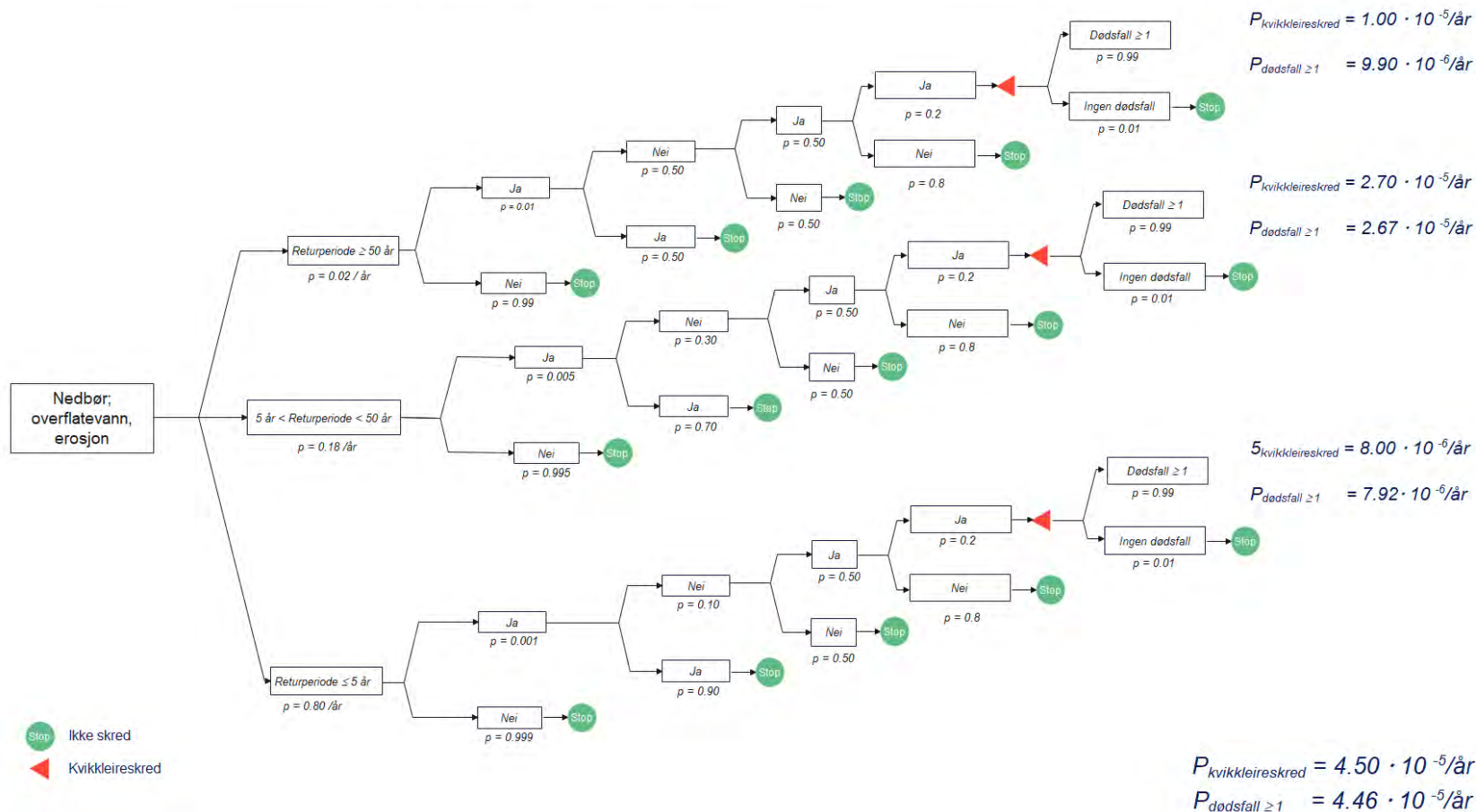
b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflatevann, erosjon	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet i løpet av ett år	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Havneaktivitet, ikke prosjektert	$2,5 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-8}$
Havneaktivitet, søknadspliktig*	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-5}$
Skade på støttekonstruksjon	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$
Stormflo (Flom)	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Strøm og bølgelast på sjøbunn	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$	$7,9 \cdot 10^{-5}$
Skipskollisjon mot kai/havneinstallasjoner	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet -sum	$5,9 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$



MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0, 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

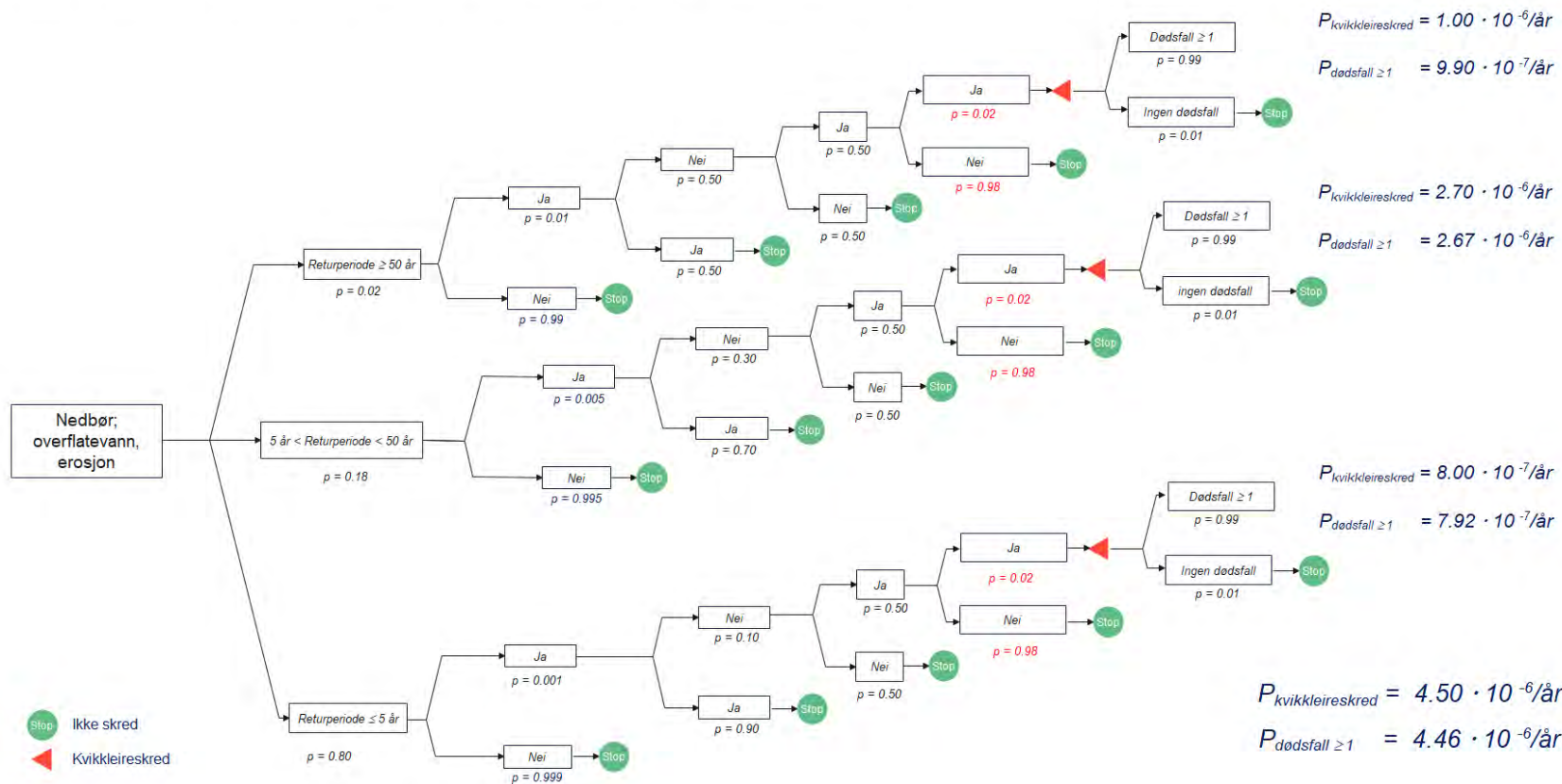
Nedbør; overflatevann; erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet)	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	---	--	-------------------	--	------------------------------



Figur E-1a. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"
Alle områdetiltak på plass

Nedbør; overflatevann; erosjon	Returperiode av "nedbørhendelse"?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet)	Utbedres? (tiltak settes i gang og er vellykket)	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	-----------------------------------	---	--	-------------------	--	------------------------------



Figur E-1b. Moss havn – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

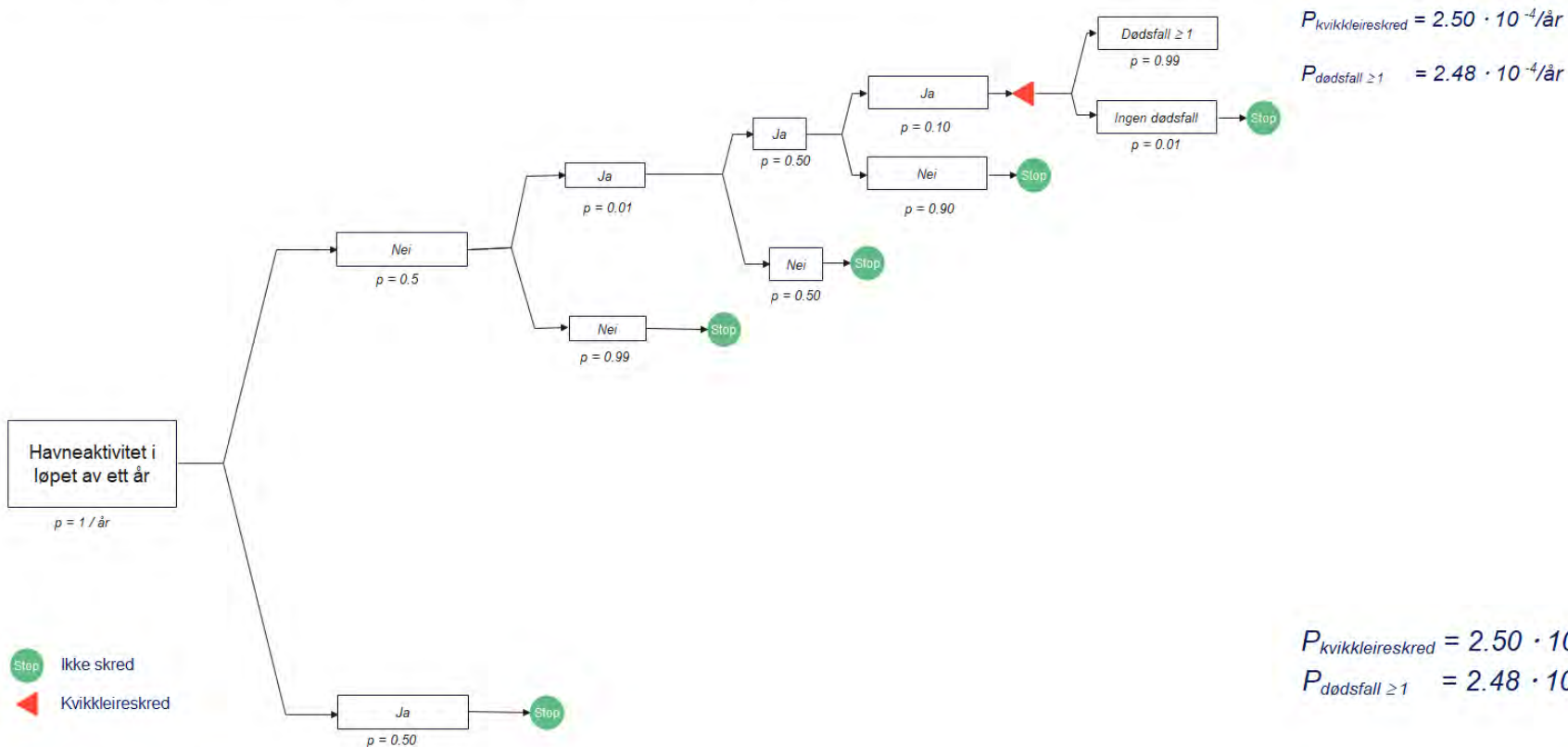
Tabell E-1. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0, 1, 2 og 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	<p>Initierende hendelse. Tre iterasjoner ble gjort. Resultatet av tredje iterasjonen er vist herinn. Sommer/høst 2022 ble nye poretrykks -og helningsmålere installert i de mest kritiske områder. Dette scenariet omfatter overvannsledninger, lukkede bekker (lekkasje, tilstopping), vann på avveie, erosjon. Det ble vurdert at det er større sannsynlighet for erosjon ved vann på avveie enn økt poretrykk ved ekstrem nedbør (se også hendelsestreet for Flom). Overvannsystemet er dimensjonert for 25 års nedbør + klimafaktor.</p>								
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	<p>For denne skredårsaken ble det bestemt å dele værspekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene skal dekke alle mulige nedbørhendelser, fra ingen nedbør til ekstreme nedbørhendelser. Nedbør med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre gren for denne analysen. Etter diskusjon ble medbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake betydelig (destruktiv) erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre tas som laveste gren med en sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = $0,02/$år)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = $0,02/$ år)	$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = $0,02/$ år)								
$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	<p>Gruppen uttrykte at det var sikkert at delområdet Kransen har erfart en 50-års nedbørhendelse i løpet av de siste 100 år. Statistiske beregninger sier at sannsynlighet for at en 50-års storm skjer i løpet av 100 år er på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Erfaringer fra at det ikke skjer veldig mye erosjon. Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold. Det ble stilt spørsmål om mekanismen med overflatevann og erosjon var relevant for Moss havn delområdet. Det er ikke mye der som kan eroderes, litt i sør-enden, muligens. På Kransen, under RP ≥ 50 år, var $p = 0.70$. Dette reduseres til $p = 0,01$ (veldig usannsynlig). Enkelte argumenterte for 'nesten umulig ($p = 0,001$). En sannsynlighet på $p = 0.01$ ble valgt til slutt som konsensus-verdi.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Kan erosjon oppdages og utbedres?	<p>Spørsmålet er om erosjonsskade og/eller lekkasje oppdages i tide og at utbedringen, hvis skaden er oppdaget, er vellykket. Kommunen har eget utstyr, så de har mulighet for å utbedre erosjonsskader relativt raskt, men dersom det skjer på natta tar det lengre tid før utbedring skjer. Dersom kommunen vet at det er ekstremvær på gang så går kommunen på forhånd gjennom ev. tette sluk og stikkrenner og utbedrer dem. Dersom skader skjer ved mye nedbør på kort tid foretas ofte ikke utbedringer før stormen har lagt seg, da må man heller evakuere og vente på at nedbøren har gitt seg. Det er en del tette flater i området og derfor mindre infiltrasjon i grunnen. Etter diskusjonen var man usikker på om den destruktive erosjonen blir utbedret tidsnok: sannsynligheten p ble derfor valgt som 50% (usikkert).</p> <p>Diskusjon rundt hvorvidt det er større sannsynlighet for utbedring når det er mindre nedbørsmengder: Argument for at det er større sannsynlighet for at det blir utbedret når det er mindre nedbørsmengder er at det er mindre sannsynlighet for at det er problemer andre steder, så det er større sannsynlighet for at Fjordveien blir prioritert. Annet argumentet er at dersom det kun er lokale store nedbørsmengder, så er det mer sannsynlig at det</p>								

Hendelse	Forklaring
	<p>blir utbedring dersom det er nedbør over 50 år enn nedbør mellom 5 og 50 år. Valgte $p = 0,7$ for at skaden kan utbedres for returperioder mellom 5 år og 50 år. Men det ble ikke konsensus om tallet.</p> <p>Det er større sannsynlighet at det blir utbedring dersom det er nedbør med $RP \leq 5$ år fordi det er da færre tilfeller i kommunen som må utbedres ($p = 0.9$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom situasjonen er oppdaget og forbedret.</p>
Utglidning skjer?	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom destruktiv erosjon skjer og ikke utbedres, så blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert). En utglidning har skjedd før (militære kjøretøy som sto der og vibrerte og utløste skred i sørlige del av havnen). Det er beregnet SF lik 1,0 på Kransen, og skråningen står allikevel. På Moss havn delområdet, er den beregnet SF 1,2. Gjennom diskusjonene, kom man tilbake til usikkert, med $p = 0.5$, gitt at det har skjedd destruktiv erosjon og at situasjonen ikke ble forbedret. Sannsynlighetene er like for alle returperioder</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er nå ikke avhengig av intensitet av nedbør, men av at en utglidning har først skjedd. For alle returperioder er sannsynlighetene like. Etter diskusjon vurderes det at under erosjon, overflatevann og erosjon er sannsynligheten $p = 0,2$ (Usikkert til usannsynlig). Det vurderes noe mindre sannsynlig at et stort kvikkleireskred ikke skjer enn at det skjer. Derfor er $p < 0,5$, men ikke så lav som $p = 0,1$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,46 \cdot 10^{-5}/\text{år}$
Fase 1 og 2	<p>Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). Fase 1 og fase 2 er dermed like fase 0.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,45 \cdot 10^{-5}/\text{år}$
Fase 3	<p>Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og vil stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Faren for et stort kvikkleireskred er mindre. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles reduseres til $p = 0,02$ (veldig usannsynlig til usannsynlig).</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,50 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,45 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet i løpet av ett år"

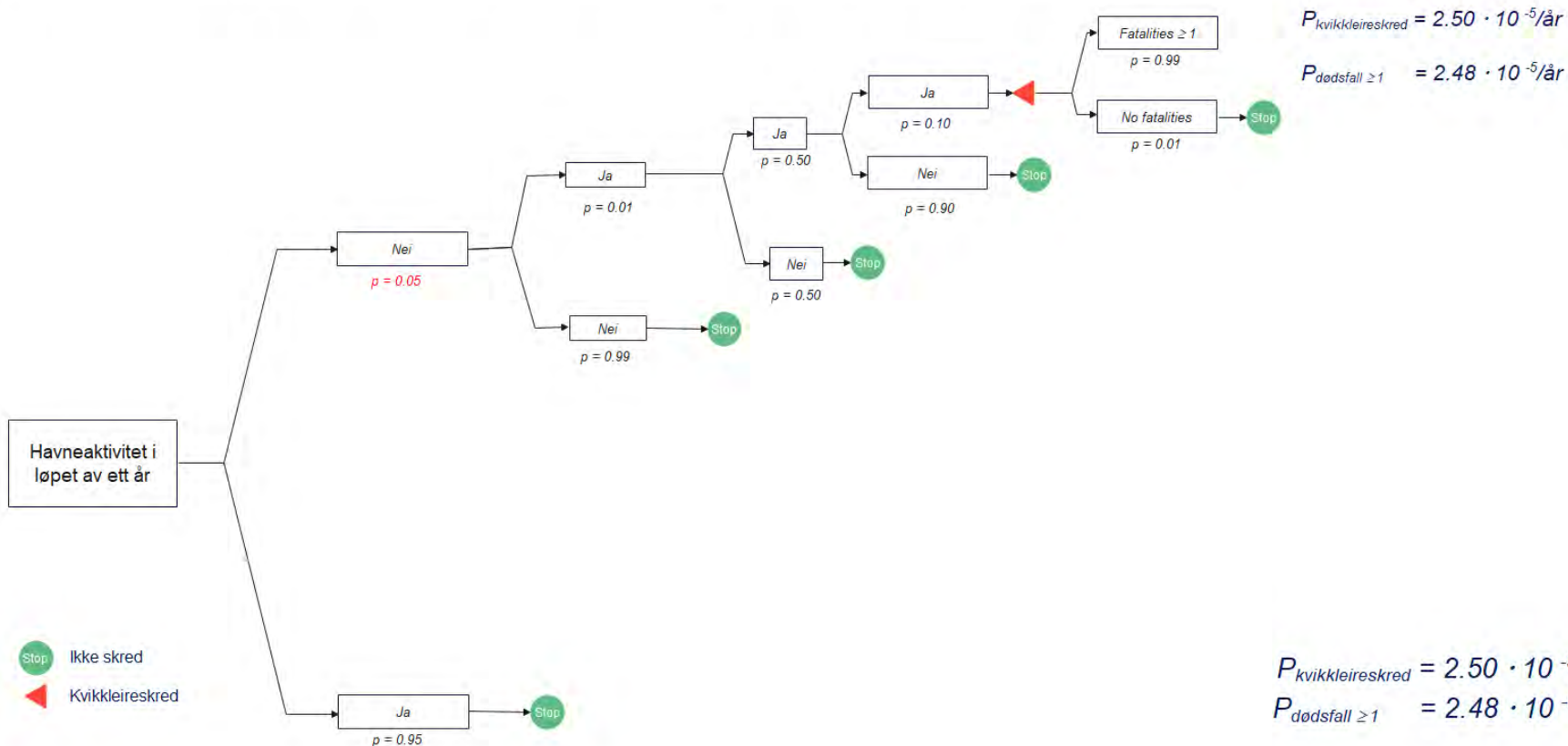
Havneaktivitet som skjer hvert år (lagre last, tunge løfter)	Belastningsplan og rutiner følges (i løpet av 1 år)	Overbelastning er mer enn 5 til 6 tonn/m ²	Utglidning skjer	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
--	---	---	------------------	---	-----------------------------



Figur E-2a. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse " Havneaktivitet i løpet av ett år"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet i løpet av ett år"
 Ingen tiltak

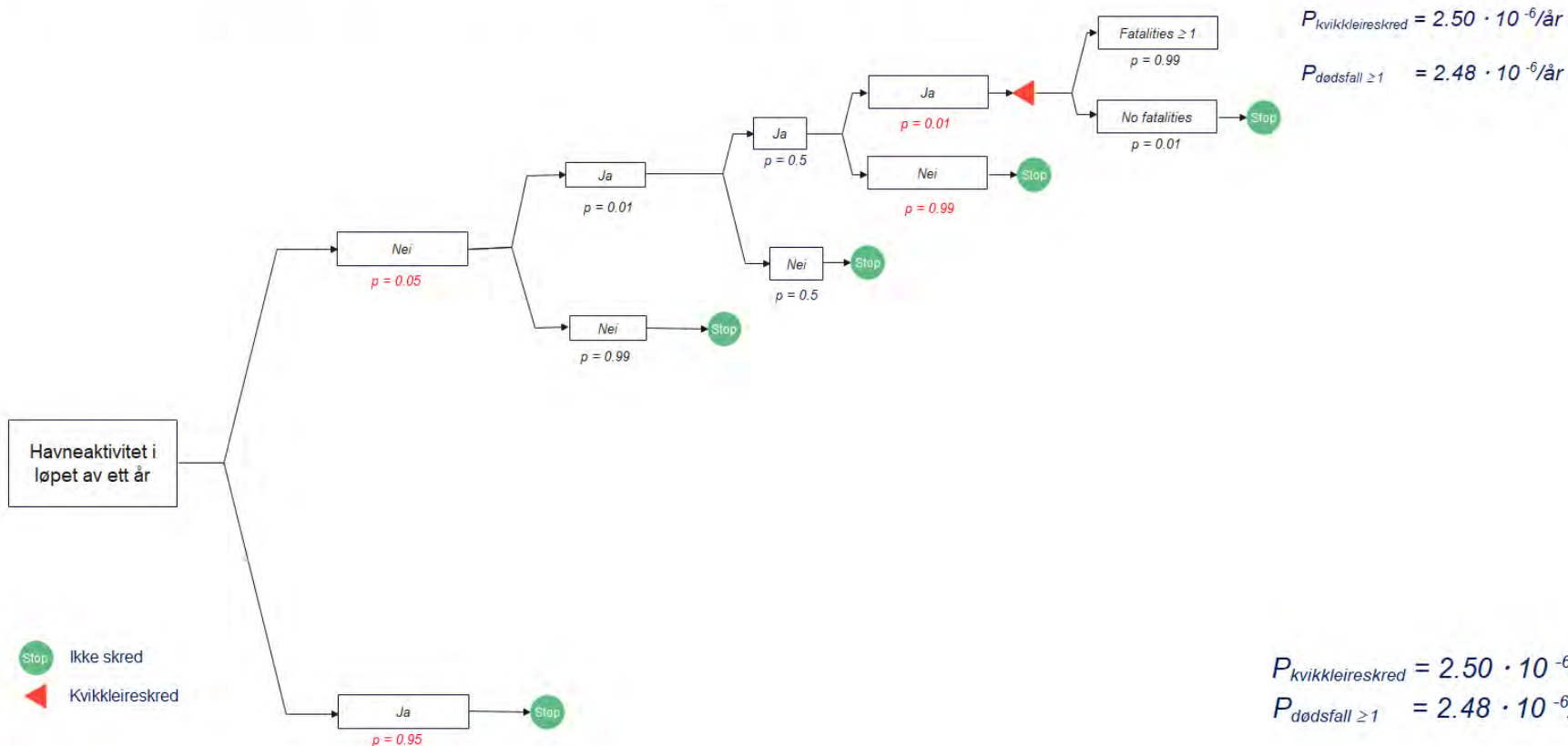
Havneaktivitet (lagre last, tunge løfter)	Belastningsplan og rutiner følges (i løpet av 1 år)	Overbelastning er mer enn 5 til 6 tonn/m ²	Utglidning skjer	Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
---	---	---	------------------	--	-----------------------------



Figur E-2b. Moss havn – SF=1,0 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet i løpet av ett år"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet i løpet av ett år"
 Alle områdetiltak på plass

Havneaktivitet (lagre last, tunge løfter)	Belastningsplan og rutiner følges (i løpet av 1 år)	Overbelastning er mer enn 5 til 6 tonn/m ²	Utglijning skjer	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
---	---	---	------------------	---	-----------------------------



Figur E-2c. Moss havn – SF=1,0 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet i løpet av ett år"

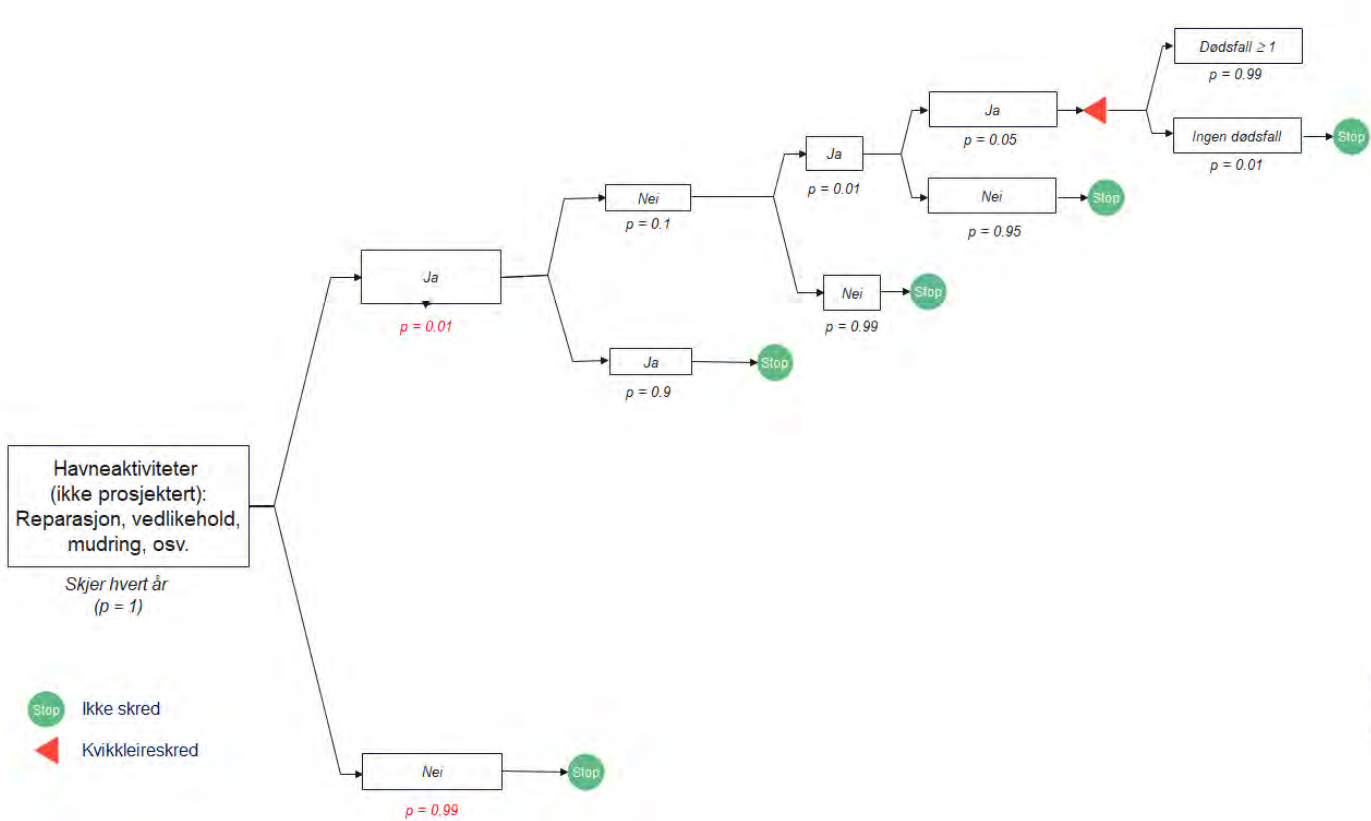
Tabell E-2. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0, 1, 2 og 3 – Hendelsestreanalyse " Havneaktivitet i løpet av ett år "

Hendelse	Forklaring
Havneaktivitet i løpet av ett år?	Initierende hendelse. To iterasjoner ble gjort. Den 1. iterasjonen er vist herinn. "Havneaktivitet", som definert under diskusjonen, skjer 1 gang/år.
Belastningsplan og rutiner følges ?	Før bevisstgjøring i forbindelse med Moss jernbane prosjektet, evaluerte spesialister fra Moss havnen at det var usikkert om belastningsplan og rutiner er fulgt (eksempel: flere containere oppover hverandre, hvorav det skal være maksimum to i høyde). Avvik (av forskjellig betydning) skjer flere ganger hvert år. Dette er basert på tidligere erfaringer. Det er svært sannsynlig at det vil skje avvik fordi det er mange personer involvert, mange som kjører "truck" og mange som skal ulike ting. Man kan ha brudd på rutinen hver dag, men først når det er brudd på belastningsplan er det en fare for områdestabiliteten. Sannsynligheten settes på usikkert: $p = 0,5$. Hvis rutiner er fulgt stoppes grenen i hendelsestreet.
Overbelastning er mer enn 5 til 6 m ² ?	Det ble beregnet på workshopen hva som må til for å belaste mer enn 5 til 6 tonn/m ² . Det ble konkludert at det var veldig usannsynlig at en slik overbelastning kan skje. Sannsynligheten ble satt til $p = 0,01$. Hendelsestreet stoppes dersom overbelastningen ikke skjer.
Utglidning skjer?	Siden man ikke vet hva som skjer dersom en overbelastning skjer blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert), med en SF på 1,2 på Moss havn delområdet. En utglidning har skjedd før (militære kjøretøy som sto der og vibrerte og utløste skred i sørlige del av havnen). Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er avhengig av en utglidning har først skjedd. Det vurderes som usannsynlig at en utglidning i dette delområdet forårsaker et stort kvikkleireskred. Sannsynlighet settes til $p = 0,1$ (usannsynlig). Det er kvikkleire i den nordlige delen, men der skjer ikke overbelastning. Sannsynligheten $p(\text{stort kvikkleireskred} \text{gitt en utglidning})$ reduseres fra 0.20 til 0.10. Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det kan være andre konsekvenser.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-4}/\text{år}$
Fase 1 og 2	Fase 1 (Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). Med økt bevissthet i fase 1, reduseres sannsynligheten for at belastningsplan og rutiner ikke følges med en faktor på 10: $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig). Fase 2 er lik fase 1.

Hendelse	Forklaring
	$P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-5}/\text{år}$
Fase 3	Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og vil stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Faren for et stort kvikkleireskred er mindre. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles reduseres til $p = 0,01$ (veldig usannsynlig). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1, 2 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, ikke prosjektert"
 Ingen tiltak

Havneaktiviteter (ikke prosjektert): Reparasjon, vedlikehold, mudring, osv.	Alvorlig feil i planlegging eller utførelse?	Oppdages og feilen rettes opp før den kan føre til utglidning?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--	--	-------------------	--	------------------------------



$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 5.00 \cdot 10^{-7}/\text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4.95 \cdot 10^{-7}/\text{år}$$

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 5.00 \cdot 10^{-7}/\text{år}$$

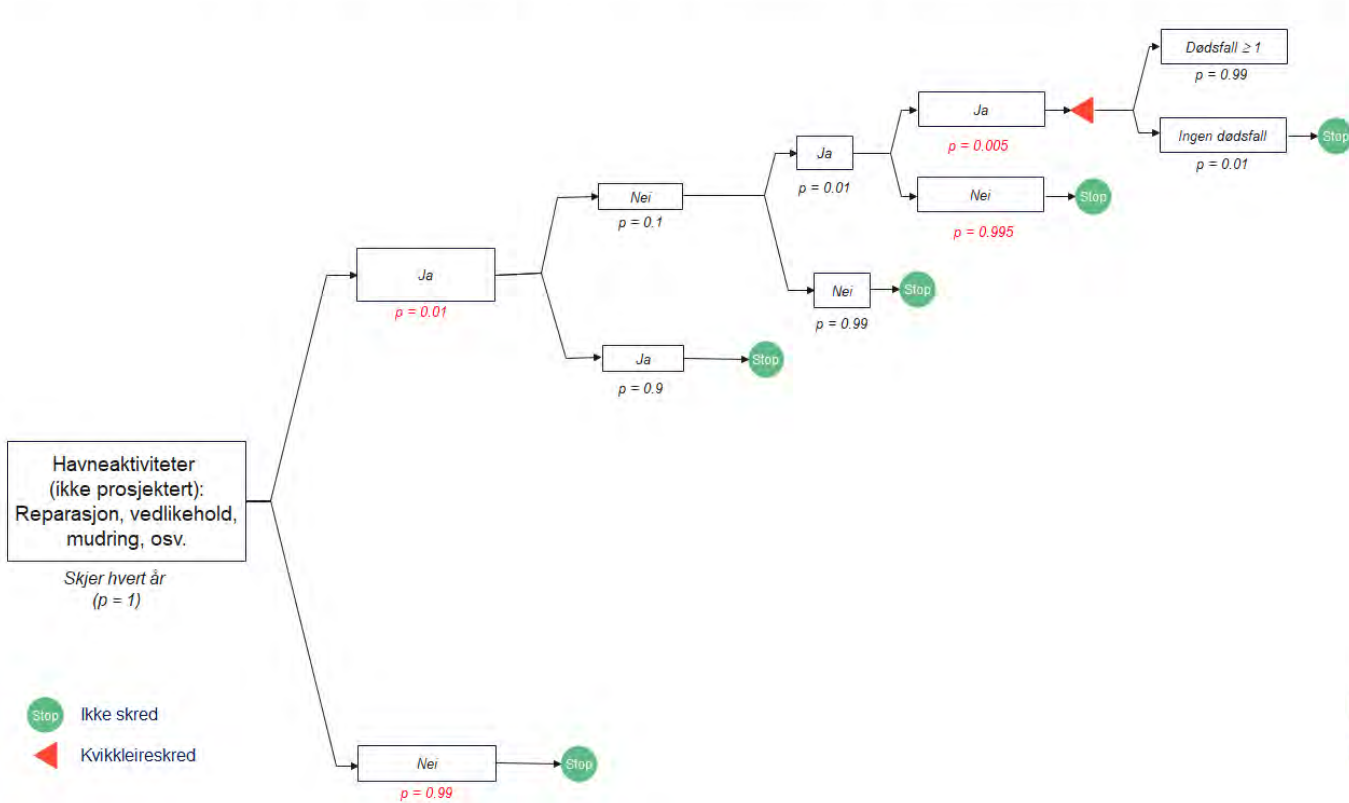
$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4.95 \cdot 10^{-7}/\text{år}$$

Figur E-3b. Moss havn – SF=1,0 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, ikke prosjektert"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, ikke prosjektert"

Alle områdetiltak på plass

Havneaktiviteter (ikke prosjektert): Reparasjon, vedlikehold, mudring, osv.	Alvorlig feil i planlegging eller utførelse?	Oppdages og feilen rettes opp før den kan føre til utglidning?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--	--	-------------------	--	------------------------------



$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 5.00 \cdot 10^{-8}/\text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4.95 \cdot 10^{-8}/\text{år}$$

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 5.00 \cdot 10^{-8}/\text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4.95 \cdot 10^{-8}/\text{år}$$

Figur E-3c. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, ikke prosjektert"

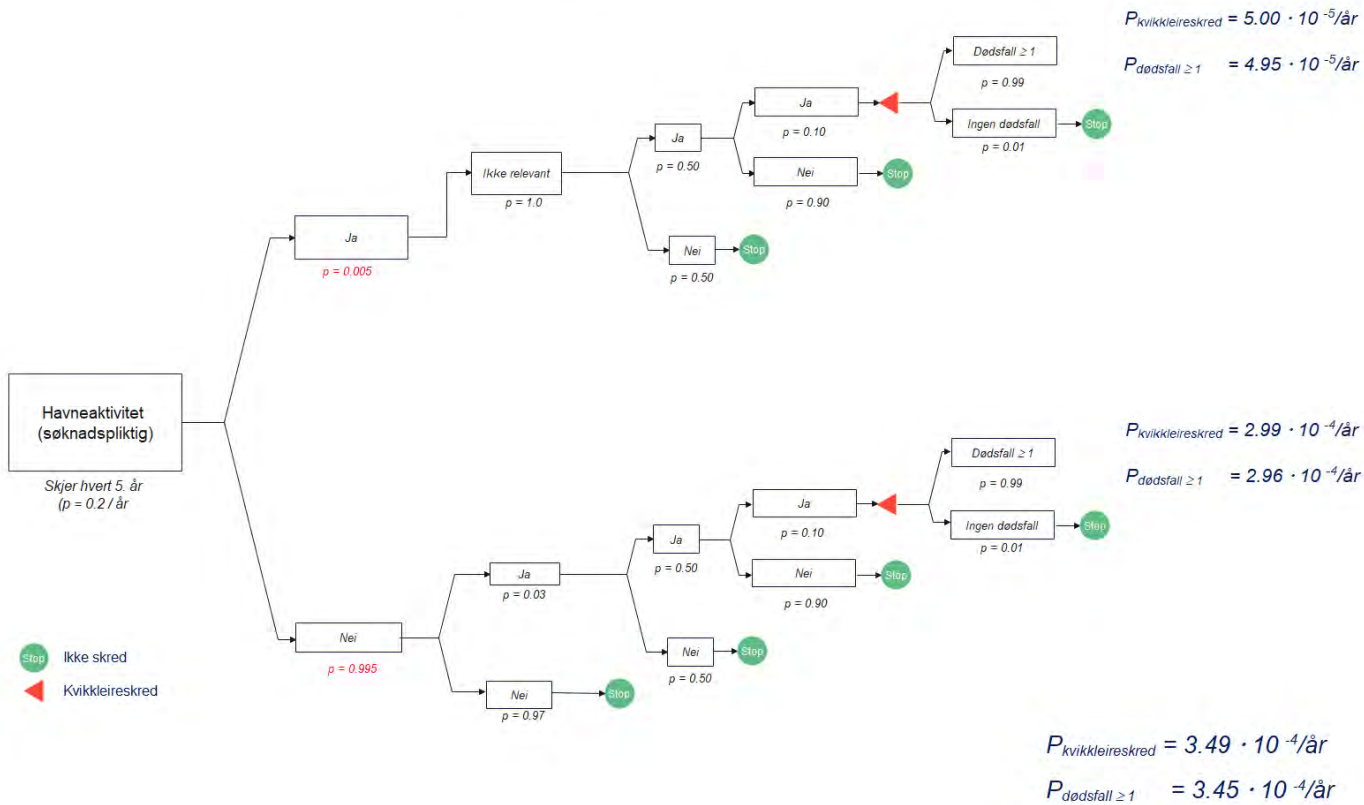
Tabell E-3. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0, 1, 2 og 3 - Hendelsestreakanalyse " Havneaktivitet, ikke prosjektert"

Hendelse	Forklaring
Havneaktivitet i løpet av ett år?	<p>Initierende hendelse. Aktivitetene er ikke prosjektert, det omfatter reparasjon, vedlikehold, nybygg, spunting, erosjonssikring, mudring, osv. Mudring, spunting, nybygg prosjekteres. Reparasjoner (f.eks. asfaltering), vedlikehold krever ikke prosjektering/søknader. Moss Havn tar ofte kontakt med geoteknikk. Gjør noe reparasjonsarbeid uten prosjektering. Typisk, utbedring av erosjon/synkehull og diverse mindre skader. Moss Havn belaster områdene mindre enn tidligere, noe som er gunstig for stabiliteten. Det er mye større fokus i dag enn det var tidligere fra havna sin side vedr. problemstillinger knyttet til erosjon og belastning av havnearealet.</p> <p>Hvor ofte skjer reparasjonsarbeider/havneaktivitet/vedlikehold? Det er årlig en eller annen form for vedlikeholdsarbeider på havna. I mindre grad prosjekteres disse vedlikeholdsarbeidene, men det planlegges på et eller annet nivå. Vanligvis kommer det kun én lastebil av gangen for å legge ut plastring stein dersom erosjonsskader skal utbedres, men det kan jo ikke utelukkes at det kan komme flere lastebillass av gangen uten at det er planlagt.</p> <p>For analysen, settes at disse rutineaktiviteter skjer 1 gang/år.</p>
Alvorlig feil i planlegging eller utførelse?	<p>Før bevisstgjøring i forbindelse med Moss jernbane prosjektet, evaluerte spesialister fra Moss havnen at det var usannsynlig til veldig usannsynlig at det blir alvorlig feil li disse "rutine" aktiviteter. Veldig sjelden at det gjøres planlegging eller utførelsesfeil. En typisk misforståelse kan være å lagre feil gods/masser på feil sted. Sannsynligheten at det blir en alvorlig feil ble satt til $p = 0,05$.</p> <p>Hvis rutiner er fulgt stoppes grenen i hendelsestreet.</p>
Feilen oppdages og rettes opp før den kan forårsake en utglidning?	<p>Det er veldig sannsynlig at feilen oppdages 99% iht. Moss Havn, men etter diskusjoner er det enighet om at dette trolig er for optimistisk, justeres ned til 0,9 ettersom det er så mange små aktiviteter som muligens ikke blir oppdaget. Sannsynligheten for at feilen ikke oppdages eller rettes opp ble ansett som usannsynlig ($p = 0,10$).</p> <p>Hvis feilen oppdages og rettes opp før den kan forårsake en utglidning, stoppes grenen i hendelsestreet.</p>
Utglidning skjer?	<p>Det er trolig veldig lite sannsynlig at vedlikeholdsarbeidene gir en utglidning. Omfanget av vedlikeholdsarbeidene er ikke så store så det er lite sannsynlig at det oppstår et kvikkleireskred som følge av en utglidning. For disse rutine aktiviteter, hvis det skjer en alvorlig feil og feilen ikke oppdages, er det allikevel ansett som veldig usannsynlig at det vil skje en utglidning som er stor nok for å true en skråning. Sannsynligheten for at en utglidning skjer på Moss havn delområdet (FS = 1,2). settes til $p = 0,01$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Med samme resonnement, er sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles svært usannsynlig. Sannsynlighet settes til $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p>


Hendelse	Forklaring
	Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det kan være andre konsekvenser.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-6}/\text{år}$
Fase 1 og 2	<p>Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). Med økt bevissthet i fase 1, reduseres sannsynligheten for at belastningsplan og rutiner ikke følges til veldig usannsynlig: $p = 0,01$. Fase 2 er lik fase 1.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,00 \cdot 10^{-7}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,95 \cdot 10^{-7}/\text{år}$
Fase 3	<p>Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og vil stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles reduseres til $p = 0,005$ (veldig usannsynlig til nesten umulig).</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,00 \cdot 10^{-8}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,95 \cdot 10^{-8}/\text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, søknadspliktig"
 Ingen tiltak

Havneaktivitet (søknadspliktig)	Alvorlig feil i prosjektering, kontroll av prosjektering, saksbehandling?	Alvorlig feil i utførelse?	Utglidning pga feil i prosjektering eller utførelse?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------------------------	---	----------------------------	--	--	------------------------------



Figur E-4b. Moss havn – SF=1,0 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Havneaktivitet, søknadspliktig"

 Sandbukta-Moss-Såstad	Analyserapport iboende risiko for skred i Moss	Side: 112 av 223
		Dok.nr: SMS-20-A-59660
		Rev.: 00E
		Dato 03.04.2023

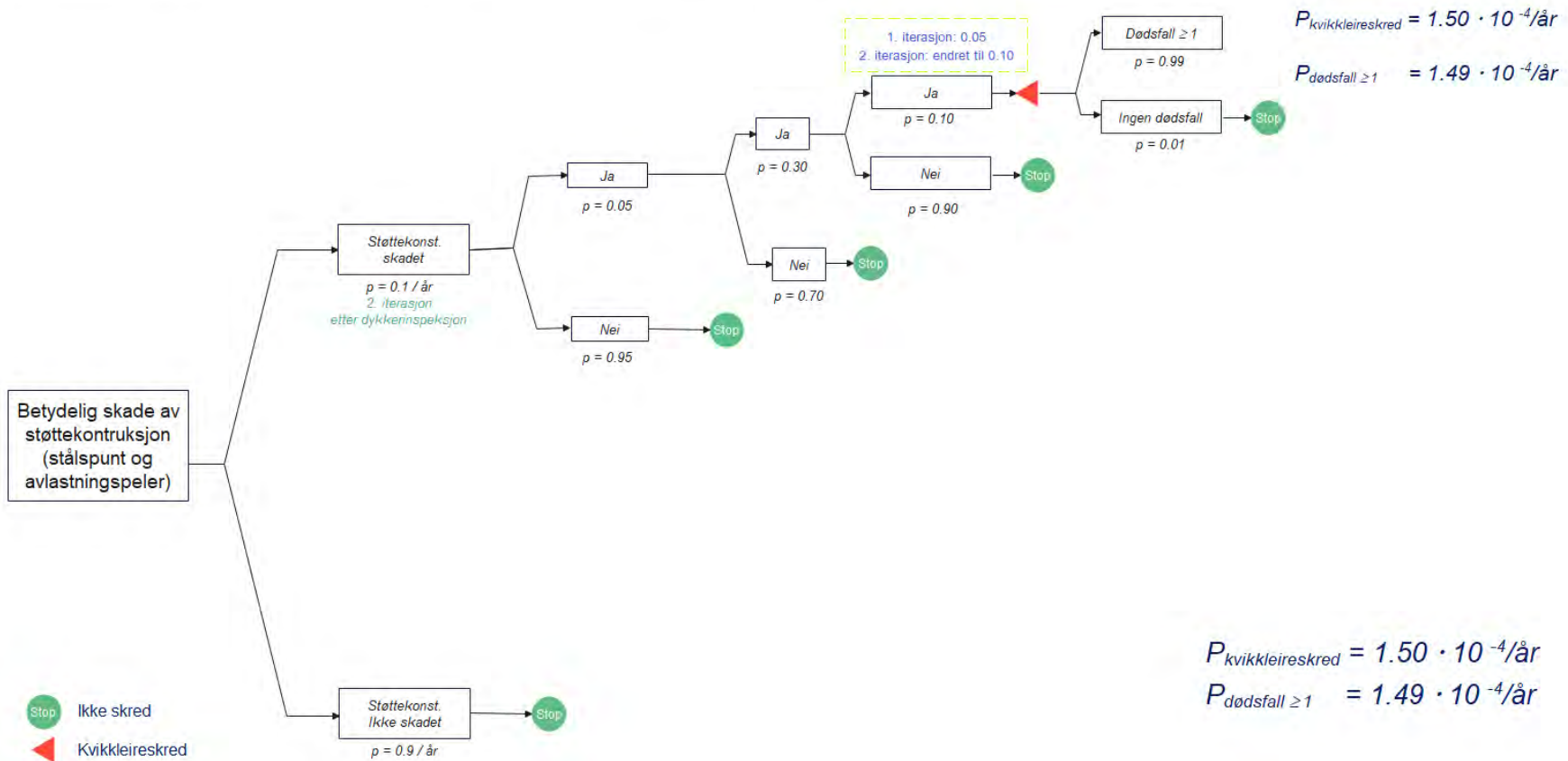
Tabell E-4. Moss havn – SF=1,0 – Fase 0, 1, 2 og 3 – Hendelsestreakanalyse "Havneaktivitet, søknadspliktig"

Hendelse	Forklaring
Havneaktivitet i løpet av ett år?	Initierende hendelse. Aktivitetene er prosjektert: for eksempel, mudring, spunting, nybygg prosjekteres. Moss Havn tar ofte kontakt med geoteknikk. Bygging skjer omtrent en gang hvert femte år ($p=0.2$). Etter workshopen ble det etablert at det ikke er noen byggeplaner i nærmeste fremtid. Bruddmekanismen er ikke relevant i de neste 5 år.
Alvorlig feil i prosjektering, kontroll av prosjektering eller saksbehandling?	Før bevisstgjøring i forbindelse med Moss jernbane prosjektet, evaluerte spesialister fra Moss havnen at det var veldig usannsynlig at det blir alvorlig feil i prosjektering. Sannsynligheten at det blir en alvorlig feil ble satt til $p = 0,01$ (én tilfelle i 100, på basis av erfaringer av de som deltok i workshopen). Feil i prosjekteringen inkl. uavhengig kontroll og kommunen feil behandling kan oppstå. Det er snakk om bygging innenfor området som har sikkerhetsfaktor ca. 1,2. Hvis det ikke skjer feil i prosjektering, går grenen til feil i utførelse.
Alvorlig feil i utførelse?	Hvis det ikke er feil i prosjektering, kan det oppstå feil i utførelse. Det har vært tre grunnbrudd (uten stor utglidning) ved mellomlagring av masser der en ikke skulle ha mellomlagret. Rådgiver hadde ikke beskrevet godt nok at det ikke skal mellomlagres på det aktuelle stedet. På basis av tidligere erfaringer fra deltagerne, ble sannsynligheten ansett som i 3 av 100 tilfeller ($p = 0,03$). Hvis det ikke er feil i utførelse stoppes grenen i hendelsestreet.
Utglidning skjer på grunn av feil i prosjektering eller utførelse?	Disse er større tiltak og derfor det er en større sannsynlighet for at en stor utglidning kan gi et kvikkleireskred. Det er store tiltak som er søknadspliktig og kan derfor få større utglidninger enn utglidninger i forbindelse med vedlikeholdsarbeider. Sannsynligheten for at en utglidning skjer ble satt til $p = 0,5$ (usikkert). Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning skjer på grunn av feil i prosjektering eller utførelse?	Disse er større tiltak og derfor det er en større sannsynlighet for at en stor utglidning kan gi et kvikkleireskred. Det er store tiltak som er søknadspliktig og kan derfor få større utglidninger enn utglidninger i forbindelse med vedlikeholdsarbeider. Sannsynligheten for at en utglidning skjer ble satt til $p = 0,5$ (usikkert). Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles ble vurdert som usannsynlig. Sannsynlighet settes til $p = 0,10$ (usannsynlig). Det er samme sannsynlighetsverdi hvis det er feil i prosjektering eller feil i utførelse. Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det kan være andre konsekvenser.

Hendelse	Forklaring
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,97 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,93 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
Fase 1 og 2	Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2. og 3. iterasjon). Med økt bevissthet i fase 1, reduseres sannsynligheten for at det skjer feil i prosjektering eller utførelse til mellom veldig usannsynlig of nesten umulig: $p = 0,005$. Fase 2 er lik fase 1. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,49 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,45 \cdot 10^{-4} / \text{år}$
Fase 3	Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og vil stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles reduseres til $p = 0,005$ (veldig usannsynlig til nesten umulig). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,49 \cdot 10^{-5} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,45 \cdot 10^{-5} / \text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"

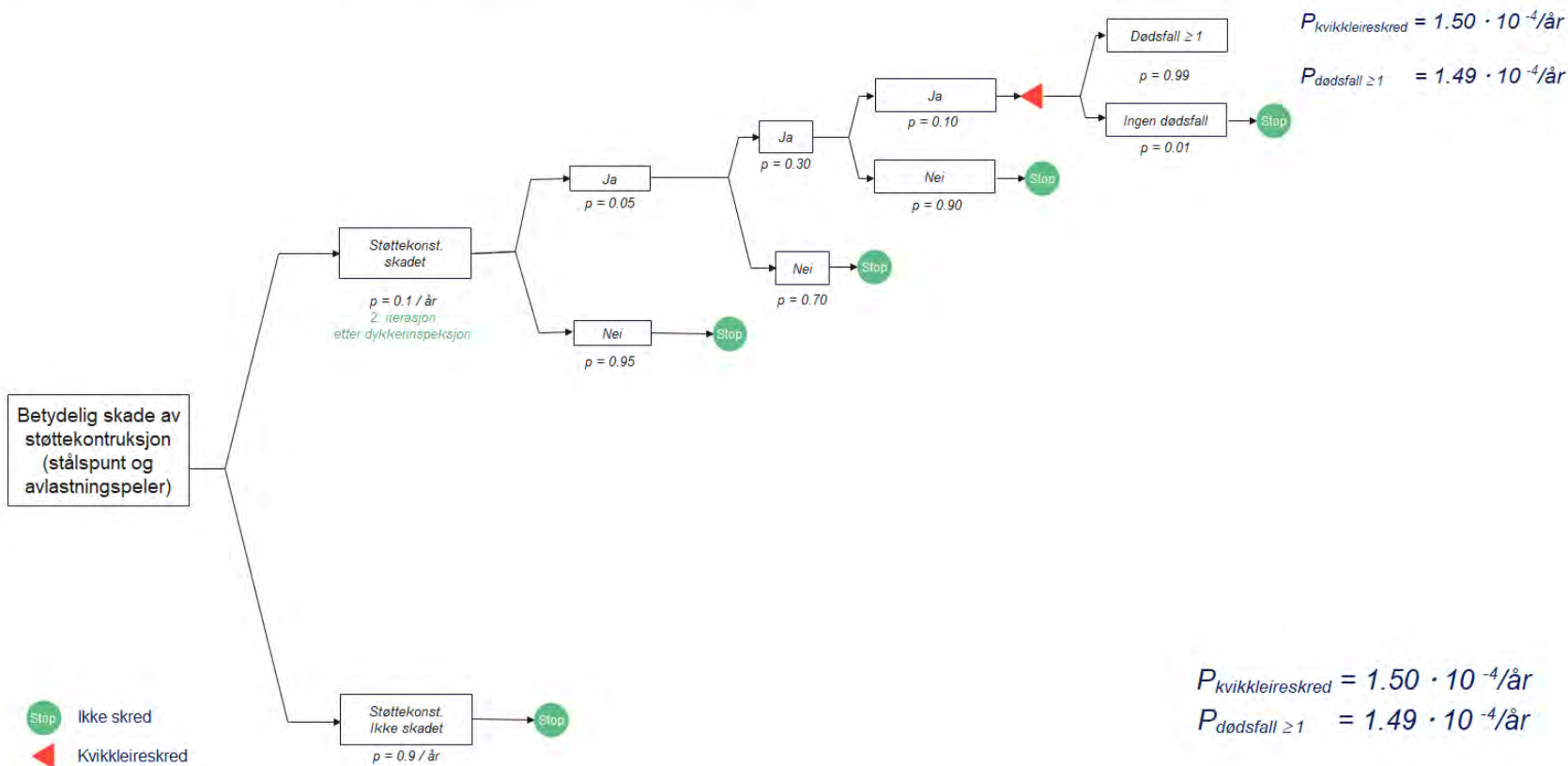
Betydelig skade av støttekonstruksjon	Hvor ofte kan det skje? (frekvens i løpet av 1 år)	Kollaps av støttekonstruksjon?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur E-5a. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"
 Ingen tiltak

Betydelig skade av støttekonstruksjon	Hvor ofte kan det skje? (frekvens i løpet av 1 år)	Kollaps av støttekonstruksjon?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------	--	------------------------------

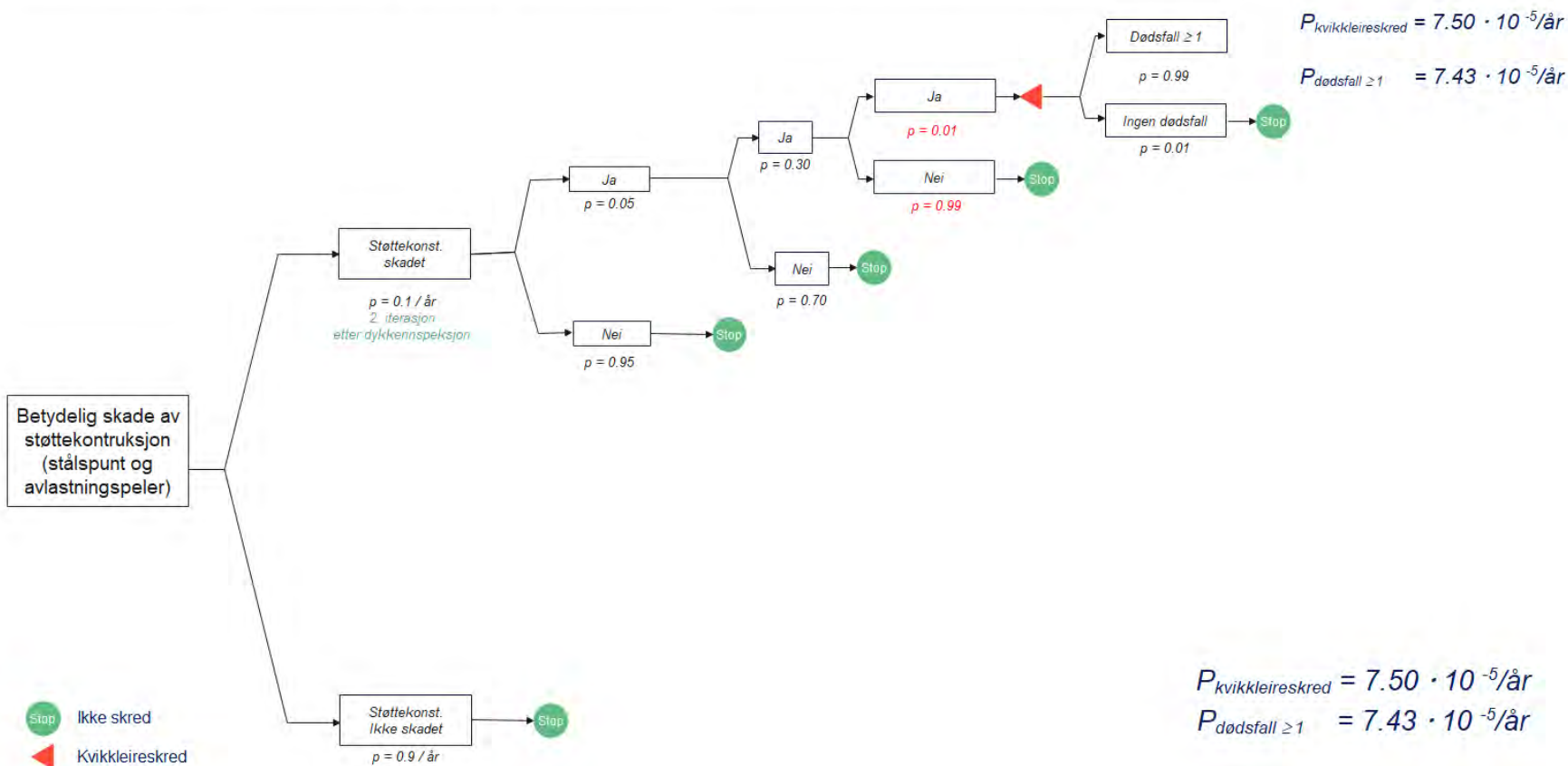


Figur E-5b. Moss havn – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"

Alle områdetiltak på plass

Betydelig skade av støttekonstruksjon	Hvor ofte kan det skje? (frekvens i løpet av 1 år)	Kollaps av støttekonstruksjon?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------------------------------	--	--------------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur E-5c. Moss havn – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjon"

Tabell E5. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0, 1, 2, og 3 – Hendelsestreanalyse "Betydelig skade på støttekonstruksjonen" (2. iterasjon)

Hendelse	Forklaring
Betydelig skade på stålspunt og avlastningspeler	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Konstruksjonen er ca. 60 år gammel. Det ble to iterasjoner, en før og en etter dykkerinspeksjon.</p> <p>I første iterasjon ble det vurdert at en betydelig skade på støttekonstruksjonen (tre- og stålspunt og avlastningspeler) kunne skje 1 gang pr 5 år. Under diskusjonen på workshopen, fikk man inntrykk av at trespunken var muligens i dårlig forfatning, og at stålspunten ikke dekket hele området. Notater fra 1. iterasjon: "Det er registrert synkehull det siste året bak trespunt ved Stenakaia. Synkehull sist utbedret i oktober 2021. Trespunt er trolig i veldig dårlig forfatning. Spuntveggen i bedre forfatning. Konsensus var en betydelig skade per 5 år. Det ble anbefalt en sensitivitetsanalyse for å se hvordan initierende frekvens påvirker sluttproduktet. Diskusjon hvor ofte det skjer en svekkelse av trespunken, og ettersom konstruksjonen er så gammel er det grunn til å tro at skadefrekvensen vil øke fremover".</p>
Hvor ofte kan det skje?	<p>Etter en dykkerinspeksjon (12. des 2022) er det verifisert at stålspunten går hele veien og dekker hele området for trespunken. Stålspunt er intakt (i snitt 7mm godstykkelse). Det er foretatt kontroll av tykkelse på spuntstålet i 10 punkter som viser at tykkelsen varierer fra 5,0 til 9,9 mm, med en gjennomsnittlig tykkelse på 7,0 mm. I nord består spunten av Larssen 31 med godstykkelse på 9,5 mm. Ettersom det er målt opp til 9,9 mm så er det grunn til å tro at det også er benyttet spunt med tykkere gods. Stålspunten virker å være i relativt god stand. Massene i bakkant er på plass. Det er oppdaget kun et lite hull i ett hjørne. <i>(Det er også sjekket at det ikke er betydelig korrosjon siden installasjonsdato).</i> Årlig sannsynligheten ble dermed redusert fra 1 gang pr 5 år til 1 gang pr 10 år i andre iterasjon.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom støttekonstruksjonen ikke er skadet.</p>
Skjer det en kollaps av støttekonstruksjonen ?	<p>Kollaps inkluderer reparasjon av skade, men at reparasjonen ikke er vellykket. Etter diskusjon ble det vurdert som mellom "usannsynlig" og "veldig usannsynlig" at støttekonstruksjonen kollapse, selv om en betydelig skade har oppstått.</p> <p>p (kollaps av støttekonstruksjonen) = 0,05 p (ikke kollaps av støttekonstruksjonen) = 0,95</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke skjer kollaps av støttekonstruksjonene.</p>
Utglidning skjer?	<p>Diskusjoner hvor stor sannsynlighet det er for at en kollaps kan gi en utglidning og så en kvikkleireskred: Kvikkleire ligger trolig høyt i området hvor støttekonstruksjonen kan skades. Hvis SF er 1,2 er det usikkert om en utglidning vil skje, men det er bedre forhold enn på Kransen delområdet (hvor skråningen står med en beregnet SF på 1,0). Det anses mindre sannsynlig med en utglidning på Moss havn området enn på Kransen, og sannsynligheten settes til $p = 0,3$ (usikkert til usannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred?	<p>Havna et fylt ut ved hjelp av massefortregning, og det er flere eksempler på at det har skjedd utglidning i forbindelse med utfylling uten at det har utviklet seg til et kvikkleireskred. Det er derfor grunn til å anta at det er mindre sannsynlig at en kollaps av spunten vil føre til et kvikkleireskred. Bør man muligens skille mellom kollaps som gjør at jord flytter på seg (ikke definert som en utglidning enda), og at dette gir en påfølgende utglidning? Det er valgt å ikke gjøre det for å unngå å introdusere et ledd til i hendelsestreet. Det er flere eksempler fra havna på at det har skjedd mindre utglidninger uten at det har oppstått kvikkleireskred.</p>

Hvis utglidning har skjedd argumenteres er det usannsynlig at et stort kvikkleireskred utvikler seg på grunn av profiler og glideflater i skråningene på Moss Havn delområdet (Vedlegg A). Det ble diskutert om sannsynlighet for et stort kvikkleireskred bør være 0.05 (mellom "usannsynlig" og "veldig usannsynlig") eller 0,10 ("usannsynlig") besto diskusjonen. Det ble bestemt at:

$$p \text{ (stort kvikkleireskred)} = 0,10$$

$$p \text{ (ikke stort kvikkleireskred)} = 0,90$$

Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.

Skred forårsaker tap av liv?

Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.

Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det kan være andre konsekvenser.

Sannsynlighetsberegning for stor kvikkleireskred eller tap av liv

Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren med hvert utfall (hver for seg). Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir stort kvikkleireskred eller tap av liv:

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,50 \cdot 10^{-4}/\text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,49 \cdot 10^{-4}/\text{år}$$

Fase 1 og 2

Fase 1 (Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). Fase 1 og fase 2 er like Fase 0.

Fase 3

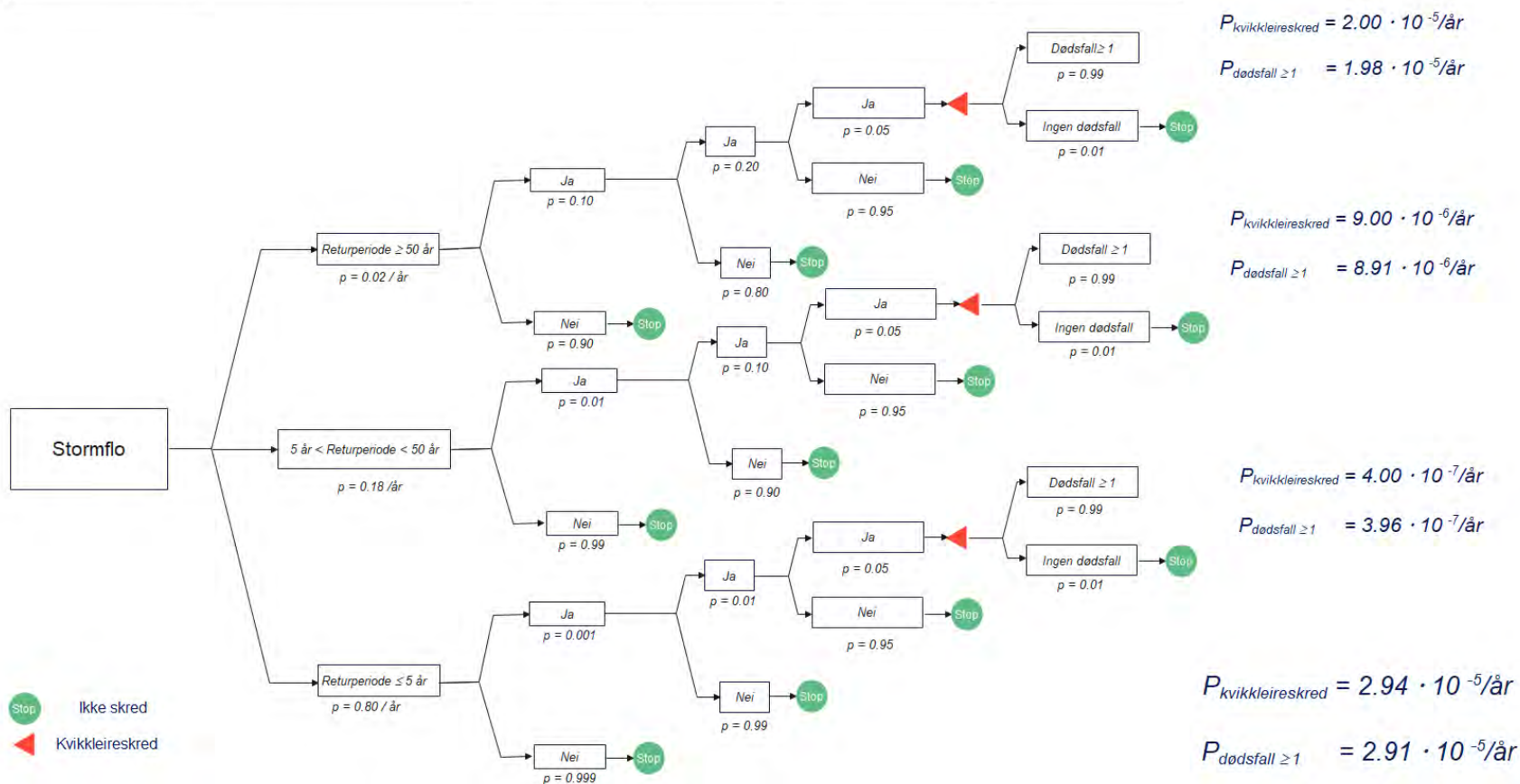
Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): For fase 3 ble det analysert om stabiliseringstiltakene i de andre delområdene vil redusere sannsynlighet for at en utglidning skjer. Konklusjon var at dersom støttekonstruksjonen kollapser, en utglidning kan først skje grunnet kollapset og deretter et stort kvikkleireskred kan skje i Stasjonsområdet (skredet starter i havneområdet og "retrogress" mot stasjonen). Tiltakene styrker skråningene på land, og kan stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles ble først estimert som $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), men ble endret til usannsynlig ($p = 0.10$).

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,43 \cdot 10^{-5}/\text{år}$$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreakse "Stormflo"

Stormflo	Returperiode av stormflo?	Erosjon i tået som kan påvirke stabiliteten?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
----------	---------------------------	--	-------------------	--	------------------------------

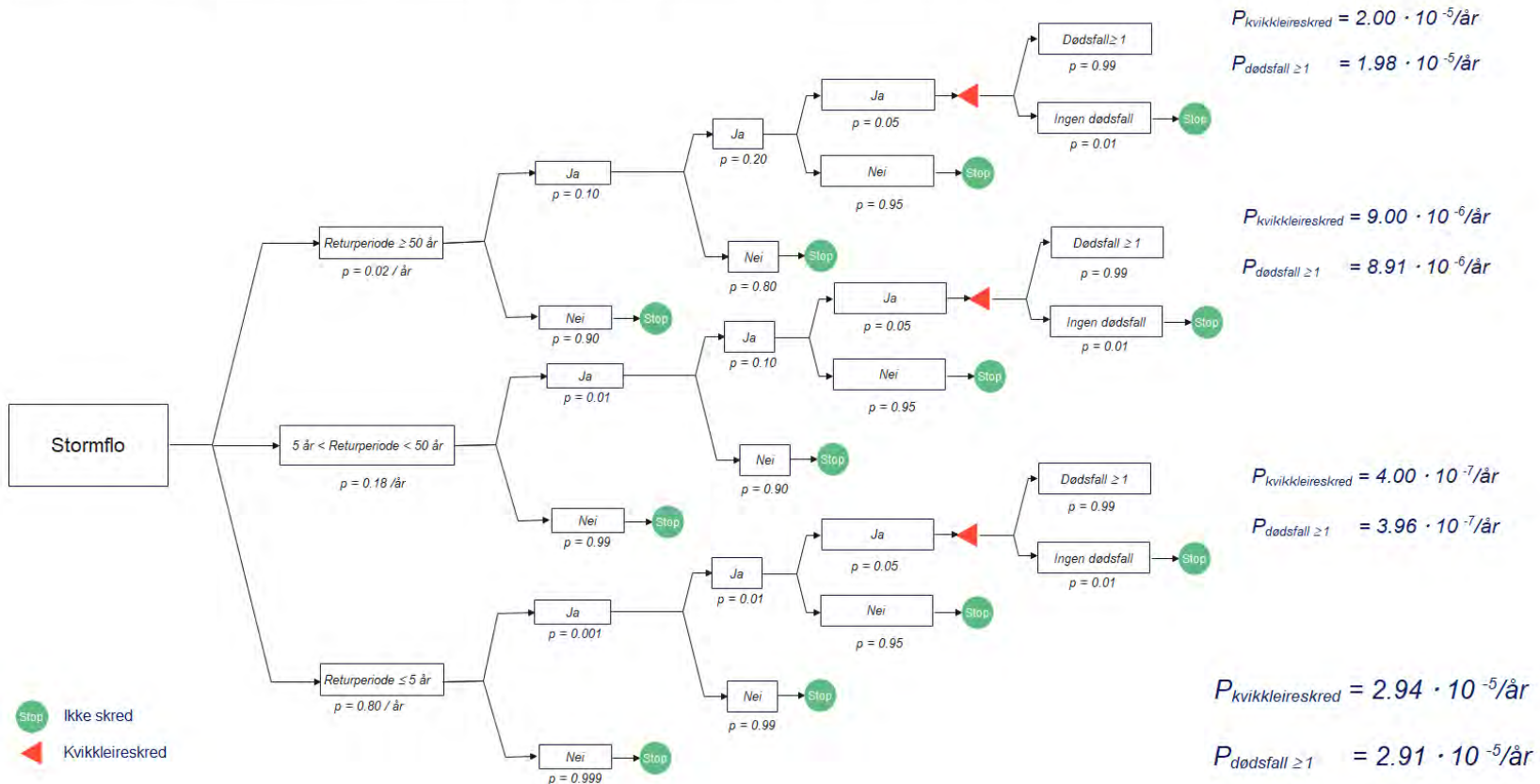


Figur E6a. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Stormflo"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Stormflo"

Ingen tiltak

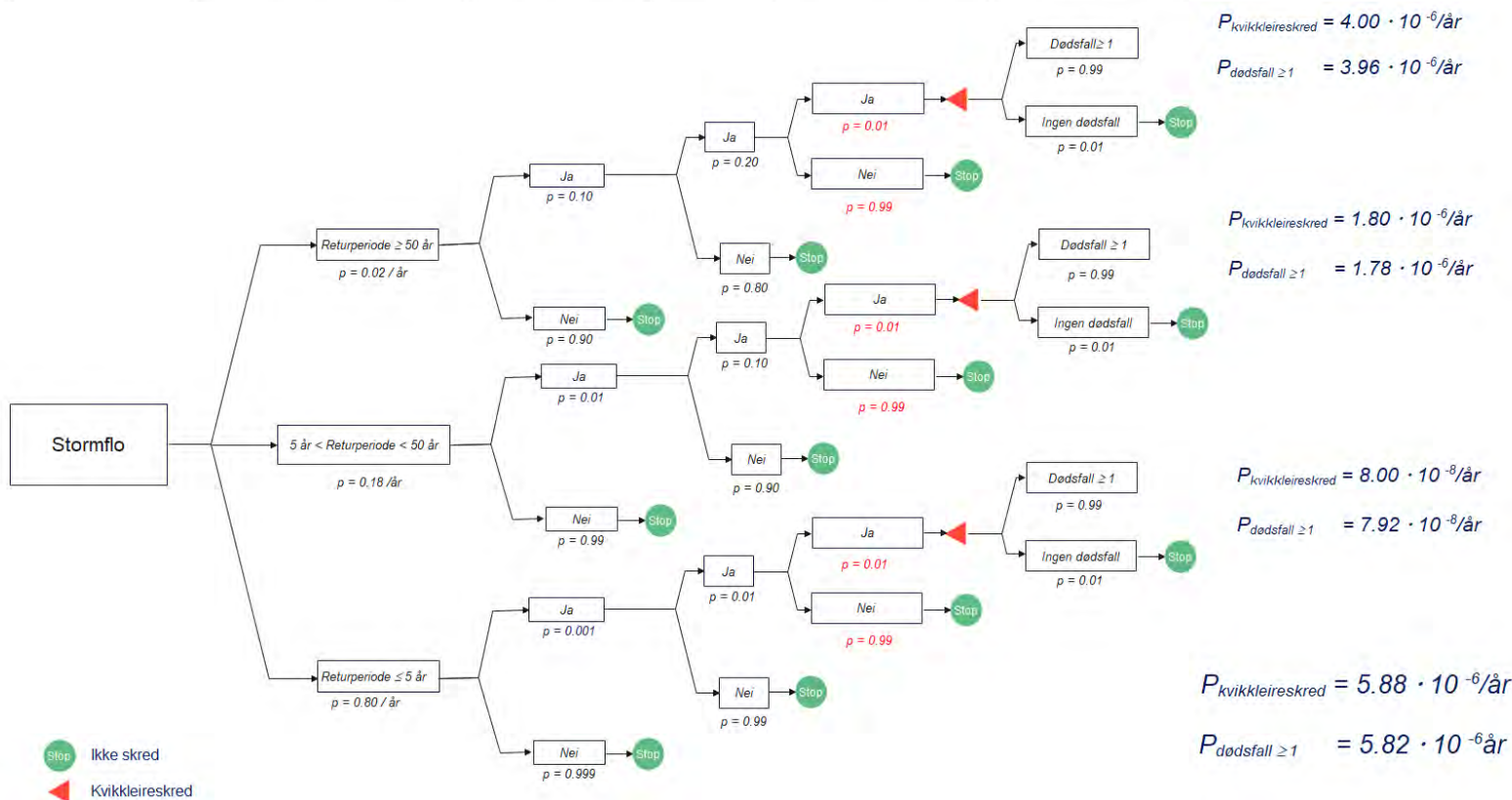
Stormflo	Returperiode av stormflo?	Erosjon i tået som kan påvirke stabiliteten?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
----------	---------------------------	--	-------------------	--	------------------------------



Figur E6b. Moss havn – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Stormflo"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Stormflo"
Alle områdetiltak på plass

Stormflo	Returperiode av stormflo?	Erosjon i tået som kan påvirke stabiliteten?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
----------	---------------------------	--	-------------------	--	------------------------------



Figur E6c. Moss havn – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Stormflo"

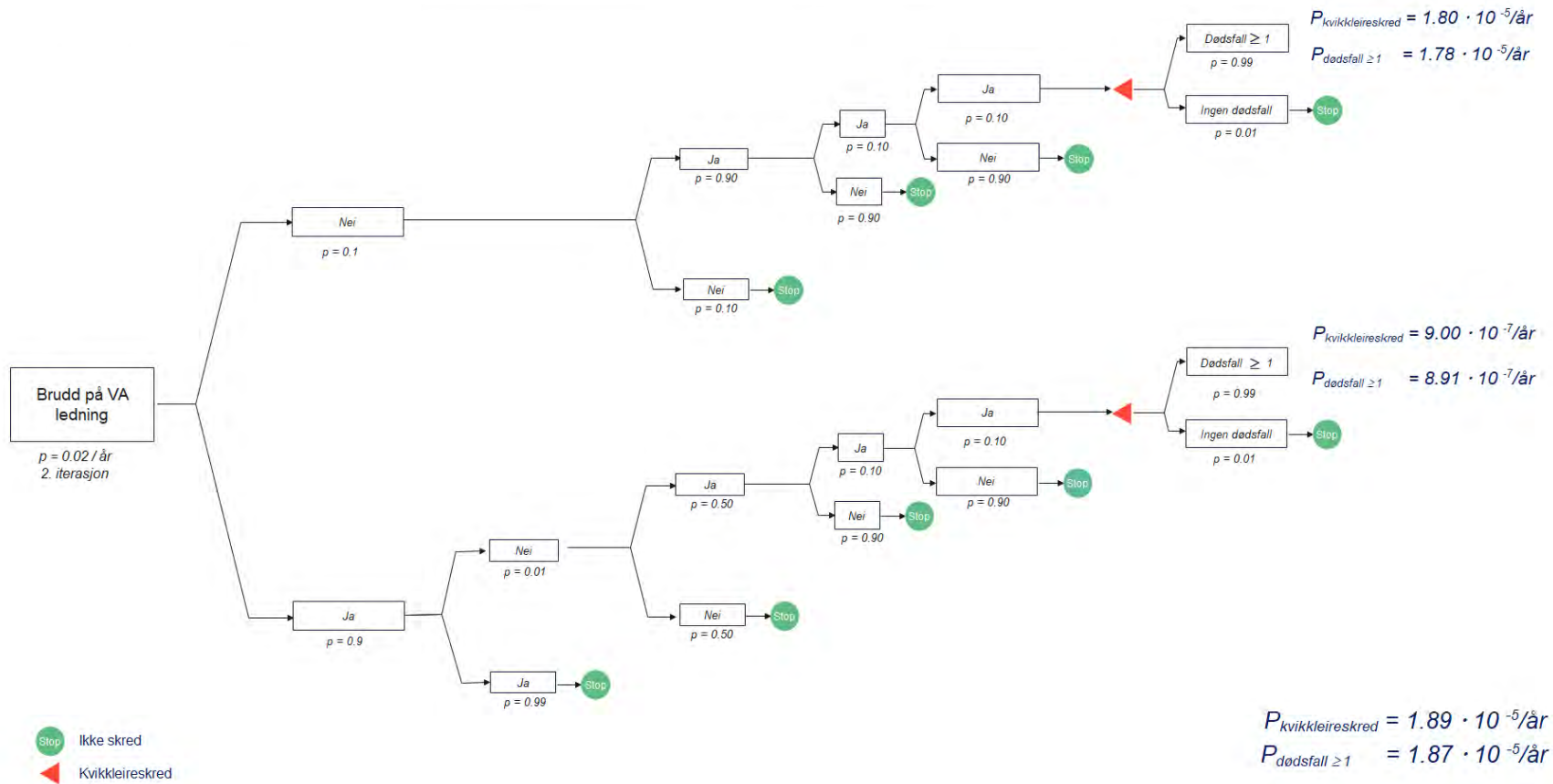
Tabell E6. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0, 1, 2 og 3 – Hendelsestreanalyse "Stormflo"

Hendelse	Forklaring								
Stormflo?	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Det ble en innledende diskusjon om skade fra "dårlig"/ekstremt vær: Lange diskusjoner om det bør deles inn i stormflo, storm, bølger eller bare vær. Det ble funnet hensiktsmessig å dele inn i hvor sterk stormen er. Etter en diskusjon, ble returperioder på 50 år, mellom 50 og 5 år, og 5 år og mindre ble valgt, men andre returperioder kunne ha vært benyttet. Moss Havn mener at det ikke blir så store bølger i havna selv ved store stormer. Skader kun skje dersom stormen kommer fra sør-vest. Alle var enige om at det er sannsynlig at det oppstår erosjon dersom det kommer en ekstrem storm. Det er beskrevet en ekstrem storm i 1914 som ga store skader på småbåthavn (men en småbåthavn tåler betydelig mindre enn Moss Havn sine konstruksjoner). Stabilitetsberegninger viser at fronten av fyllingen/kaia har en lav beregnet sikkerhetsfaktor (ca. FS = 1,2) på store deler av havna, men deler av fronten ligger ikke i kvikkleire. Erfaringer fra tidligere utglidninger i havna er at utglidningen ikke har utviklet seg. Det er en indikasjon på at en utglidning ikke nødvendigvis utvikler seg til et større kvikkleireskred, så derfor bør det være lav sannsynlighet av et stort kvikkleireskred i området.</p>								
Returperiode (RP) av stormflo?	<p>For flomhendelser ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene dekker alle mulige nedbørhendelser, fra ingen flom til ekstreme flom. Flom med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre grenseområde for denne analysen. Etter diskusjon ble nedbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake kritisk poretrykkøkning som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre har som laveste gren med en årlig sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1" data-bbox="806 837 1657 973"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50$ år</td> <td>$p = 1 - 0,02 = 0,98$</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 1 - 0,02 = 0,98$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 1 - 0,02 = 0,98$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Erosjon i tåa som kan påvirke stabiliteten?	<p>Gruppen uttrykte at det var sannsynlig at delområdet Moss havn har erfart en 50-års flom i løpet av de siste 100 år. Statistikken sier at sannsynligheten for at en 50-års flom skjer i løpet av 100 år er på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Basert på observasjoner tidligere i delområdet, og innledende diskusjonen ovenfor, mente gruppen at det var usannsynlig ($p = 0.1$) at det vil oppstå stor erosjon i toet som kan påvirke stabiliteten på grunn at en flom med RP ≥ 50 år. For den laveste flom kategori (RP ≤ 5 år), ble det ansett som nesten umulig at erosjon i tåa av skråningen vil skje ($p = 0,001$). For den midtre grenen ble det valgt en sannsynlighet inn i mellom ($p = 0,01$), veldig usannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Utglidning skjer?	<p>Det var en del usikkerhet her, men usikkerheten og sannsynligheten er ikke så høy i Moss havn delområdet som i Kransen delområdet, hvor p ble estimert som 0,5 (usikkert). Del ble en diskusjon om hvorvidt $p = 10\%$ er for lavt for utglidninger når man trolig ikke har opplevd 50 års stormen. Det ble en diskusjon om hvor ofte stormen kommer i syd-vestlig retning, og Moss Havn mener at det er trolig i ca. 30% av tilfellene. Dersom man enda ikke har opplevd 50 års stormen, så må man være forsiktig i analysene. Det ble foreslått en sannsynlighet på 20%. Det ble deretter enighet om det var en sannsynlighet på ca. 0,1 (usannsynlig) for at det oppstår en utglidning dersom det skjer erosjon i tåa. For $5 \text{ år} < RP < 50$ år, blir det mindre erosjon, og da lavere mindre sannsynlighet for utglidning. Her ble det enighet blant havnespesialister at det er oppad begrenset hvor store stormer/bølger som kan</p>								

Hendelse	Forklaring								
	<p>oppstå. For $RP \leq 5$ år, er det enighet om at det er veldig lite sannsynlighet at erosjon fører til en utglidning. Til slutt ble det konsensus om følgende sannsynligheter, basert på diskusjon og tidligere observasjoner i delområdet.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,20$ (mellom usikker og usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50$ år</td> <td>$p = 0,10$ (usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer	≥ 50 år	$p = 0,20$ (mellom usikker og usannsynlig)	$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,10$ (usannsynlig)	≤ 5 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)
Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer								
≥ 50 år	$p = 0,20$ (mellom usikker og usannsynlig)								
$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,10$ (usannsynlig)								
≤ 5 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Gitt at en utglidning har skjedd, vurderes sannsynlighet for et stort kvikkleireskred som mellom usannsynlig et veldig usannsynlig ($p = 0,05$). Det vurderes som mindre sannsynlig at det oppstår et kvikkleireskred selv om man får en utglidning ettersom det er mye sand i delområdet (vedlegg A). Når massene begynner å bevege seg vil noen glideflater kunne bli forbedret, mens andre glideflater vil kunne bli forverret. Tallet gjelder for all tre returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.</p>								
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,94 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,91 \cdot 10^{-5}/\text{år}$								
Fase 1 og 2	<p>Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). Fase 1 og fase 2 er like Fase 0.</p>								
Fase 3	<p>Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): For fase 3 ble det vurdert om stabiliseringstiltakene i de andre delområdene vil redusere sannsynlighet for at en utglidning skjer. Konklusjon var at dersom støttestrukturkollapsen kollapser, en utglidning kan først skje grunnet kollapset og deretter et stort kvikkleireskred kan skje i Stasjonsområdet (skredet starter i havneområdet og "retrogress" mot stasjonen).</p> <p>Tiltakene styrker skråningene på land, og kan stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles ble først estimert som $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), men ble endret til usannsynlig ($p = 0,10$).</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,88 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,82 \cdot 10^{-6}/\text{år}$								

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

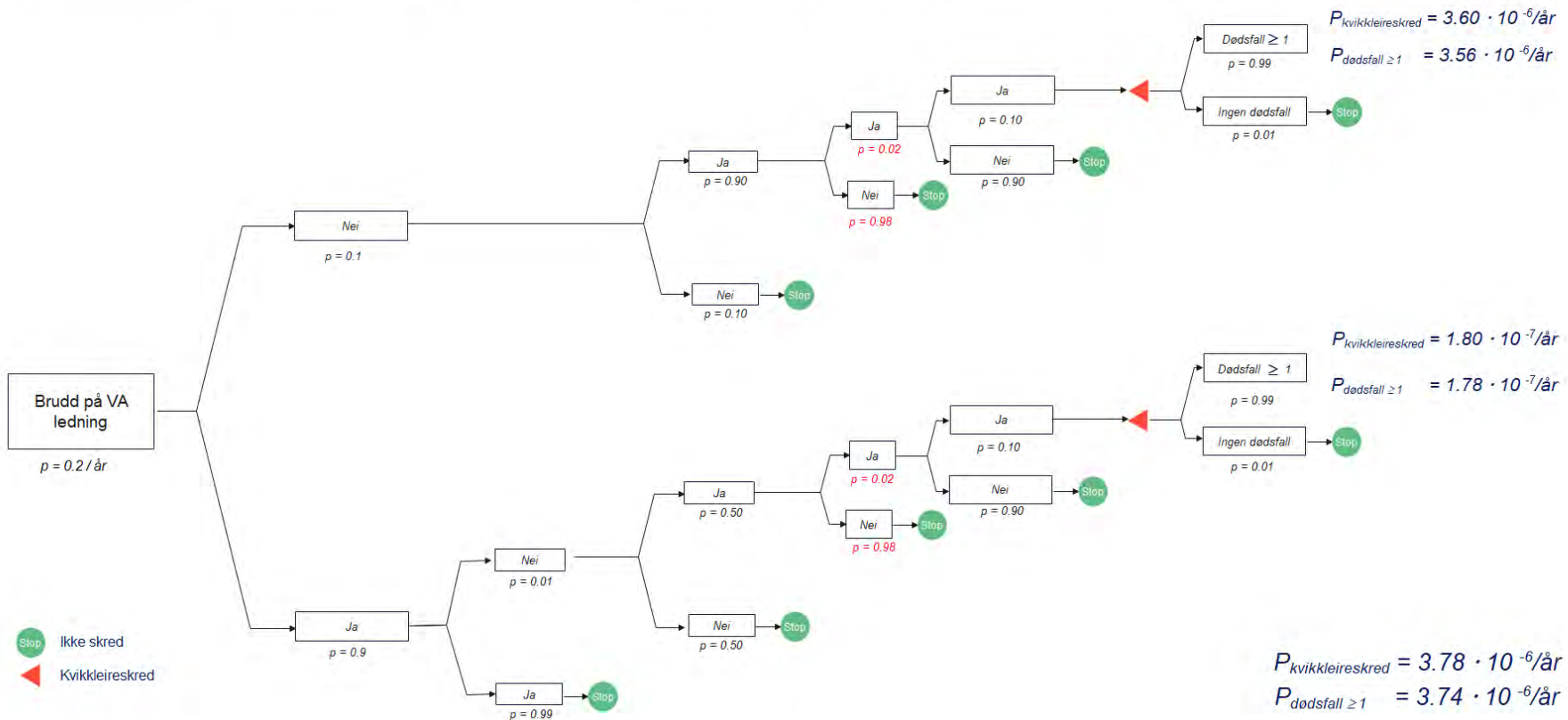
Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stor kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	---	------------------------------



Figur E7a. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"
Ingen tiltak

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur E7b. Moss havn – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

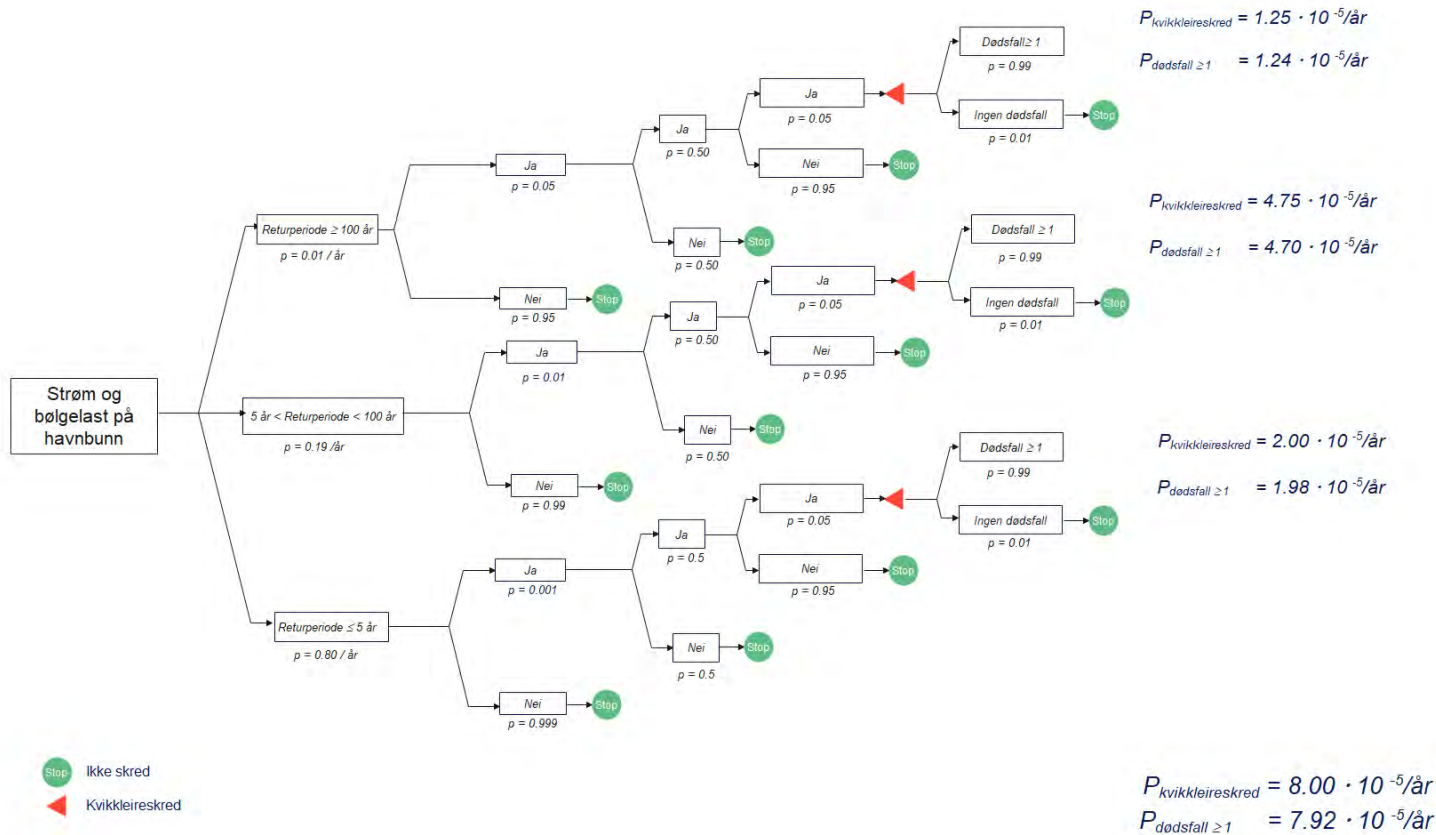
Tabell E7. Moss havn – SF=1,2 – Fase 0, 1, 2, og 3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Brudd på VA-ledninger/overvannsledning: gjelder alle trykksatte ledninger, trykksatte hovedledning eller spillvann/kloakk. Det er mindre trykksatt i spillvann/kloakkledninger. Moss kommune sier at de har hatt ett brudd på 8-10 år (det var et brudd på en av de gamle ledningene for ca. 15-20 år siden).</p>
Brudd på vannledning	<p>Hvor ofte kan et brudd i VA-ledninger skje? Én gang pr. 5 år ($p = 0,2/\text{år}$) ble det enighet om til slutt, etter diskusjon. Workshopdeltagerne så på kart over mulige overvannsveier dersom ledninger går fulle (se kart i Vedlegg A).</p> <p>I første iterasjon ble det vurdert at et brudd kunne skje en gang pr 5 år ($p = 0,2/\text{år}$). Men det er nyere ledningsnett ved havna i forhold til i Kransen (hvor det er en del kommunale ledninger), og dermed mindre risiko for at de ryker. I neste analyse iterasjon ble vannledning nettet vurdert (alder på rør, lokasjon (Vedlegg A) og installasjonsteknikk). Forhold på Strandgata ble diskutert. Etter diskusjon på møtet i september 2022 ble det enighet om at brudd på vannledningen i Moss havn delområdet kunne skje kun i gang pr 50 år (også basert på erfaring med tidligere rør i Moss kommune). Sannsynligheten ble derfor redusert til $p = 0,02/\text{år}$.</p>
Lekkasje oppdager i løpet av 12 timer ?	<p>Hva skjer ved brudd? Utvasking av grunnen, økt poretrykk. Det oppdages ved at man mister trykket i vannledningen eller at vannet kommer opp på overflaten. Mindre lekkasjer oppdages ikke, men større lekkasjer oppdages dersom folk mister vannet i krana eller man ser at vannet kommer opp. I følge kommunen, oppdages de fleste lekkasjer. Flere ringer inn og varsler. Etter diskusjon ble des vurdert som mellom "usannsynlig" at lekkasje ikke oppdages i løpet av 12 timer: $p = 0,1$ (usannsynlig). Det er samme tall som i de andre delområdene.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke skjer kollaps av støttekonstruksjonene.</p>
Er tiltak vellykket /hvis lekkasjen er oppdaget)?	<p>Hvis lekkasje oppdages, er det svært sannsynlig at tiltak settes i gang og at tiltaket er vellykket: $p = 0,99$ (veldig sannsynlig).</p>
Skjer det destruktiv erosjon?	<p>Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Dersom erosjon ikke skjer må vannet gå rett i en avløpsledning: Minste motstands vei. I de fleste tilfeller vil det følgelig skje erosjon. Moss kommune mener at det er stor sjanse for at det oppstår destruktiv erosjon/indre erosjon dersom lekkasjen ikke oppdages. Etter diskusjon ble det vurdert at hvis lekkasje ikke oppdages i løpet av 12 timer, er det sannsynlig ($p = 0,90$) at destruktiv erosjon vil skje. Derimot, hvis lekkasje er oppdaget og tiltak er satt i gang, reduseres sannsynligheten for erosjon til $p = 0,50$ (usikkert).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>
Utglidning skjer?	<p>I første iterasjon ble det vurdert, også ved å sammenligne med de analysene gjort for de andre delområdene, at en utglidning på Moss havn delområdet var usannsynlig ($p = 0,10$). Men etter å ha sett på glideflatene og lagdeling på Moss havn delområdet, ser det ut som at lekkasje ikke skjer i kvikkleire, og p ble redusert fra 0,1 til 0,02 (nesten veldig usannsynlig), for både oppdaget og ikke oppdaget lekkasje. En sannsynlighet på $p = 0,10$ ble brukt for Kransen delområdet, hvor den beregnede SF er lik 1,0.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>

Hendelse	Forklaring
Utglijning forårsaker et stort kvikkleireskred?	Hvis utglijning har skjedd er det allikevel usannsynlig at et stort kvikkleireskred utvikler seg på grunn av de ulike profiler og glideflater i Moss Havn delområdet (sin fir de andre delområder). Det ble diskutert om sannsynlighet for et stort kvikkleireskred bør være 0.05 (mellom "usannsynlig" og "veldig usannsynlig") eller 0,10 ("usannsynlig"). Det ble bestemt at: p (stort kvikkleireskred) = 0,10 (usannsynlig) p (ikke stort kvikkleireskred) = 0,90 Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for stor kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,89 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,87 \cdot 10^{-5}/\text{år}$
Fase 1 og 2	Fase 1 (Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder): Moss havn delområdet har ikke områdetiltak som var planlagt (annet on den nyere overvåkingen som er inkludert i analysene i 2 og 3 iterasjon). I fase 1 og fase 2, anses det mindre sannsynlig at utglijning vil skjer på grunn av det arbeidet som foregår og økt bevissthet, og på basis av tidligere diskusjon. Sannsynligheten for et stort kvikkleireskred reduseres til $p = 0,02$ (mellom "usannsynlig" og "veldig usannsynlig"). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,78 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,74 \cdot 10^{-6}/\text{år}$
Fase 3	Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): For fase 3 ble det vurdert om stabiliseringstiltakene i de andre delområdene vil redusere sannsynlighet for at et stort kvikkleire skjer. Konklusjon var at ja sannsynligheten reduseres fra usannsynlig til veldig usannsynlig. Tiltakene styrker skråningene på land, og kan stoppe en retrogressiv utvikling fra Moss havn delområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles ble først estimert som $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig) , men ble endret til veldig usannsynlig ($p = 0,01$). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,78 \cdot 10^{-7}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,74 \cdot 10^{-7}/\text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0, 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Strøm og bølgelast på havnbunnen"
 Ingen tiltak

Strøm og bølgelast på havnbunn	Returperiode av bølgelast (strøm på hele tiden)?	Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF til 1.0?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	--	---	-------------------	--	------------------------------

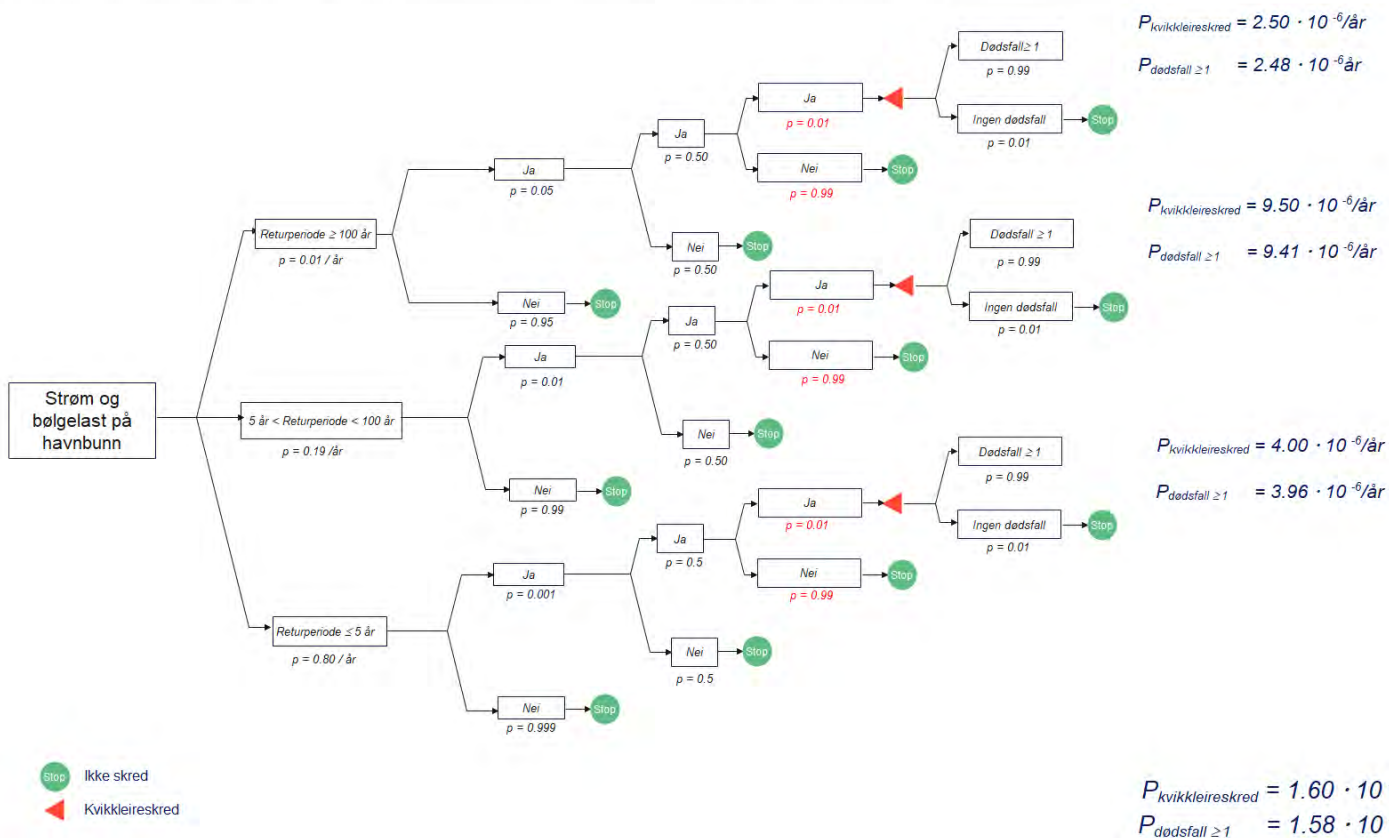


Figur E-8a. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 0, 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Strøm og bølgelast på havnbunnen"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Strøm og bølgelast på havnbunnen"

Alle områdetiltak på plass

Strøm og bølgelast på havnbunn	Returperiode av bølgelast (strøm på hele tiden)?	Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF til 1.0?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	--	---	-------------------	--	------------------------------



Figur E8b. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Strøm og bølgelast på havnbunnen"

Tabell E-8. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 0, 1, 2 og 3 – Hendelsestreanalyse "Strom og bølgelast på havbunnen"

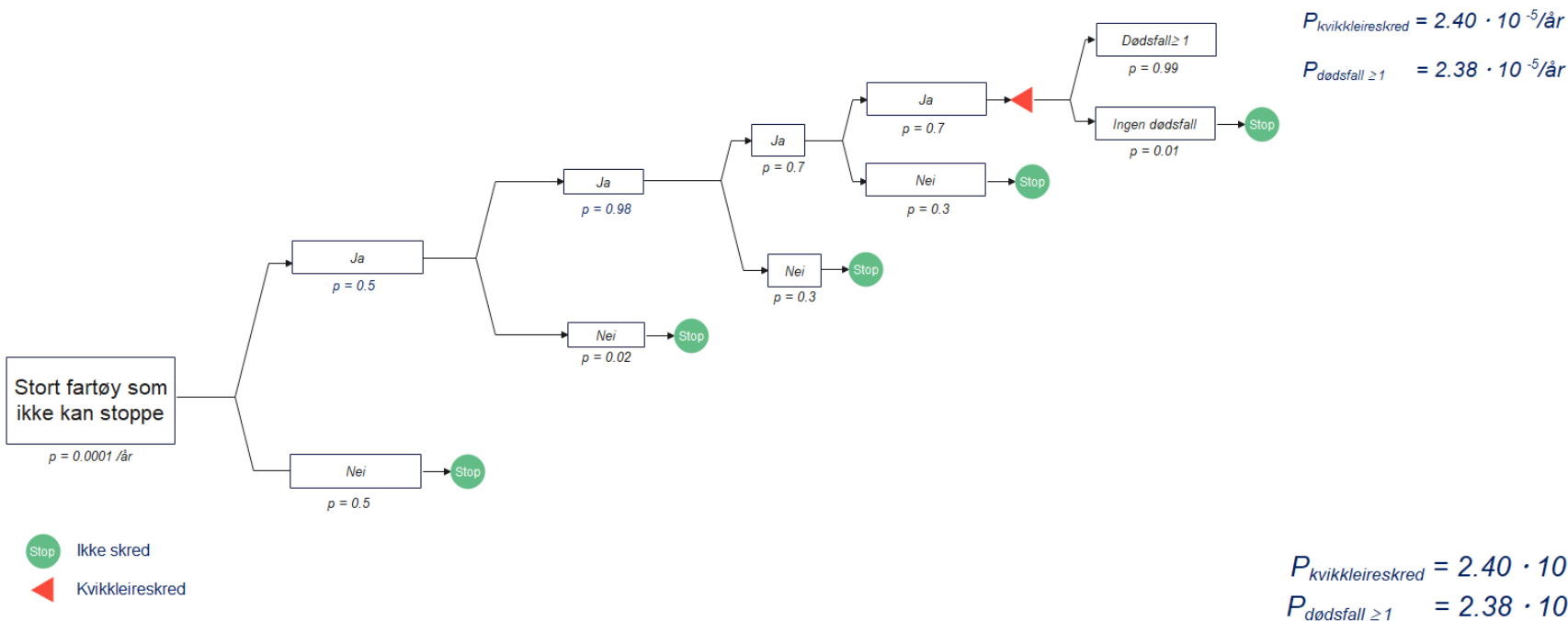
Hendelse	Forklaring								
Strøm og bølgelast på havbunn	Initierende hendelse								
Returperiode (RP) av bølgelast	Strøm er aktiv på undervannskråningen hele tiden. For bølgelast scenariet startes topp grenen med en returperiode på 100 år eller og mer fordi skråningene har stått der i flere 100 år og har sikkert erfart flere større bølgelaster og stormer uten tegn til instabilitet. Den nederste grenen settes til bølgelaster med retur på 5 år eller mindre, som for flomanalysen. Den nederste grenen analyseres fordi denne også kan gi et bidrag til et potensielt kvikkleireskred.								
Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF ned til en beregnet verdi av 1,0?	<p>Erfaring med målte poretrykk offshore for olje og gass og vindenergi installasjoner tilsier at strøm og bølgelast sjelden forårsaker betydelig økt poretrykk i sjøbunn. Det ble vurdert usannsynlig at økt proetrykk skulle redusere sikkerhetsfaktor (SF) i kvikkleireskråningene i havna til en verdi lik 1,0.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode</th> <th>Økt poretrykk som gir SF ≈ 1,0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥100 år</td> <td>$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 100 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode	Økt poretrykk som gir SF ≈ 1,0	≥100 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)	5 år < RP < 100 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)	≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)
Nedbør returperiode	Økt poretrykk som gir SF ≈ 1,0								
≥100 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)								
5 år < RP < 100 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
Utglidning skjer?	<p>Hendelsestreet stoppes dersom poretrykksøkningen ikke reduserer SF betydelig.</p> <p>Hvis SF er nær 1,0, er det usikkert om en utglidning vil skje. Det er beregnet SF lik 1,0 på Kransen, og skråningen står allikevel. Det er usikkerhet i beregningene: $p = 0.5$ (usikkert). Sannsynlighetene er like for alle returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Hvis utglidning har skjedd er det allikevel usannsynlig at et stort kvikkleireskred utvikler seg pga. de ulike profiler og glideflater i Moss Havn delområdet (se vedlegg A): $p = 0,05$ (usannsynlig). Sannsynlighetene er like for alle returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.</p>								
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv (hver for seg).</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 8,00 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,92 \cdot 10^{-5}/\text{år}$								
Fase 1 og 2	Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området) og Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass på enkelte delområder, men ikke på Moss havn delområdet) har ingen påvirkning på sannsynlighetene i treet.								

Hendelse	Forklaring
Fase 3	Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og reduserer sannsynlighetene for at utglidningen utvikler seg til et stort kvikkleireskred. Sannsynligheten reduseres med en faktor på 5: $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,60 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,58 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 0, 1, og 2 - Hendelsestreanalyse "Skipskollisjon inn i havneninstallasjoner"

Ingen tiltak

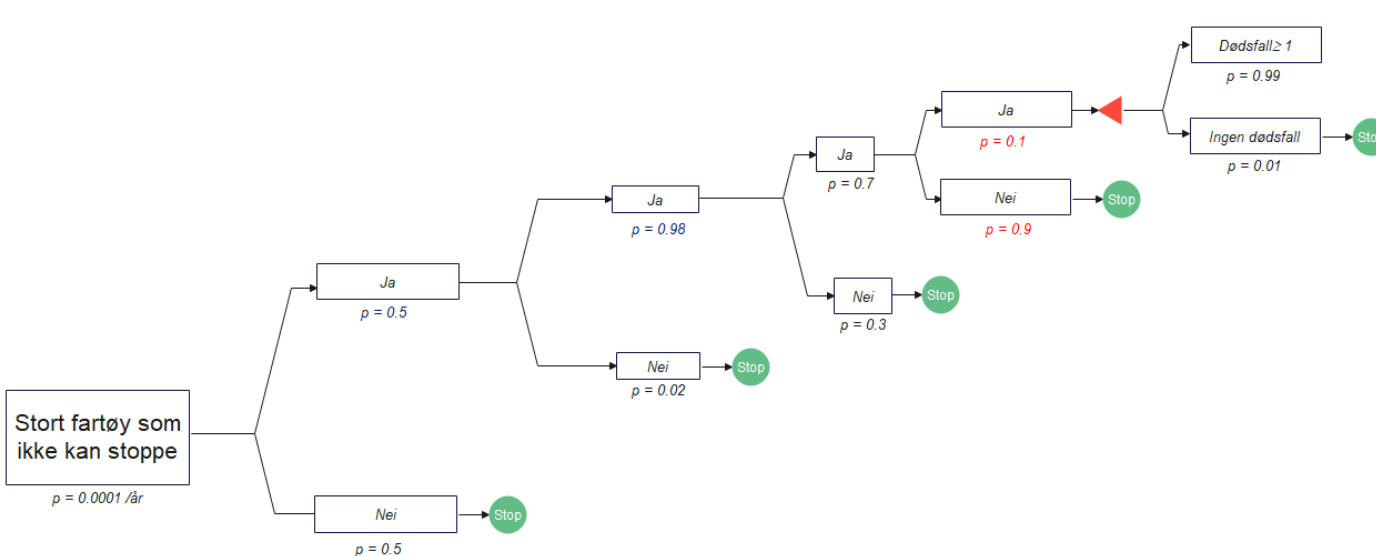
Stort skip som ikke kan stoppe (havari, dårlig vær, dårlig sikt eller menneskelig feil)?	Skip kolliderer med havneinstallasjoner eller kvikkleirehavbunn?	Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF til 1.0?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	--	---	-------------------	--	------------------------------



Figur E-9a. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 0, 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Skipskollisjon inn i havneinstallasjoner"

MOSS HAVN - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Skipskollisjon inn i havneninstallasjoner"
 Alle områdetiltak på plass

Stort skip som ikke kan stoppe (havari, dårlig vær, dårlig sikt eller menneskelig feil)?	Skip kolliderer med havneinstallasjoner eller kvikkleirehavbunn?	Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF til 1.0?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	--	---	-------------------	--	------------------------------



Stop Ikke skred
 Kvikkleireskred

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 3.43 \cdot 10^{-6} / \text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3.40 \cdot 10^{-5} / \text{år}$$

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 3.43 \cdot 10^{-6} / \text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3.40 \cdot 10^{-6} / \text{år}$$

Figur E-9b. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Skipskollisjon inn in havneinstallasjoner"

Tabell E-2. MOSS HAVN – SF=1,2 – Fase 0, 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Skipskollisjon inn in havneinstallasjoner"

Hendelse	Forklaring
<p>Skipskollisjon</p>	<p>Initierende hendelse</p> <p>Et skip som kolliderer inn i Moss havn kan skyldes havari, dårlig vær, dårlig sikt og/eller menneskelig feil. DNV Industry (2007) analyserte risikoen for at et skip støtter mot Sørenga i Oslo havn. Rapporten analyserte ulike scenarier som kan føre at skip treffer Sørenga. DNV studerte ulykkeslaster, menneskelig svikt, teknisk svikt og et "worst case" scenario. Skipstrafikk med cruiseskip, fergeanløp, godstrafikk og lokaltrafikk ble analysert, samt type fartøy. Fire antagelser ble gjort: fartøyet klarer ikke å gjenvinne manøvreringsevnen; fartøyet går ikke til grunn annet sted først; nødankring er ikke aktuelt; det ytes ikke assistanse fra taubåt.</p> <p>Ekstremvær er en faktor som erfaringsmessig har innvirkning på risiko for skipskollisjon. Sannsynlighet for slik værtilstand er imidlertid veldig lav, og det ble valgt å ikke ta dette med i analysen. I følge DNV (referanse under tabellen) vil kollisjoner mot Sørenga grunnet ekstrem vær opptre med en frekvens lavere enn 10^{-4}/år. Faren for forskjellige ulykkestilfeller ble beregnet som følger:</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Konklusjonen var at ulykkelaster opptrer med en frekvens mellom 10^{-4} (store skip) og $2 \cdot 10^{-2}$/år (lystbåter og fritidsbåter). For Moss havn, ble en initierende frekvens på 10^{-4}/år (passasjerskip eller cruiseskip) valgt. Lystbåter og fritidsbåter anses ikke som kapabel til å utgi nok energi ved et sammenstøt til å utløse et skred på sjøbunn. Frekvens på 10^{-4}/år antas som konservativ for Moss havn fordi den er basert på trafikk i Oslo havn som generelt har et større aktivitetsvolum enn Moss havn.</p>
<p>Skip kolliderer med havneinstallasjoner eller kvikkleirehavbunn?</p>	<p>Tap av kontroll på fartøyet vil ikke nødvendigvis medfører en kollisjon havneinstallasjoner eller kvikkleire i sjøbunn eller havneinstallasjoner. Om det gjør det er usikkert: $p = 0,50$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom skipet ikke kolliderer.</p>
<p>Poretrykksøkning i kvikkleire som reduserer SF til 1.0?</p>	<p>Ved et stort skip som kolliderer, er det mye energi som er løslatt. Det er nesten sikkert at poretrykksøkning vil forårsake en beregnet sikkerhetsfaktor (SF) nær 1,0: p (kritisk proetrykksøkning) = 0,98 (veldig sannsynlig til nesten sikkert).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom kritisk poretrykksøkning utvikles.</p>
<p>Utglidning skjer?</p>	<p>På samme måte er det også usikkert til sannsynlig at en utglidning vil skje, og den kan være stor: $p = 0,7$ (usikkert til sannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>

Hendelse	Forklaring
Utgilning forårsaker stor kvikkleireskred?	Når en utglidning har skjedd, er det igjen usikkert til sannsynlig at en utglidning vil skje, og den kan være stor: $p = 0,7$ (usikkert til sannsynlig). Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst ett liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv (hver for seg). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2.40 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2.38 \cdot 10^{-5}/\text{år}$
Fase 1, 2	Fase 1 (Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området), Fase 2 (deler av områdetiltakene på plass) har ingen påvirkning på sannsynlighetene i treet. Fase 3 (når alle områdetiltak er på plass på Kransen, Kleberget og Stasjonsområdet): Tiltakene styrker skråningene på land, og reduserer sannsynligheten for at utglidning utvikler seg til et stort kvikkleireskred. Sannsynligheten reduseres til $p = 0,01$ (veldig usannsynlig). $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,60 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,58 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

Referanse:

DNV Industry (2009). Skipsstøtt mor Sørenga. Rapport til HAV Eiendom AS. Rapport nr. 2007-1603. rev.3, 7 ,ai 2009. 93 sider.

VEDLEGG F HENDELSESTREANALYSER FOR DELOMRÅDET KLEBERGET

F1 Oversikt over analyser

Plansje F-1 gir en oversikt over analysene som er gjennomført med hendelsesanalysemetodikken som ble gjennomført.

Plansje F-1 Hendelsestreanalyser for Delområde KLEBERGET - FS= 1,2

Scenario	Figur nr	Tabell nr
Nedbør, overflate vann, erosjon	F-1 til F-3	F-1 til F-3
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	F-4 til F-6	F-4 til F-6
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	F-7 til F-9	F-7 til F-9
Flom	F-10 til F-12	F-10 til F-12
Brudd på vannledning (under bakken)	F-13 til F-15	F-13 til F-15
Menneskelig aktivitet, sprengning	F-16 til F-18	F-16 til F-18

Trærne er vist i fortløpende figurer for hver bruddmekanisme eller -årsak, for fase 0, fase 1, fase 2 og fase 3. Etter hvert tre følger en tabell der sannsynlighetsverdiene som er valgt i konsensus er forklart. Analysene er gjennomført med beste estimat av sannsynlighetsverdier i hver node i hendelsestrærne. I enkelte tilfeller er sensitivitetsanalyser gjort etter anbefaling fra workshopdeltagerne. Resultater fra de enkelte sensitivitetsanalyse er vist i forklaringstabellene.

I alle trær er sannsynlighetsverdiene for fase 0 vist i sort. For fase 1, 2 og 3 er endringer i sannsynlighetsverdiene i forhold til fase 0 vist i rødt. Vanligvis er resultatet fra den siste iterasjonen vist. Iterasjonene er omtalt i forklaringstabellene. Ellers inneholder tabellene flere detaljer. De respektive forklaringstabeller nevner om flere iterasjoner ble gjort. Alle iterasjoner er tilgjengelige på NGIs digitale prosjektområdet, hvis det skulle være behov for å gå tilbake til enkelte av analysene.

F2 Resultat fra analysene

Plansje F-2 viser beregnet årlig skredsannsynlighet pr mekanisme eller årsak og den beregnede totale årlige sannsynlighet for et stort kvikkleireskred og for minst ett dødsfall for delområdet Kransen. Den samme oppsummeringsplansjen finnes i Seksjon 5 i rapportens hovedtekst.

Plansje F-2. Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn – **Delområde KLEBERGET** - FS= 1,2

Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

- Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss
 Fase 1 Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området
 Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)
 Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Liten støttefylling, men ingen tiltak hvor glideflaten har lavest FS

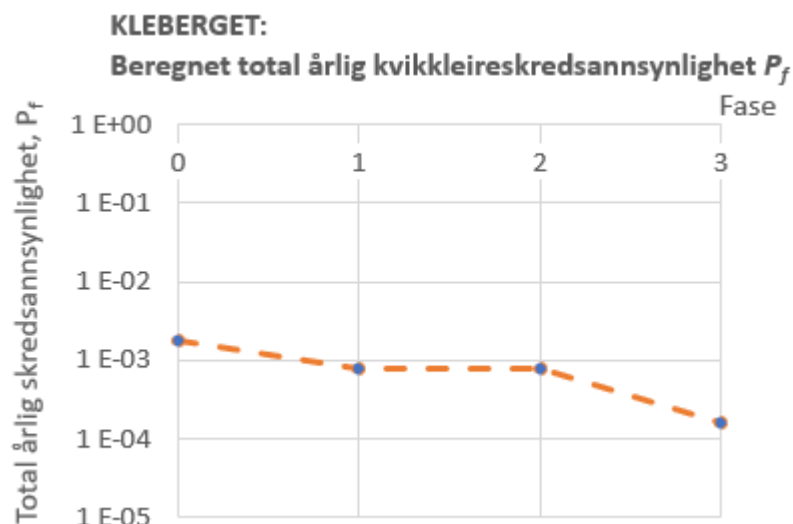
a) $P_{kvikkleireskred}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving i foten	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, sprengning	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

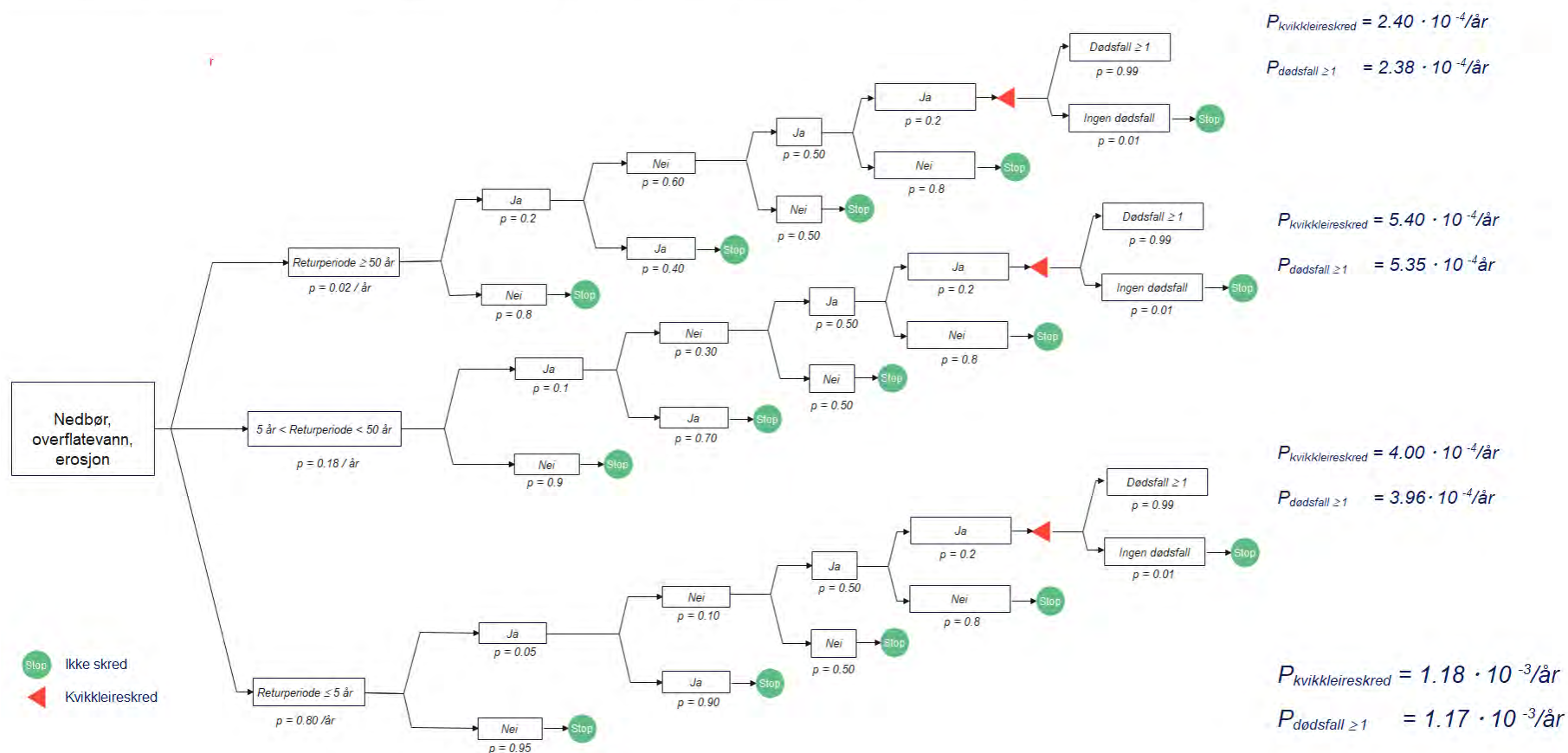
b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-4}$	$4,6 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,1 \cdot 10^{-5}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$7,5 \cdot 10^{-7}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	$9,9 \cdot 10^{-6}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$
Menneskelig aktivitet, sprengning	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$7,7 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-4}$



KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreakse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet)?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



Figur F-1. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell F-1. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

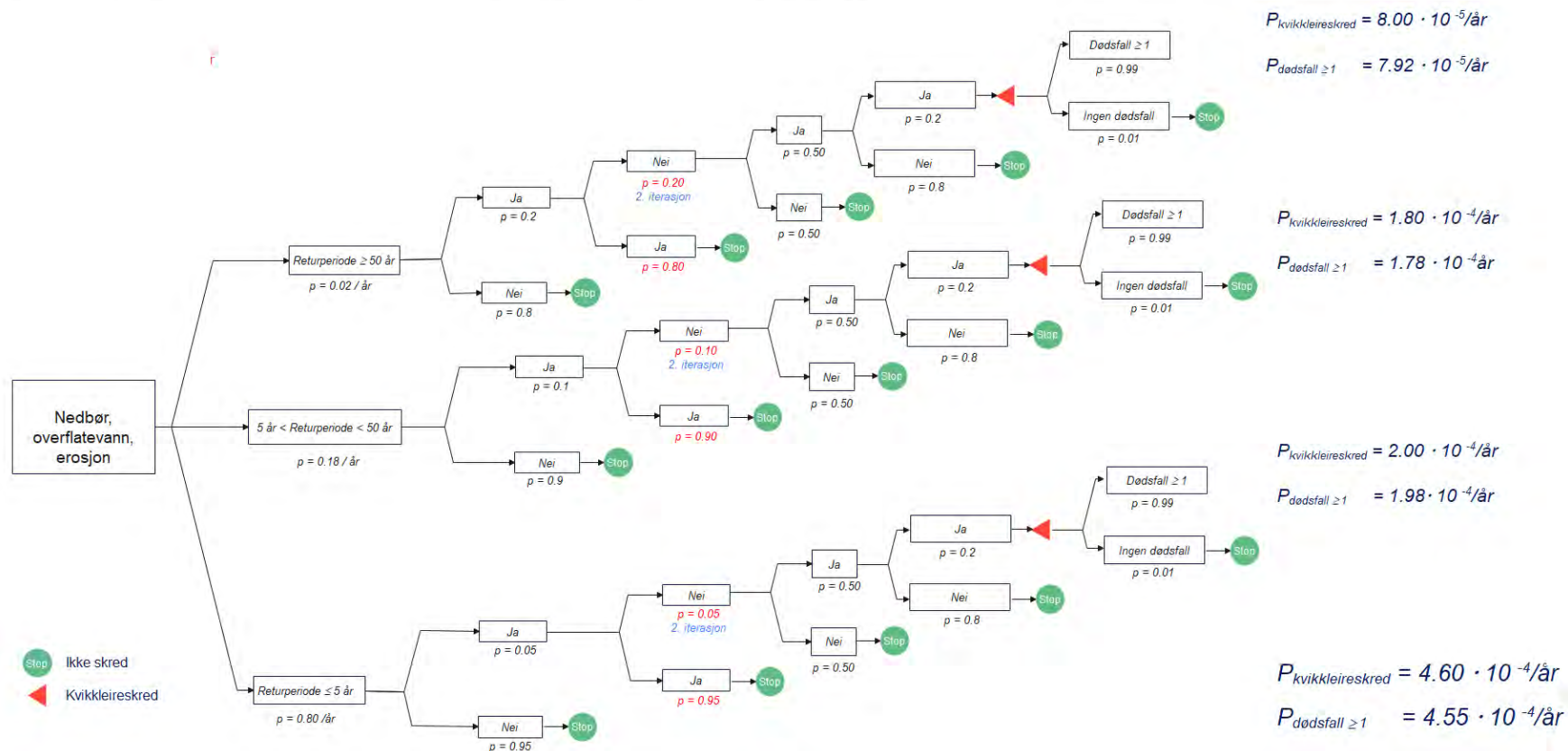
Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	<p>Initierende hendelse. Omfatter overvannsledninger, lukkede bekker (lekkasje, tilstopping), vann på avveie, erosjon. Workshopdeltagerne så på kart over mulige overvannsveier dersom ledninger går fulle (se kart i Vedlegg A). Det ble vurdert at det er større sannsynlighet for erosjon ved vann på avveie enn økt poretrykk ved ekstrem nedbør (se også hendelsestreet for Flom). Overvannsystemet er dimensjonert for 25 års nedbør + klimafaktor. De gamle overvannsledningene har mindre kapasitet enn dette. Slukledningene har mindre kapasitet, så det blir liggende mye vann rundt sluk.</p> <p>Forskjell mellom overvann Kransen og Kleberget er at sikkerheten på Kleberget er 1,2, mens den er 1,0 i Kransen, så skråningen på Kleberget er mer robust. Det er derfor mindre sannsynlig med destruktiv erosjon på Kleberget, men på den andre siden er det også mindre sannsynlig at dette området blir prioritert og at det dermed skjer en utbedring.</p>								
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	<p>For denne skredårsaken ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene skal dekke alle mulige nedbørhendelser, fra ingen nedbør til ekstreme nedbørhendelser. Nedbør med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre gren for denne analysen. Etter diskusjon ble nedbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake betydelig (destruktiv) erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre tas som laveste gren med en sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
$5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	<p>Gruppen uttrykte at det var sikkert at delområdet Kleberget har erfart en 50-års nedbørhendelse i løpet av de siste 100 år. Statistiske beregninger tilsier at sannsynlighet for at en 50-års storm skjer i løpet av 100 år er på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Kommunen kjenner ikke til at det oppstod problemer i Kleberget.</p> <p>Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold. Etter diskusjon vurderes det som at det er mer sannsynlig at det ikke skjer destruktiv erosjon enn at det skjer, derfor $p = 0,20$ (usikkert til usannsynlig) (var $p = 0,70$ på Kransen). For lavere returperiode ($5 \text{ år} < \text{RP} < 50$ år) ble $p = 0,10$ (usannsynlig) . Det er mye lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon med nedbør returperiode på 5 år enn på 50 år ($p = 0,05$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Kan erosjon oppdages og utbedres?	<p>Spørsmålet er om erosjonsskade og/eller lekkasje oppdages i tide og at utbedringen, hvis skade er oppdaget, er vellykket. Kommunen har eget utstyr, så de har mulighet for å utbedre erosjonsskade relativt raskt, men dersom det skjer på natta tar det lengre tid før utbedring skjer. Dersom kommunen vet at det er ekstremvær på gang så går kommunen på forhånd gjennom ev. tette sluk og stikkrenner og utbedrer dem. Fjordveien er Fylkesvei og blir trolig ikke prioritert av Fylkeskommune dersom det store problemer også andre steder. Dersom skader skjer ved mye nedbør på kort tid foretas ofte ikke utbedringer før stormen har lagt seg, da må man heller evakuere og vente på at nedbøren har gitt seg. Det er en del tette flater i området og derfor mindre infiltrasjon i grunnen. Det er relativt gamle rør i Fjordveien, som beskrevet ovenfor så har gamle rør mindre kapasitet enn nye rør. Etter</p>								

Hendelse	Forklaring
	<p>diskusjonen var man noe usikker på om den destruktiv erosjon kan bli utbedret tidsnok: sannsynligheten p for at erosjon ikke kan oppdages og utbedres ble derfor økt (i forhold til Kransen) til 60% (usikkert til sannsynlig i Tabell C-1) fordi det er et mindre område som kanskje ikke blir prioritert.</p> <p>Diskusjon rundt hvorvidt det er større sannsynlighet for utbedring når det er mindre nedbørsmengder: Argument for at det er større sannsynlighet for at det blir utbedret når det er mindre nedbørsmengder er at det er mindre sannsynlighet for at det er problemer andre steder. Valgte $p = 0,7$ for at skaden kan utbedres for returperioder mellom 5 år og 50 år. Det er større sannsynlighet at det blir utbedring dersom det er nedbør med $RP \leq 5$ år fordi det er sa færre tilfeller i kommunen som må utbedres ($p = 0.9$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom situasjonen er oppdaget og forbedret.</p>
Utglidning skjer?	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom destruktiv erosjon skjer og ikke utbedres blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert) for alle returperioder-</p> <p>Som nevnt, i år 2000 var det veldig mye nedbør og det ble ikke registrert utglidninger av betydning, noe som indikerer at det er lite sannsynlig at mye nedbør kan initiere en utglidning. SF er 1,2. Det er beregnet SF lik 1,0 på Kransen, og skråningen står allikevel. Det er derfor usikkerhet i beregningene. Gjennom diskusjonene, kom man tilbake til usikkert, med $p = 0.5$, gitt at det har skjedd destruktiv erosjon og at situasjonen ikke ble forbedret.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>I denne grene, er sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles ikke avhengig av intensitet av nedbør men av at en utglidning har først skjedd.</p> <p>For alle returperioder er sannsynlighetene like. Etter diskusjon vurderes det at under erosjon, overflatevann og erosjon er sannsynligheten $p = 0,2$ (Usikkert til usannsynlig). Det vurderes noe mindre sannsynlig at et stort kvikkleireskred ikke skjer enn at det skjer. Derfor er p noe lavere enn 0,5, men ikke sa lav som $p = 0,1$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,18 \cdot 10^{-3}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,17 \cdot 10^{-3}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Instrumentering, overvåkning, begrensninger på aktivitet i området
Liten støttefylling, ingen tiltak hvor glideflaten har lavest SF

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet)?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



Figur F-2. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

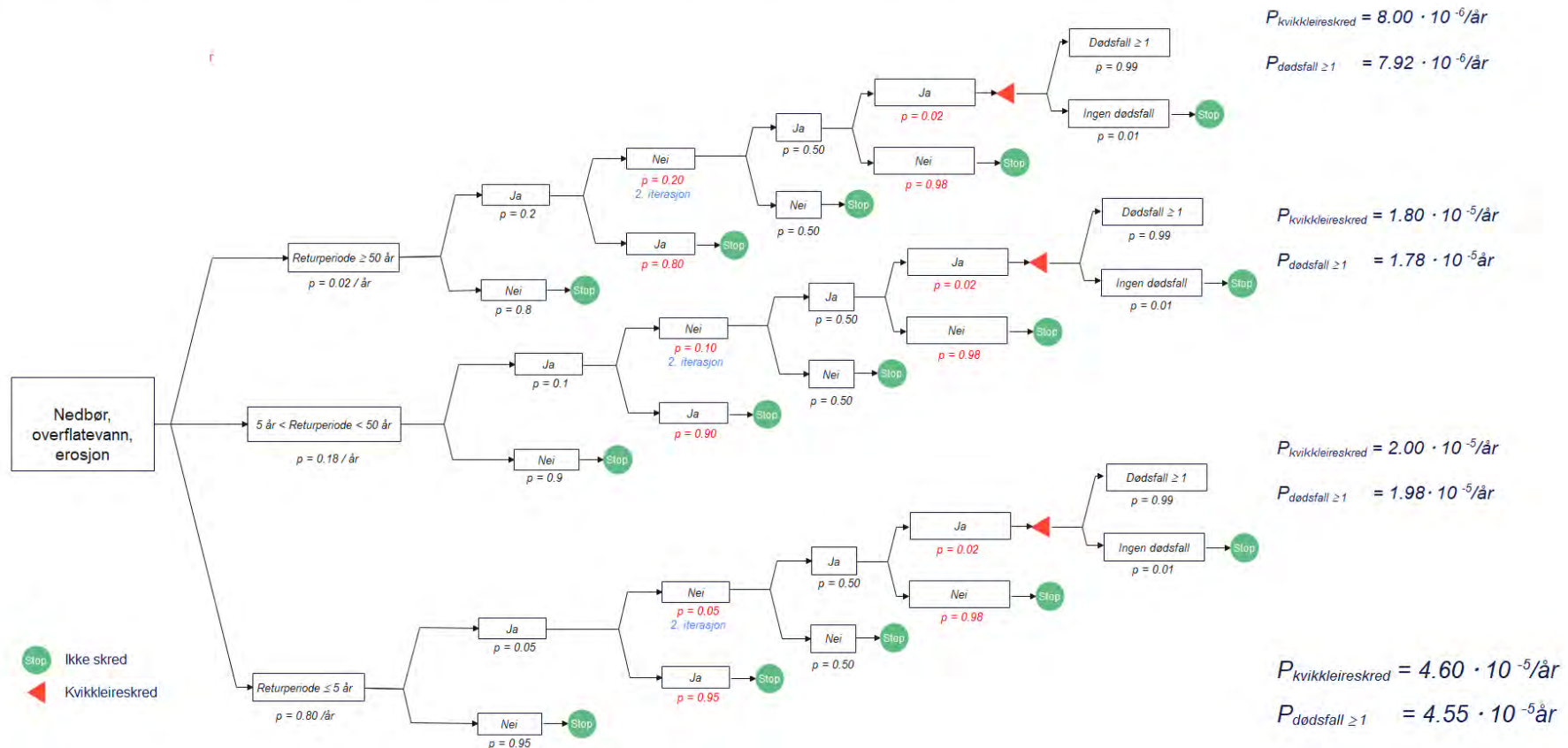
Tabell F-2. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreakse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget. Så fase 1 og fase 2 has samme hendelsestre.
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	Samme som fase 0.
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	Samme som fase 0.
Kan/erosjon oppdages og utbedres?	På Kleberget er det de samme tiltak under fase 1 som på Kransen-delområdet. Men det er ikke flere tiltak under fase 2. Det er overvåkning, befaring og instrumentering. Dette reduserer sannsynlighet for at erosjon ikke oppdages og at utbedringen ikke blir vellykket. Det ble gjort to iterasjoner. Annen iterasjon er vist i Figur F-2. Først ble det vurdert ingen endring i forhold til fase 0. Deretter ble sannsynlighetene for at erosjon ikke oppdages og at situasjonen ikke forbedres redusert til $p = 0,2$ (usikker til usannsynlig), $0,1$ (usannsynlig) og $0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig) henholdsvis for de tre returperioder.
Utglijning skjer?	Samme som fase 0.
Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,60 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,55 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Alle områdetiltak på plass

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningstabilitet)?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



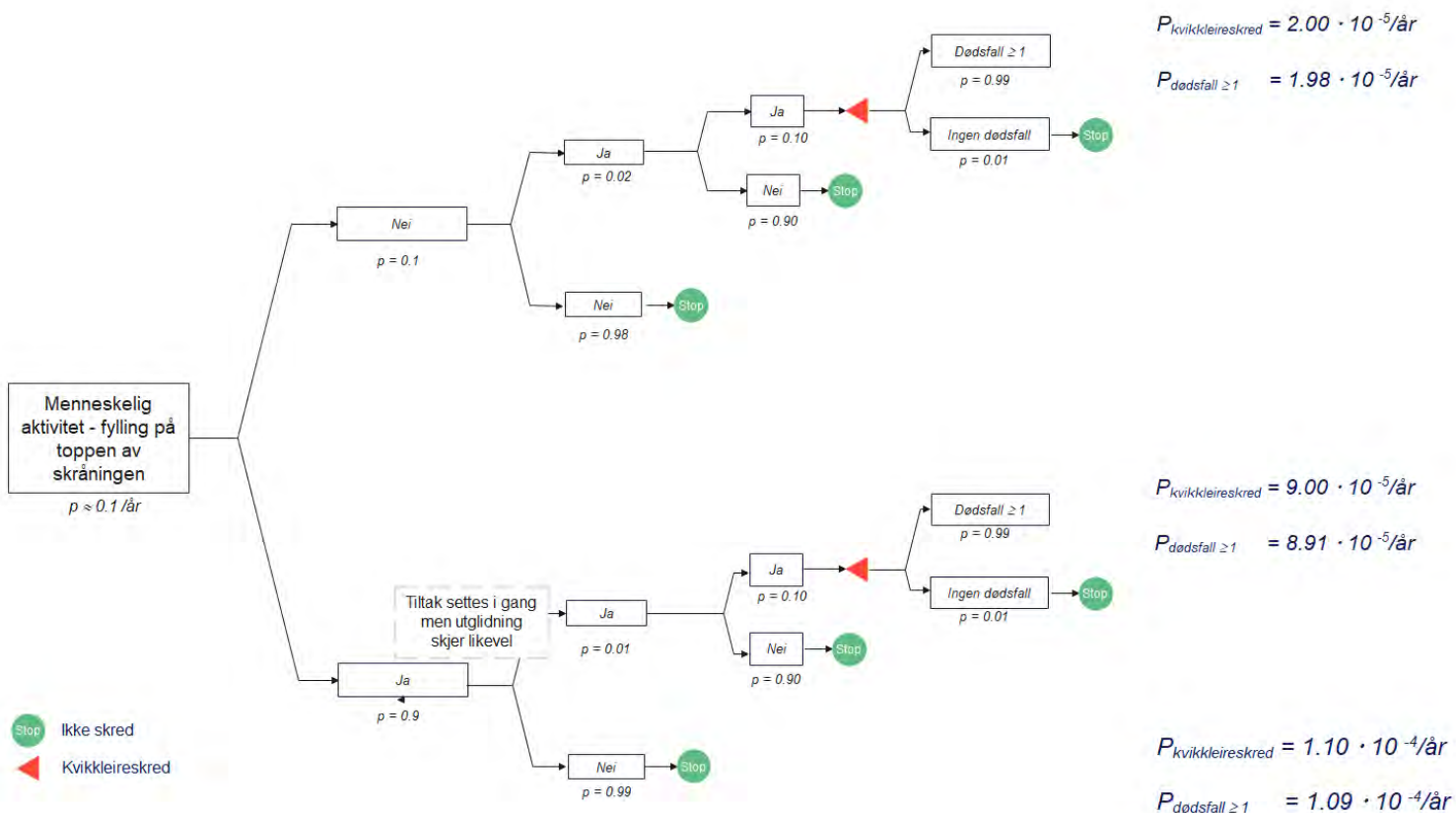
Figur F-3. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell F-3. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget.
Returperiode (RP) av "nedbørhendelsen"?	Samme som fase 1-2.
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet?	Samme som fase 1-2.
Kan/erosjon oppdages og utbedres?	Samme som fase 1-2.
Utglidning skjer?	Samme som fase 1-2.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Nå er alle områdetiltakene på plass. Det reduserer sannsynlighet for at en utglidning utvikler seg til et stort kvikkleireskred. For de tre flom returperioder reduseres sannsynligheten for et stort kvikkleireskred fra $p = 0,2$ (i fase 0, 1 og 2) til $p = 0,02$ (mellom usannsynlig til veldig usannsynlig).
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1-2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,60 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,55 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på topp"

Fylling på toppen av skråningen (ikke behndlet av kommunen)	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utgledning (stor) skjer?	Utgledning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



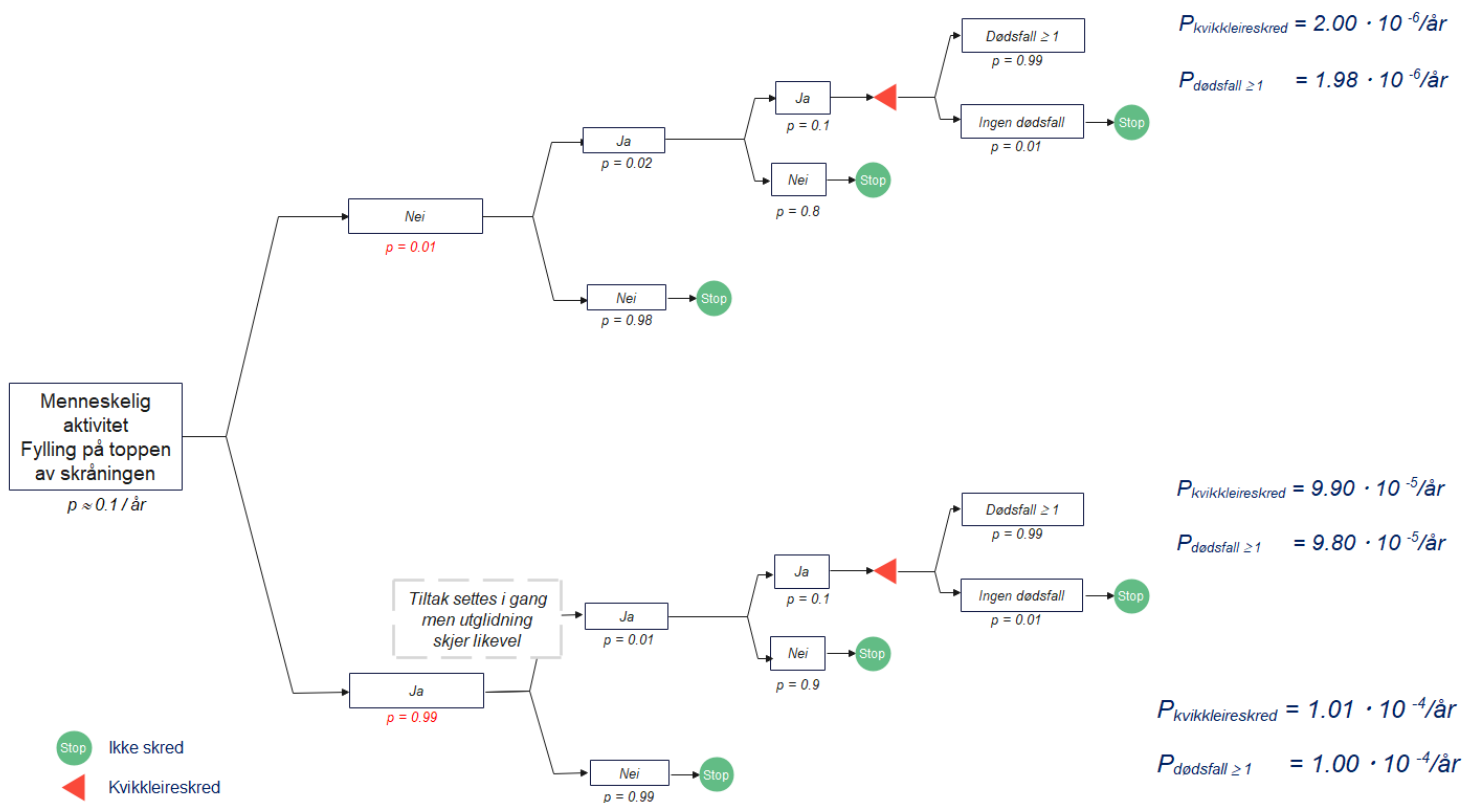
Figur F-4. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell F-4. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Etter diskusjon ble det bestemt å skille mellom 'fylling/masseflytting', 'graving' og 'sprengning/vibrasjon' (kun på Kleberget). Dette gjelder hendelser som ikke er behandlet av kommunen. Menneskelig aktivitet, fylling på toppen ble behandlet først.</p> <p>Hvor ofte kan en fylling av uvedkommende skje: det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per fem år, muligens en gang hvert 10. år. Det skjedde muligens oftere tidligere. Det ble konsensus om én gang per 10 år ($p = 0,1/\text{år}$).</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befaring og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlighet i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Det var flere byggesaker i 2016, og grunn til å tro at flere kunne da ha gjort tiltak som ikke ble oppdaget. Men Kleberget er et lite område, men få steder hvor slike "ikke-godkjente" tiltak kan gjøres (f.eks. ikke plass langs veien). Det er få beboere. Det ble konsensus at de var 'sannsynlig' at et inngrep (1-2-3 m fylling) vil oppdages og meldes inn til kommune: $p = 0,9$ (så $p = 0,1$ at det ikke oppdages).</p>
Utglidning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? Mange av uoppdagede fylling av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Det trengs en [2 til 3m x 30m fylling på toppen for å redusere sikkerhetsfaktor fra 1,25 til 1,0. Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses var $p = 0,02$ (usannsynlig til veldig usannsynlig). Hvis fyllingen oppdages, reduseres til $p = 0,01$ (usannsynlig). Det var konsensus at det var mindre sannsynlig at det skjer en utglidning dersom oppfyllingen oppdages og varsles.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Når utglidningen først skjer er det større sannsynlighet for at det skjer et kvikkleireskred på Kleberget enn på Kransen ettersom det er grunt til kvikkleiren. Men SF er 1,2 og ikke 1,0 som på Kransen. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,1$ (usannsynlig), både hvis fyllingen oppdages eller ikke oppdages. (Sannsynligheten på Kransen var på $p = 0,05$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,10 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,09 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen av skråningen"
 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommune)	Oppdages og meldes inn til kommune?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	-------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



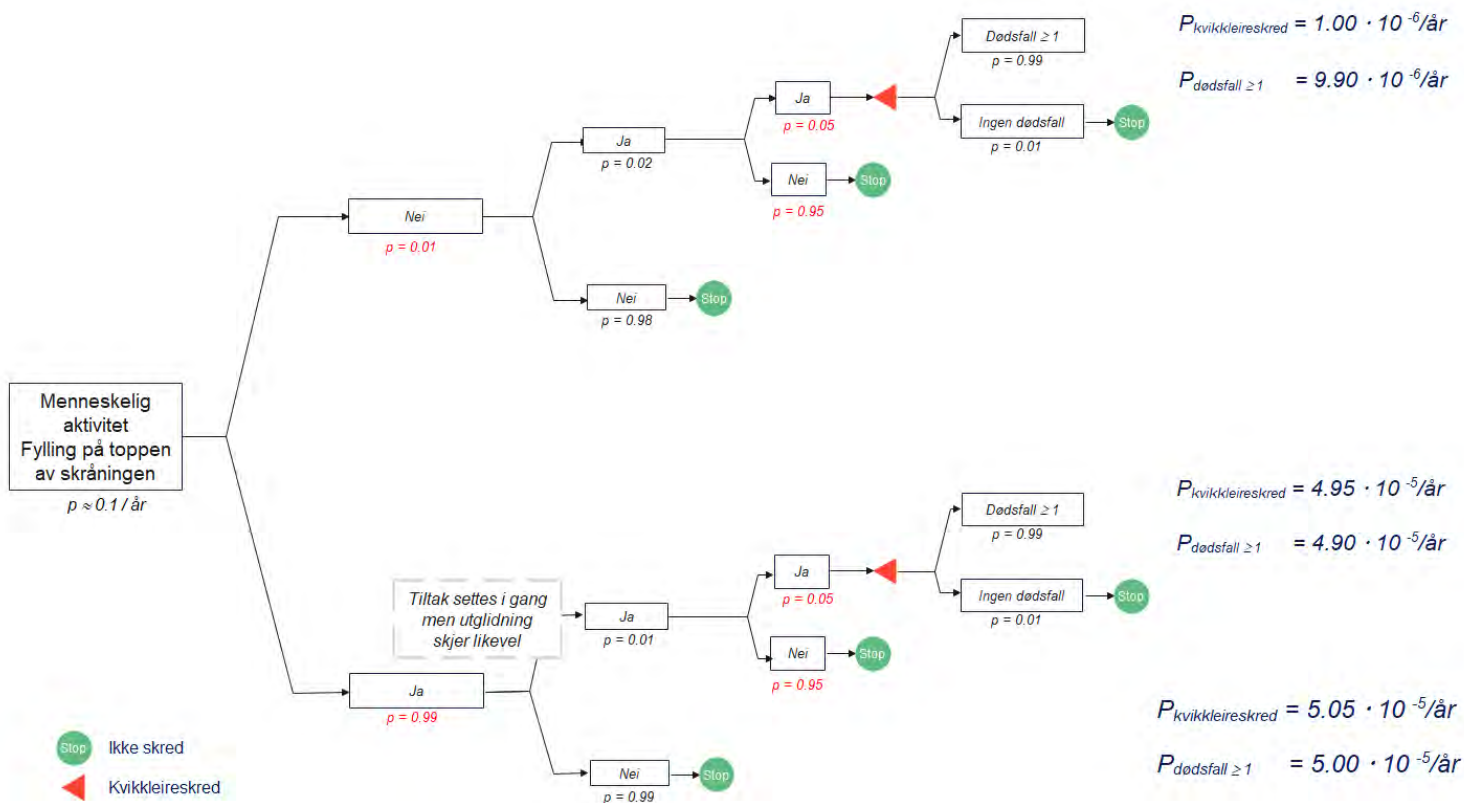
Figur F-5. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell F-5. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget. Så fase 1 og fase 2 has samme hendelsestre. På Kleberget er det de samme tiltak under fase 1 som på Kransen-delområdet. Men det er ikke flere stabiliseringstiltak på Kleberget under fase 2. Det er overvåkning, befaring og instrumentering. Gruppen var usikker på om naboen vil varsle. Ettersom det må fylles 2 til 3 m i 10 til 20 m bredde er det mindre sannsynlig at man ikke varsle en så stor fylling
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Instrumenteringen er plassert primært for Bane NOR sine arbeidere, og en bevegelse/begynnende utglidning i den kritiske skråningen på Kleberget vil i liten grad bli fanget opp av instrumenteringen til Bane NOR. Det bør vurderes å plassere instrumentering også i den mest kritiske skråningen, selv om den er utenfor influensområdet til den kritiske skråningen. Dette reduserer sannsynlighet for at erosjon ikke oppdages og at utbedringen ikke blir vellykket. Sannsynlighetene for at erosjon ikke oppdages og at situasjonen ikke forbedres redusert til $p = 0,02$ (i forhold til $p = 0,1$ i fase 0). Sannsynligheten er redusert ytterligere hvis inngrepet oppdages og meldes inn til kommunen. Det antas da at hvis oppdaget, tiltak settes i gang. Men det er mulig at utglidning skjer allikevel, som vist i treet i Figur D-5.
Utglidning skjer?	Samme som i fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som i fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som i fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,01 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,00 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen av skrånningen"
 Allre områdetiltak på plass

Fylling på toppen av skrånningen (ikke behandlet av kommune)	Oppdages og meldes inn til kommune?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	-------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



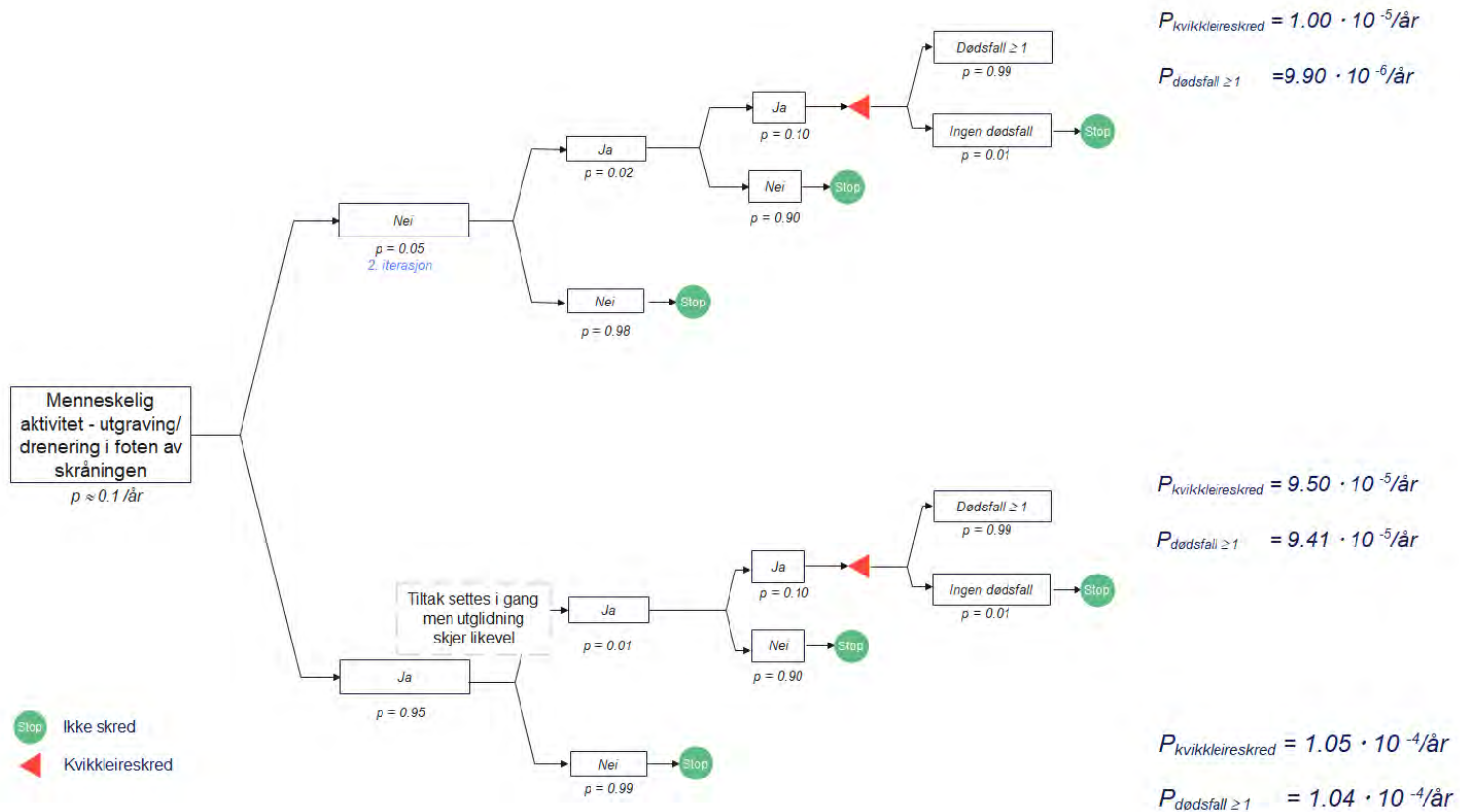
Figur F-6. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell F-6. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget. Så fase 1 og fase 2 has samme hendelsestre.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	På Kleberget er det de samme tiltak under fase 1 som på Kransen-delområdet. Men det er ikke flere tiltak under fase 2. Det er overvåkning, befaring og instrumentering. Dette reduserer sannsynlighet for at erosjon ikke oppdages og at utbedringen ikke blir vellykket. Sannsynlighetene for at erosjon ikke oppdages og at situasjonen ikke forbedres redusert til $p = 0,02$ (i forhold til $p = 0,1$ i fase 0). Sannsynligheten er redusert ytterligere hvis inngrepet oppdages of meldes inn til kommunen. Det antas da at hvis oppdaget, tiltak settes i gang. Men det er mulig at utglidning skjer allikevel, som vist i treet i Figur F-6.
Utglidning skjer?	Samme som i fase 1-2.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som i fase 1-2.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som i fase 1-2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,05 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,00 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten av skråningen"

Utgraving i foten av skråning (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



Figur F-7. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

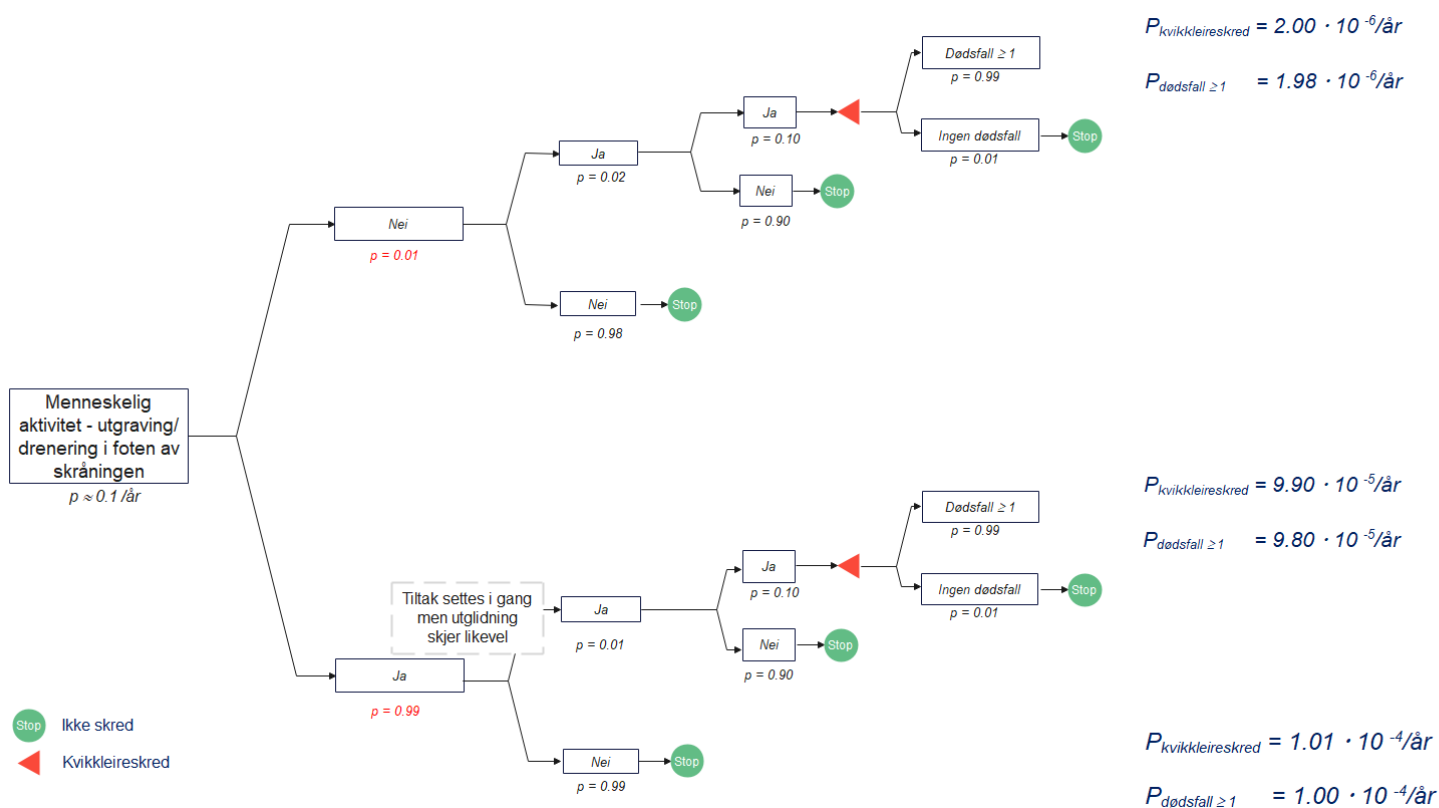
Tabell F-7. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Etter diskusjon ble det bestemt å skille mellom 'fylling/masseflytting', 'graving' og 'sprengning/vibrasjon'. Det er også her kun hendelser som ikke er behandlet av kommunen. Arbeider innebærer utgraving, grøfter og drenering i fot av skråningen. Er utgraving farligere enn fylling? Ja, sannsynligheten for at en utglidning skjer bør gå opp noe.</p> <p>Hvor ofte kan en utgraving i foten av en skråning av uvedkommende skje: det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per år, og ikke så ofte som en fylling, etter diskusjon ble én gang pr 2 år, så 5 år, og i 2. iterasjon i september 2022 ble det konsensus på én gang på 10 år ($p = 0,1/\text{år}$) ansett som det mest realistiske. Gitt at det trengs 2-3 m utgraving for å redusere FS ned til 1,0 på Kleberget, vil en så stor utgraving ikke skje så ofte. Moss kommune sine erfaringer på saker hvor det gjøres ting som ikke bygge meldes er at det graves litt oftere enn det fylles opp (men kun ca. 10 saker av totalt 300 saker som er ulovlig bygget gjelder fylling eller graving, og da flere av dem igjen gjelder graving).</p> <p>Det ble notert at for en utgraving pga. vannlekkasje at tiltak bør koordineres mellom kommune og BaneNOR i anleggsområdet, og at BaneNOR har geoteknisk vakttelefon. I tillegg, er Stikkveien i foten av skråningen er viktig å observere på Kleberget.</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befaring og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlighet i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Kleberget er et lite område, men få steder hvor slike "ikke-godkjente" tiltak kan gjøres (f.eks. ikke plass langs veien). Det er få beboere. Etter to iterasjoner ble det konsensus for at de var 'sannsynlig/veldig sannsynlig' at et så stort inngrep (1-2-3 m utgraving) vil oppdages og meldes inn: $p = 0,95$ (så $p = 0,05$ at det ikke oppdages). Når inngrepet varsles er det større sjanse for at tiltaket er større. Da er sannsynlighet for en utglidning høyere, men det kompenseres for at det varsles så at det kan stoppes før det skjer noe mer.</p>
Utglidning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? (2 til m høy, og 20 m lang). Mange av uoppdagede utgraving av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses var $p = 0,02$ (usannsynlig til veldig usannsynlig). Hvis utgravingen oppdages, anses p å være halvert ($p = 0,12$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,1$ (usannsynlig), både hvis utgravingen oppdages eller ikke oppdages.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,05 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,90 \cdot 10^{-5} / \text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1-2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten av skråningen"

Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensning på aktiviteten i området.

Utgraving i foten av skråning (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



Figur F-8. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

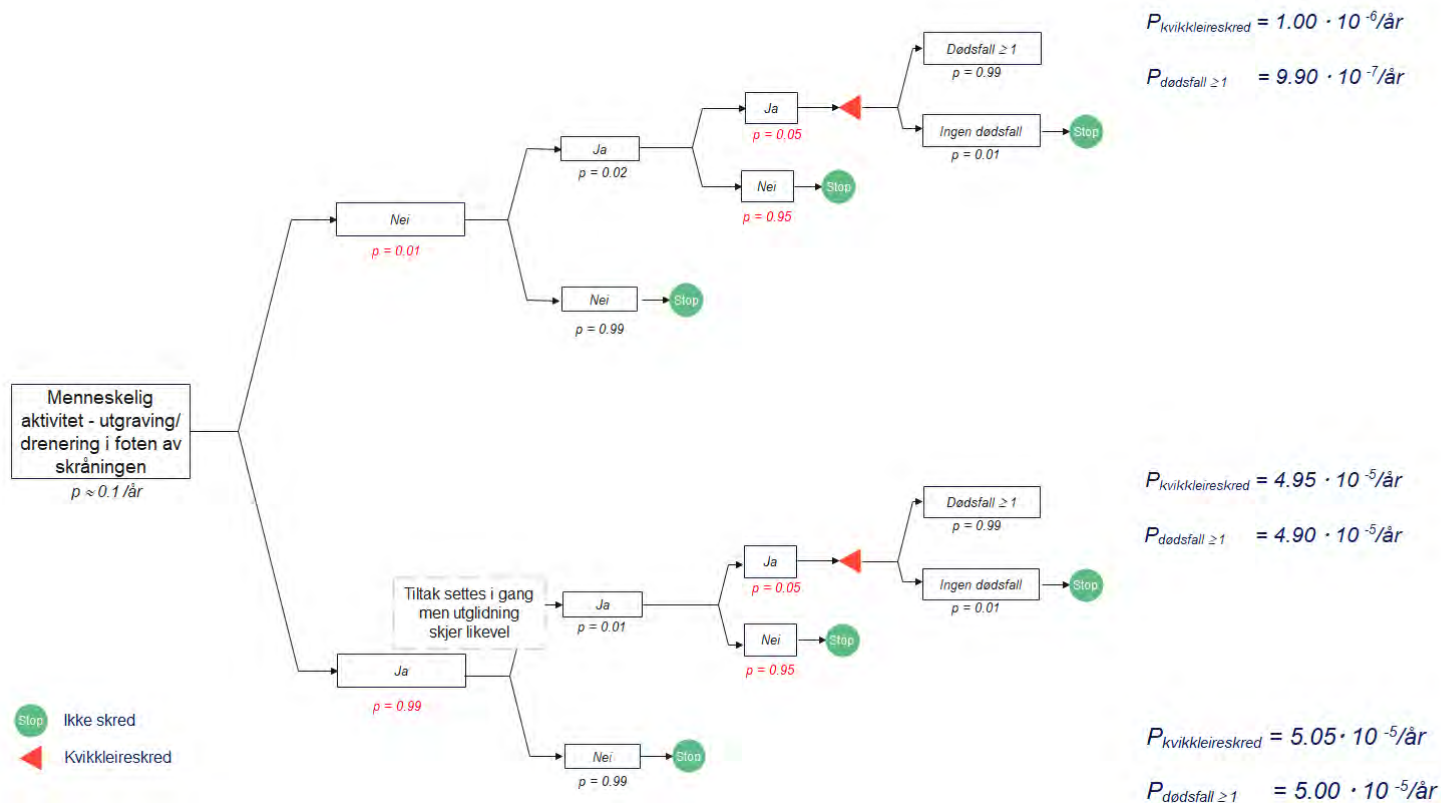
Tabell F-8. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreakanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 0. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget. Så fase 1 og fase 2 har samme hendelsestre. På Kleberget er det de samme tiltak under fase 1 som på Kransen-delområdet. Men det er ikke flere stabiliseringstiltak på Kleberget under fase 2. Det er overvåkning, befaring og instrumentering. Gruppen var usikker på om naboen vil varsle. Ettersom det må utgraves 2 til 3 m i 10 til 20 m bredde til å redusere SF ned til 1,0 er det mindre sannsynlig at man ikke varsle en så stor utgraving.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Instrumenteringen er plassert primært for Bane NOR sine arbeidere, og en bevegelse/begynnende utglidning i den kritiske skråningen på Kleberget vil ikke nødvendigvis bli fanget opp av instrumenteringen til Bane NOR. Det bør vurderes å plassere instrumentering også i den mest kritiske skråningen, selv om den er utenfor influensområdet til den kritiske skråningen. Instrumenteringen allikevel reduserer sannsynlighet for at erosjon ikke oppdages og at utbedringen ikke blir vellykket. Det er nå nye poretrykks- og helningsmålere (installert 2022). Sannsynligheten for at utgraving ikke oppdages og at situasjonen ikke forbedres redusert til $p = 0,01$ (i forhold til $p = 0,05$ i fase 0). Sannsynligheten er redusert ytterligere hvis inngrepet oppdages og meldes inn til kommunen. Det antas da at hvis oppdaget, tiltak settes i gang. Men det er mulig at utglidning skjer allikevel, som vist i treet i Figur F-8.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,01 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,00 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten av skråningen"

Alle område tiltak på plass

Utgraving i foten av skråning (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	--------------------------	--	------------------------------



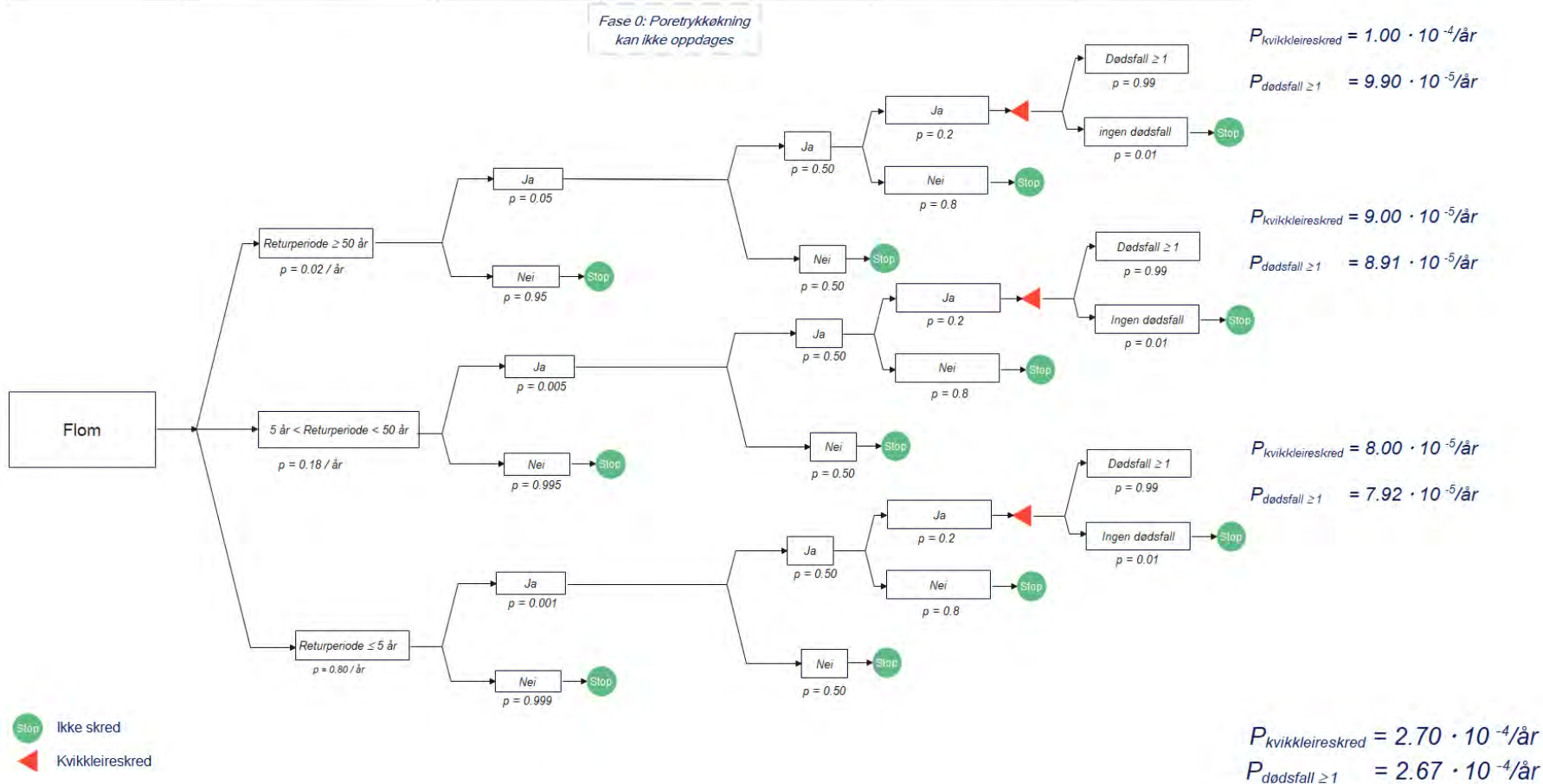
Figur F-9. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell F-9. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 1-2. Det er ikke noe områdetiltak der SF er 1,2 på Kleberget. Så fase 1 og fase 2 has samme hendelsestre.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	Samme som fase 1-2.
Utglidning skjer?	Samme som fase 1-2.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig), både hvis utgravingen oppdages eller ikke oppdages. Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1-2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,05 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,00 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Flomhendelse?	Returperiode av flom/ nedbør?	Kritisk poretrykkøkning?	Poretrykk oppdages?	Utgilning skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------	------------------	---	------------------------------



Figur F-10. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Flom"

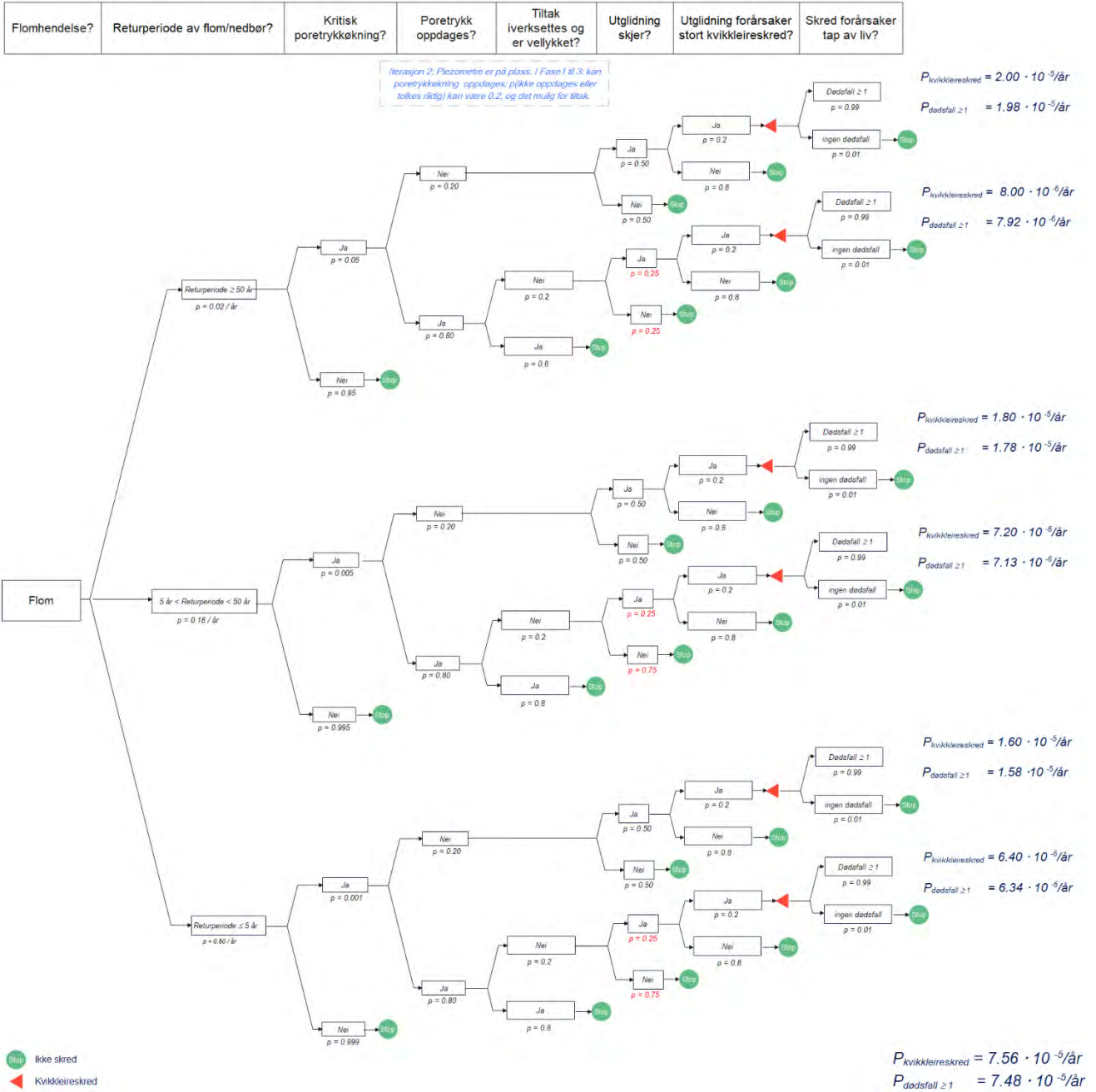
Tabell F-10. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreakanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	<p>Initierende hendelse. De som representerte Moss kommune hadde ikke kjennskap til om det hadde skjedd skred/utglidning i forbindelse med de store nedbørmengdene i 2000 i kommunen. I år 2000 ble det ikke registrert utglidninger av betydning, noe som indikerer at det er lite sannsynlig at nedbør kan initiere en utglidning. Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold.</p>								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	<p>For flomhendelser ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene dekker alle mulige nedbørhendelser, fra ingen flom til ekstreme flom. Flom med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre gren for denne analysen. Etter diskusjon ble nedbør med $RP \leq 5$ år ansett å også kunne forårsake kritisk poretrykkøkning som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre har som laveste gren med en årlig sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Kritisk poretrykkøkning?	<p>Gruppen uttrykte at det var sannsynlig at delområdet Kransen har erfart en 50-års flom i løpet av de siste 100 år. Statistiske beregninger tilsier at sannsynligheten for at en 50-års flom skjer i løpet av 100 år er på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Gruppen var usikker på hva som vil skje dersom det blir flom med en returperiode ≥ 50 år, men mente at det var usannsynlig til veldig usannsynlig at det vil oppstå et kritisk poretrykk i skråningen pga. flom ($p = 0,05$). For den laveste flom kategori (RP ≤ 5 år), ble det ansett som nesten umulig at poretrykkene vil være kritiske ($p = 0,001$). For den midtre grenen ble det valgt en sannsynlighet inn i mellom ($p = 0,005$). Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Poretrykk oppdages?	<p>Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0.</p> <p>Det var ikke installert poretrykksmålere i 2000, så hvordan poretrykksituasjonen var i 2000 vet man ikke. Enighet om at dersom det skjer en kritisk poretrykkøkning vet man ikke hva som kan skje.</p>								
Utglidning skjer?	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom uoppdagete kritisk poretrykk utvikles i skråningen, så blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert), for alle tre flomreturperioder. Som nevnt, i år 2000 var det veldig mye nedbør, og det ble ikke registrert utglidninger av betydning, men det var ikke, antagelig, under en 50-år (eller større) flom.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Det vurderes som mindre sannsynlig at det oppstår et kvikkleireskred selv om man får en utglidning. Det ble valgt en sannsynlighet på $p = 0,2$ (usikker til usannsynlig) for at en utglidning utløser et stort kvikkleireskred. Tallet gjelder for all tre returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>								

Hendelse	Forklaring
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". Et skred fra bunnen kan forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,70 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,67 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1, 2 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i område, ellers ingen tiltak

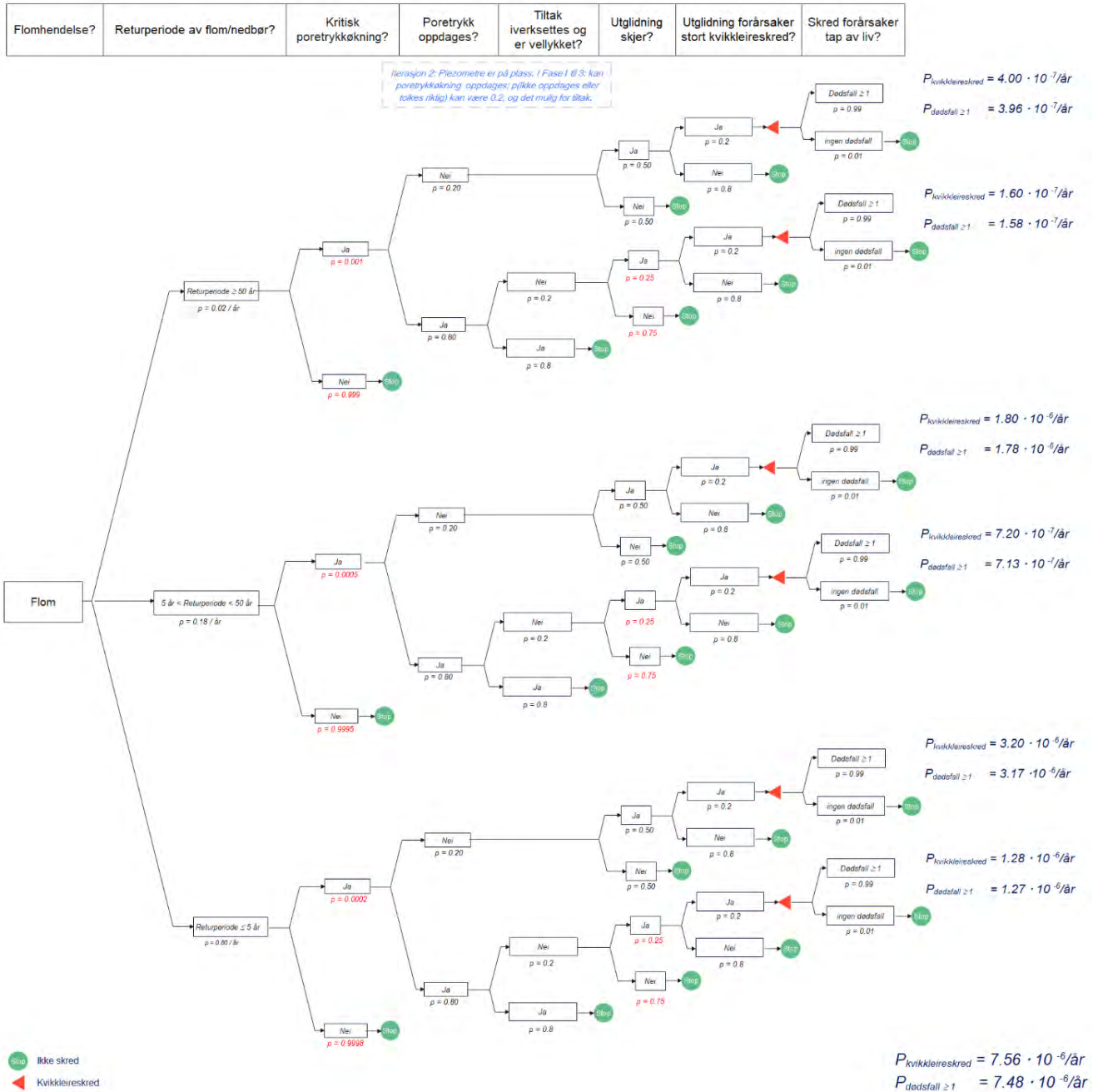


Figur F-11. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell F-11. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 0. Hendelsestreet har ett ekstra ledd sammenlignet med treet for fase 0.
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 0.
Kritisk poretrykkøkning?	Samme som fase 0. Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0. Det ble gjort to iterasjoner. I den første iterasjon ble et hendelsestre som under fase 0 brukt, uten at en poretrykkøkning kunne oppdages. I iterasjon 2 er det tatt hensyn til at piezometre er på plass (fra fase1 til 3), og at poretrykkøkning kan oppdages. Hvis poretrykkøkning oppdages kan det iverksette tiltak for å motvirke poretrykkøkningen. Kun iterasjon 2 er vist i Figur F-11. Det ekstra leddet ble lagt inn fordi det er poretrykkmålere på plass, og fordi poretrykkøkningen vil skje over noen dager eller uker. Med tid, er det reelt mulig å iverksette tiltak. Sannsynligheten for at poretrykkøkning ikke oppdages eller ikke tolkes riktig er mellom 'usannsynlig og veldig usannsynlig' ($p = 0,2$). Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hvis poretrykkøkningen ikke oppdages går grenen direkte til utglidning.
Poretrykkøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Hvis poretrykkøkning oppdages, er sannsynligheten for at tiltak iverksettes og er vellykket er mellom 'sannsynlig og veldig sannsynlig' ($p = 0,8$), med muligens til og med tid til varsling. Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hendelsestreet stoppes dersom tiltak er vellykket.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0, men i tilfellet hvor poretrykkøkningen er oppdaget og at tiltakene ikke er vellykket, er det allikevel en forbedring med tiltakene. Sannsynligheten for at utglidning skjer settes til $p = 0.25$ for alle tre returperioder. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,56 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,48 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"
Alle områdetiltak på plass



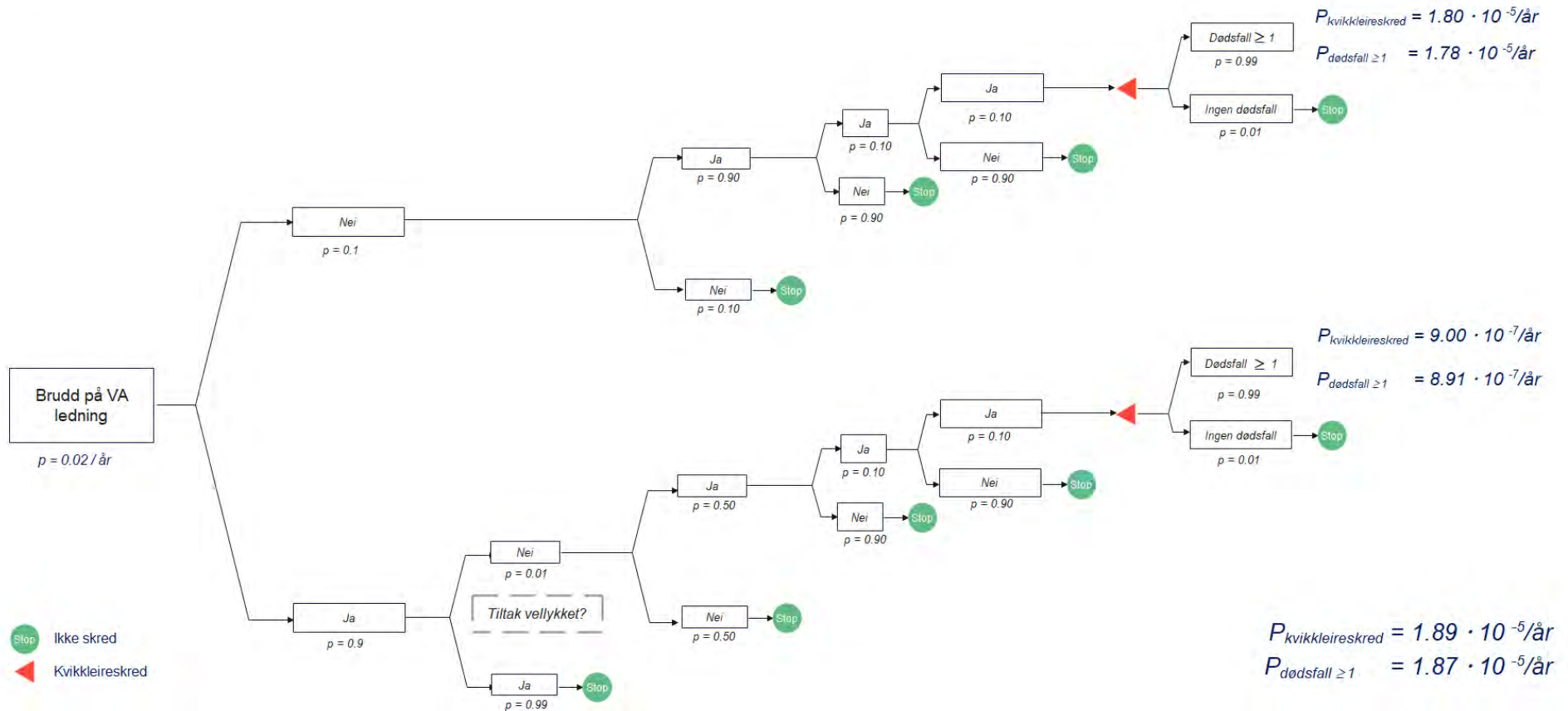
Figur F-12. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell F-12. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 2. Hendelsestreet er det samme som i fase 1.								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 2.								
Kritisk poretrykkøkning?	Nå at alle områdetiltakene i hele faresonen Moss havn er på plass er det mye mindre sannsynlig at et kritisk poretrykk bygges opp. Sannsynlighetene for en kritisk poretrykkoppbygging når alle områdetiltakene er på plass ble vurdert som (basert på analysene for Kransen-delområdet): <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,0005$ (noe lavere)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,0002$ (enda lavere)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning	≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (noe lavere)	≤ 5 år	$p = 0,0002$ (enda lavere)
Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning								
≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (noe lavere)								
≤ 5 år	$p = 0,0002$ (enda lavere)								
Poretrykksøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Samme som fase 2.								
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Samme som fase 2.								
Utglidning skjer?	Samme som fase 2.								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.								
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 2.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,56 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,48 \cdot 10^{-6}/\text{år}$								

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur F-13. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell F-13. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

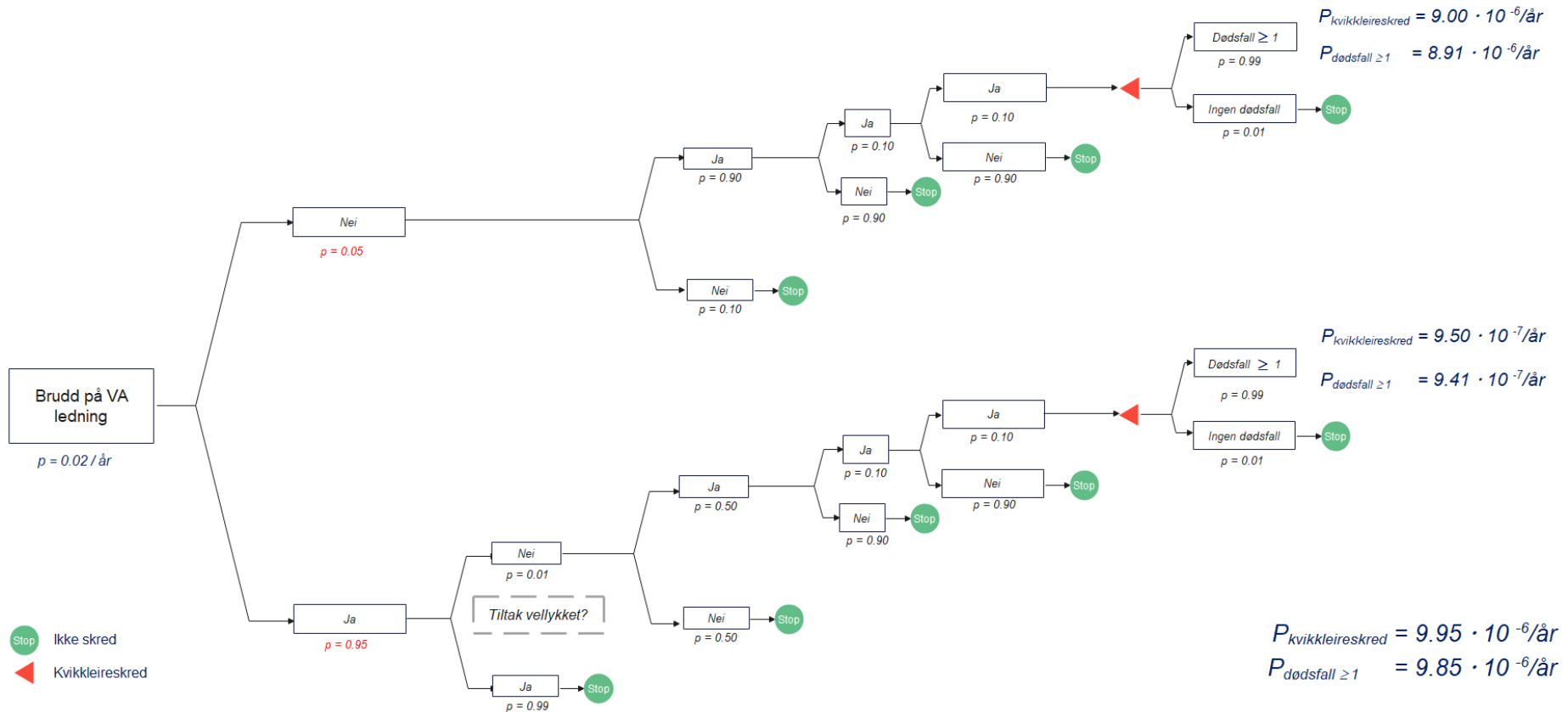
Hendelse	Forklaring
Brudd på VA-ledning?	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Brudd på VA-ledninger/overvannsledning: gjelder alle trykksatte ledninger, trykksatte hovedledning eller spillvann/kloakk. Det er mindre trykksatt i spillvann/kloakkledninger. Moss kommune sier at de har hatt ett brudd på 8-10 år (det var et brudd på en av de gamle ledningene for ca. 15-20 år siden). Det har vært 2 ledningsbrudd i de siste 2 år på Kleberget, en av dem veldig stor. I gammelt og dårlig del av rørledningsnettet er vannlekkasje ganske sannsynlig, men Kleberget har nye ledninger (kart over vannledninger i Vedlegg A). Kleberget er ikke bare "berg" Rørledninger er enten i leire eller i fyllmassene over leire. Sannsynlighet av en lekkasje (etter 2. iterasjon) ble redusert til én gang pr 5 år ($p = 0,02$). Det var enighet i: Hvor ofte kan et brudd i VA-ledninger skje på Kleberget? Én gang pr. 5 år ($p = 0,2/\text{år}$), etter diskusjon, og annen iterasjon.</p>
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	<p>Hva skjer ved brudd? Utvasking av grunnen, økt poretrykk. Det oppdages ved at man mister trykket i vannledningen eller at vannet kommer opp på overflaten. Mindre lekkasjer oppdages ikke, men større lekkasjer oppdages dersom folk mister vannet i krana eller man ser at vannet kommer opp. I følge kommunen, oppdages de fleste lekkasjer. Flere ringer inn og varsler.</p> <p>Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 10\%$ (usannsynlig). Moss kommune mener at det stor sannsynlighet for at lekkasje på trykksatte ledninger oppdages, så $p = 90\%$.</p>
Er tiltak vellykket?	<p>Gjelder kun hvis lekkasje er oppdaget. Hvis oppdaget er det veldig sannsynlig at tiltaket blir vellykket ($p = 0,99$, veldig sannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom tiltak er vellykket.</p>
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	<p>Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Dersom erosjon ikke skjer må vannet gå rett i en avløpsledning: Minste motstands vei. I de fleste tilfeller vil det følgelig skje erosjon. Moss kommune mener at det er stor sjanse for at det oppstår destruktiv erosjon/indre erosjon dersom lekkasjen ikke oppdages. Etter diskusjon ble det vurdert at hvis lekkasje ikke oppdages i løpet av 12 timer, er det sannsynlig ($p = 0,90$) at destruktiv erosjon vil skje. Derimot, hvis lekkasje er oppdaget og tiltak er satt i gang, reduseres sannsynligheten for erosjon til $p = 0,50$ (usikkert).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>
Utglidning skjer?	<p>Dersom det vaskes ut i et område med kvikkleire (SF = 1.2) er det fortsatt mulighet for at det ikke vil kunne forplante seg bakover. Samtidig er ledninger som regel lagt i en grøft med bedre masser enn stedlige dersom de stedlige er bløt leire. For nyere ledninger er det tilbakefylt med gode masser. Selv om destruktiv erosjon skjer ble det ansett som usannsynlig at en utglidning av stor betydning ville skje ($p = 0,10$), både for oppdaget og ikke oppdaget lekkasje.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynlighets estimater for at en utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred gikk fra $p = 0,9$ (sannsynlig) til 0,5 (usikkert) til 0,1 (usannsynlig). E kransen diskusjon. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er avhengig av at en utglidning har først skjedd. Det ble vurdert som usannsynlig at et stort kvikkleireskred skjer. Derfor ble $p = 0,1$.</p> <p>Det ble en diskusjon om en sannsynlighet på 0,10 var for lav. Dersom vannet greier å vaske ut 1 til 1,5m, mistes motvekt langs en glideflate som da kan medføre et brudd. På den annen side er dette er et område som har vært utsatt for stor fysisk aktivitet de siste 100-200 årene. Likevel har det ikke gått et stort skred. Det sier noe om konservatismen som ligger inne. Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.</p>

Hendelse	Forklaring
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,89 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,87 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreakse "Brudd på vannledning"

Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglidning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur F-14. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreakse "Brudd på vannledning"

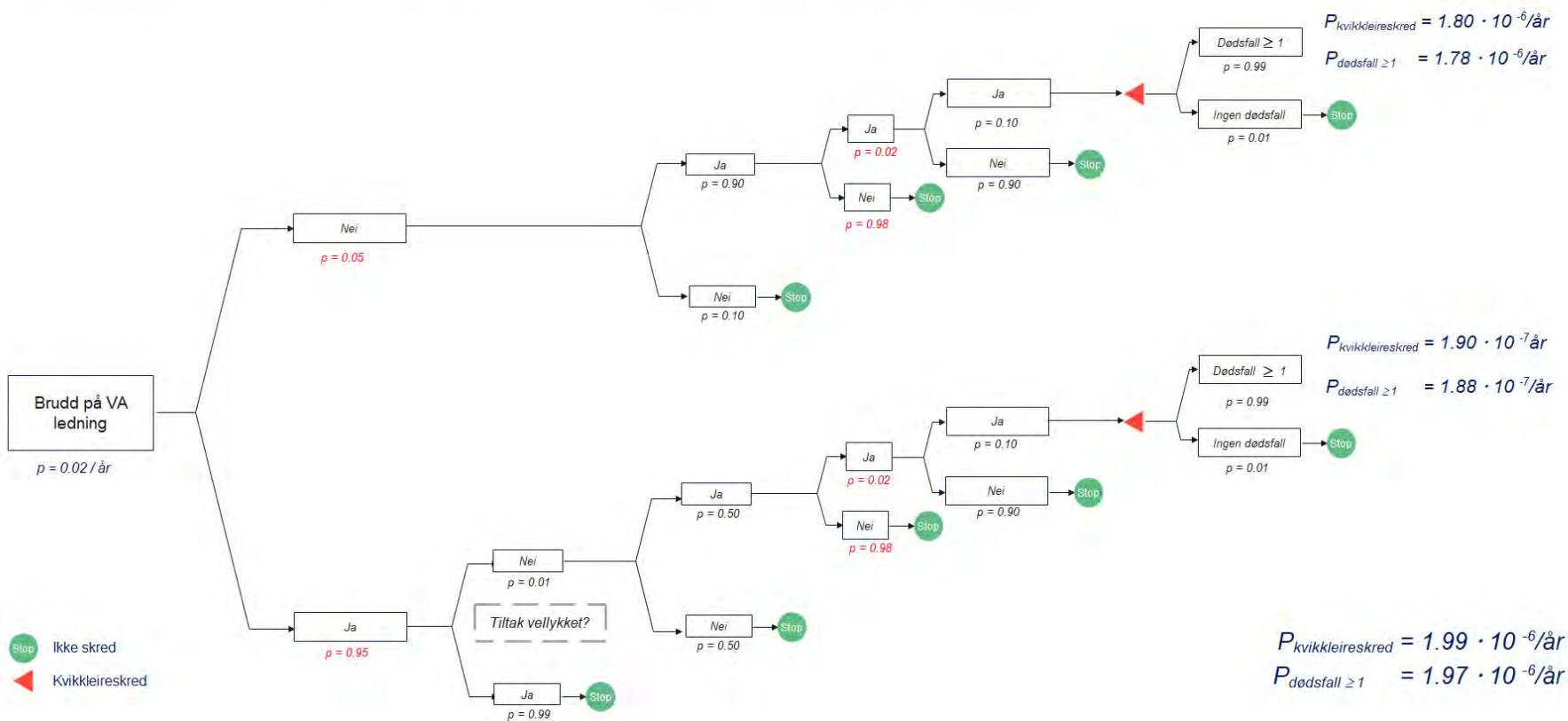
Tabell F-14. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreakanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA- ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 0. Det er ikke noe områdetiltak på Kleberget det skråningen har en SF på 1,2. Treet er det samme for fase 1 og 2.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Det er nå flere folk på stedet, de er mer bevisst, og det blir mange flere visuelle observasjoner. Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), fordi det er flere folk som er opptatt av observasjoner og betydningen av et brudd på vannledning. .
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 0.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skrånings- stabilitet) skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 0.
Sannsynlighets- beregning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 9,95 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,85 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Alle område tiltak på plass

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



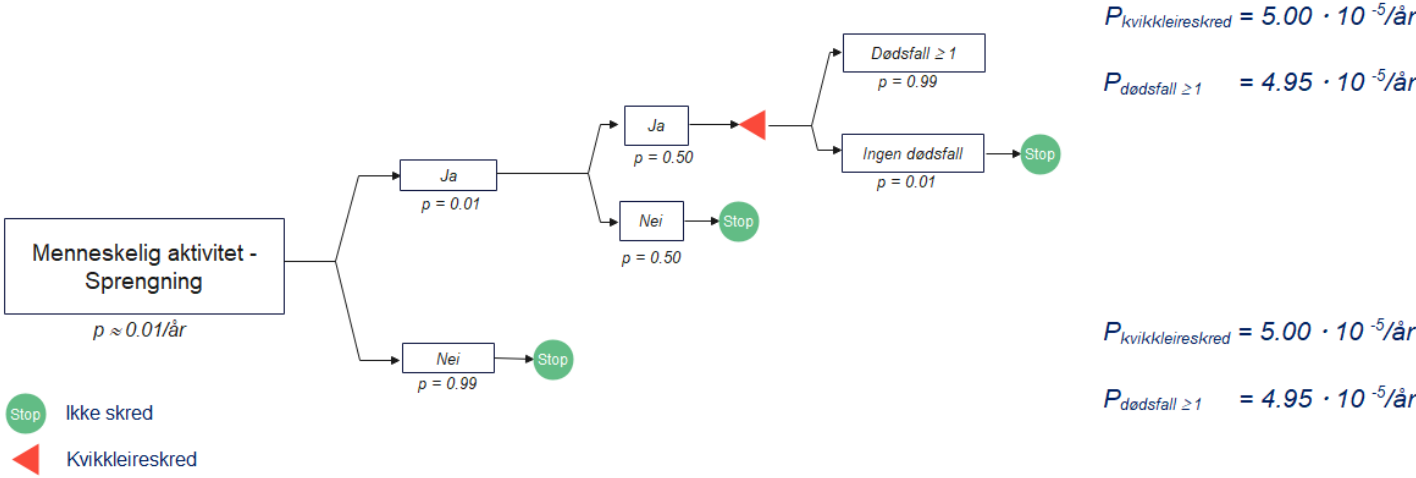
Figur F-15. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell F-15. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring
Brudd på VA-ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 1-2.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Samme som i fase 1-2.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 1-2.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	Samme som fase 1-2.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltak på plass reduseres sannsynligheten for at en utglidning skjer til mellom usannsynlig og veldig usannsynlig, og p settes til 0,02 (noe mer sannsynlig enn for Kransen-delområdet). Med alle områdetiltak på plass, hvis lekkasjen er oppdaget, men tiltak ikke er vellykket anses det at det er like sannsynlig at en utglidning vil skje ($p = 0,02$). (Igjen er Kleberget et mindre område som antagelig ikke blir prioritert like høyt for tiltak som Kransen-delområdet.)
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1-2.
Skred forårsaker tap av liv?	Samme som fase 1-2.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,99 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,97 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Sprengning (ikke av BaneNor, men av andre)?	Utglijning (stor) skjer?	Utglijning forårsaker stor kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------	---	------------------------------



Figur F-16. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

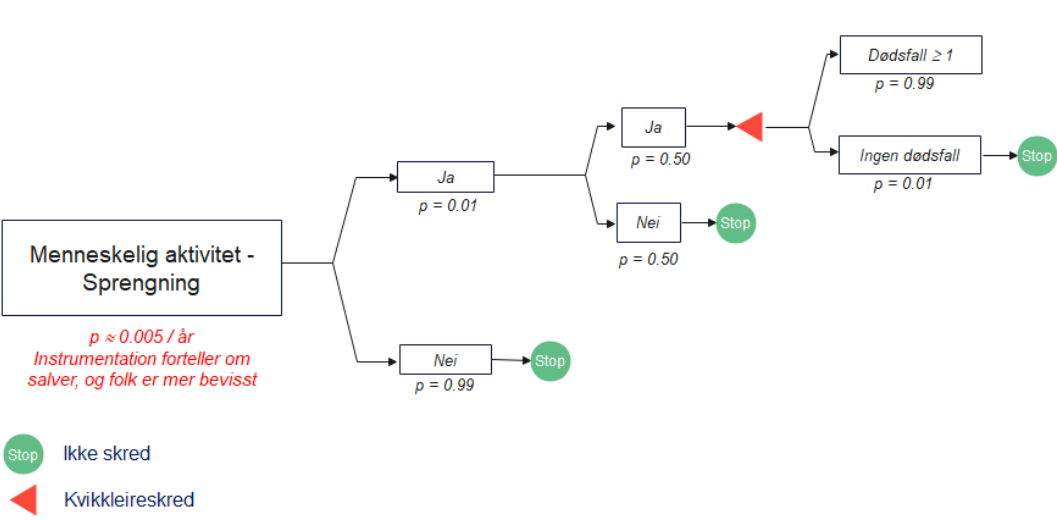
Tabell F-16. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Hendelse	Forklaring
Sprengning?	<p>Initierende hendelse. Dette gjelder uautorisert sprengning som initieres av andre, ikke av Bane NOR.</p> <p>Basert på diskusjonen ble man fort enig om at det er veldig lite sannsynlighet at det foretas sprengning i området utover det som Bane NOR gjør. I tillegg vurderes det som at eventuelt omfang av sprengning vil være begrenset, og at sprengningen vil være i dagen og at effekten på grunnen da er mindre. Det ble en ettertanke, men analysen ble gjort allikevel.</p> <p>Hvor ofte kan en uautorisert sprengning skje? Etter none minutter, kom man til konklusjon at det egentlig kunne skje muligens én gang pr 100 år. Så $p = 0,01/\text{år}$. Det var riktig å stille spørsmålet, men, etter diskusjon, ble sprengning ikke et veldig plausibelt scenario fra den "failure mode screening" gjort på den første dagen.</p>
Utglidning skjer?	<p>Sprengning forårsaker ikke kvikkleireskred, med mindre den forårsaker spenninger i selve kvikkleiren (f. eks. Kattmarka kvikkleireskred i 2009 der en stor steinblokk ble kastet først i luften og deretter penetrerte kvikkleirelaget). Gruppen anså som veldig usannsynlig at en utglidning vil skje pga. sprengning i Kleberget området ($p = 0.01$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynlighets estimater for at en utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred gikk fra $p = 0.9$ (sannsynlig) til 0,5 (usikkert) til 0,1 (usannsynlig). Det er egentlig usikkert på hva som skjer hvis sprengning har utløst en relativt stor utglidning: $p = 0.5$.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,00 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,95 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 1 og 2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Instrumentering og overvåking på plass og begrensninger på aktiviteten i området

Sprengning (ikke av BaneNor, men av andre)?	Utgilidning (stor) skjer?	Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	---------------------------	---	------------------------------



$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 2.50 \cdot 10^{-5} / \text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2.48 \cdot 10^{-5} / \text{år}$$

$$P_{\text{kvikkleireskred}} = 2.50 \cdot 10^{-5} / \text{år}$$

$$P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2.48 \cdot 10^{-5} / \text{år}$$

Figur F-17. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

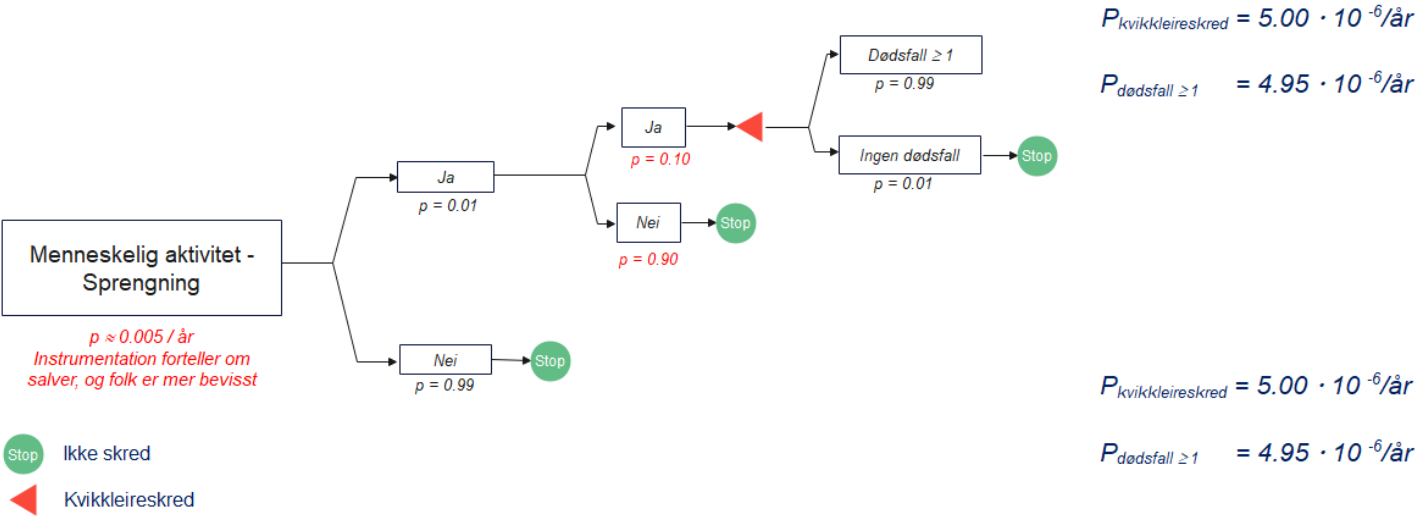
Tabell F-17. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 1 og 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Hendelse	Forklaring
	Initierende hendelse. Samme som fase 0. Det er ikke noe områdetiltak på Kleberget det skrånningen har en SF på 1,2. Treet er det samme for fase 1 og 2.
Sprengning?	Men, en gang instrumentering (NGI-Live) er på plass og folk er mer bevisst på faren og Moss kommune har sent til brev til beboere and bedrifter i kommune, er det mye lavere sannsynlighet for at en uautorisert sprengning ville skje. I tillegg vil instrumenteringen fortelle om salver, og tung transport. Sannsynligheten reduseres til noe inn i mellom 'veldig usannsynlig og nesten umulig', i periode før alle områdetiltakene i faresonen Moss havn kommer på plass.
Utgilidning skjer?	Samme som fase 0.
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreeet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,48 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

KLEBERGET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Alle områdetiltak er på plass

Sprengning (ikke av BaneNor, men av andre)?	Utgilidning (stor) skjer?	Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	---------------------------	---	------------------------------



Figur F-18. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Tabell F-18. KLEBERGET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, sprengning"

Hendelse	Forklaring
Sprengning?	Initierende hendelse. Samme som fase 1-2.
Utglidning skjer?	Samme som fase 1-2.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Med alle område tiltak i faresonen Moss havn på plass, er det lavere sannsynlighet for at en utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred. Sannsynligheten reduseres til usannsynlig: $p = 0.1$ (usannsynlig). Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygde og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,00 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,95 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

VEDLEGG G HENDELSESTREANALYSER FOR DELOMRÅDET STASJONSOMRÅDET

G1 Oversikt over analyser

Plansje G-1 gir en oversikt over analysene som er gjennomført med hendelsesanalysemetodikken som ble gjennomført.

*Plansje G-1 Hendelsestreanalyser for delområde **STASJONSOMRÅDET** - FS= 1,2*

Scenario	Figur nr.	Tabell nr.
Nedbør, overflate vann, erosjon	G-1 til G-4	G-1 til G-4
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	G-5 til G-8	G-5 til G-8
Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten	G-9 til G-12	G-9 til G-12
Flom	G-13 til G-16	G-13 til G-16
Brudd på vannledning (under bakken)	G-17 til G-20	G-17 til G-20

Trærne er vist i fortløpende figurer for hver bruddmekanisme eller -årsak, for fase 0, fase 1, fase 2 og fase 3. Etter hvert tre følger en tabell der sannsynlighetsverdiene som er valgt i konsensus er forklart. Analysene er gjennomført med beste estimat av sannsynlighetsverdier i hver node i hendelsestrærne. I enkelte tilfeller er sensitivitetsanalyser gjort etter anbefaling fra workshopdeltagerne. Resultater fra de enkelte sensitivitetsanalyse er vist i forklaringstabellene.

I alle trær er sannsynlighetsverdiene for fase 0 vist i sort. For fase 1, 2 og 3 er endringer i sannsynlighetsverdiene i forhold til fase 0 vist i rødt. Vanligvis er resultatet fra den siste iterasjonen vist. Iterasjonene er omtalt i forklaringstabellene. Ellers inneholder tabellene flere detaljer. De respektive forklaringstabeller nevner om flere iterasjoner ble gjort. Alle iterasjoner er tilgjengelige på NGIs digitale prosjektområdet, hvis det skulle være behov for å gå tilbake til enkelte av analysene.

G2 Resultat fra analysene

Plansje G-2 viser beregnet årlig skredsannsynlighet pr mekanisme eller årsak og den beregnede totale årlige sannsynlighet for et stort kvikkleireskred og for minst ett dødsfall for delområdet Kransen. Den samme oppsummeringsplansjen finnes i Seksjon 5 i rapportens hovedtekst.

Planse G-2. Risikoanalyse - Kvikkleire faresonen Moss Havn – Delområde **STASJONSOMRÅDET SF=1,2**
Beregnete årlige sannsynligheter for Fase 0 til 3

Fase 0 Før BN startet arbeidene i Moss

Fase 1 Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Fase 2 Deler av områdetiltakene er på plass (avsnitt 2.2)

Fase 3 Alle områdetiltak er på plass

Tiltak: Jetpeler/ribber

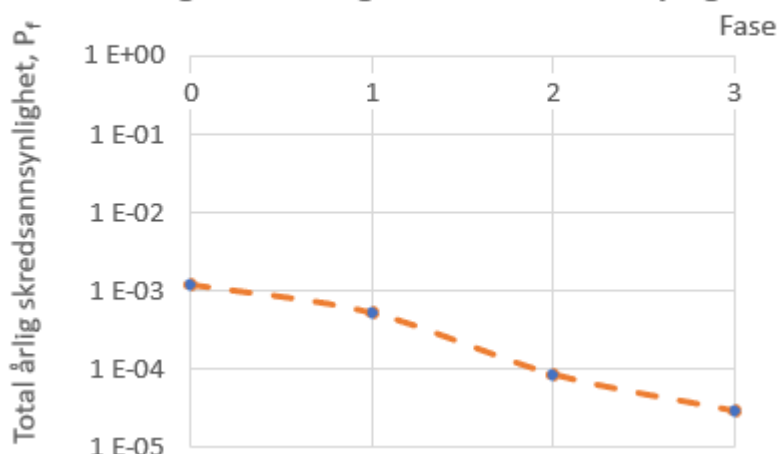
a) $P_{kvikkleireskred}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$4,9 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Total årlig Kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$8,5 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

Fargeuthevet felt viser de mest kritiske scenarier for kvikkleireskred for hver fase

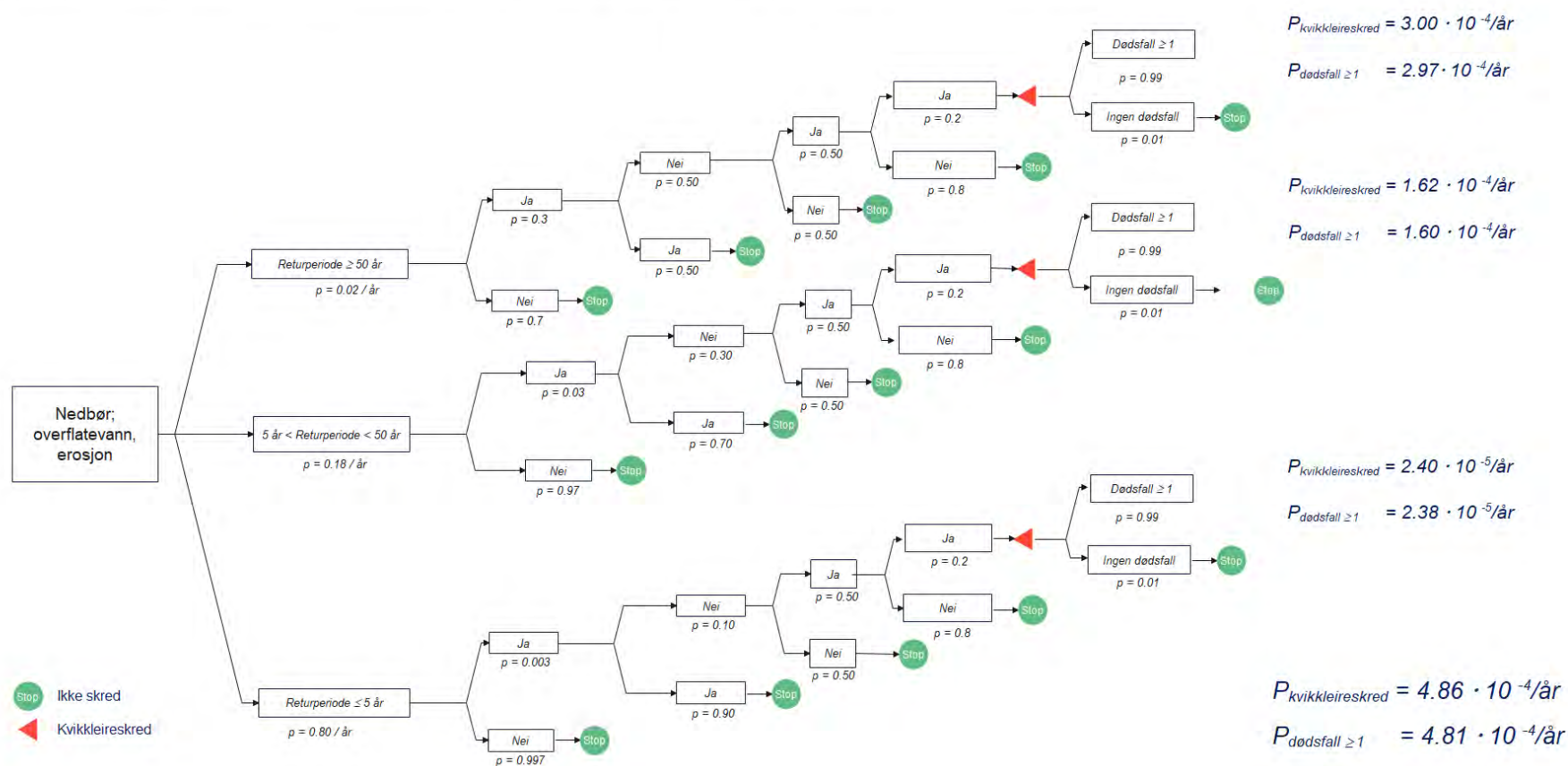
b) $P_{dødsfall \geq 1}$

Scenario	Fase 0	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Nedbør, overflate vann, erosjon	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-6}$
Menneskelig aktivitet, fylling på topp	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$
Menneskelig aktivitet, utgraving/drenering i foten	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-6}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Flom	$2,7 \cdot 10^{-4}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$5,8 \cdot 10^{-6}$
Brudd på vannledning (under bakken)	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Total årlig kvikkleireskredsansynlighet (sum av alle scenarier)	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$

STASJONSOMRÅDET:
Beregnet total årlig kvikkleireskredsansynlighet P_f


STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



Figur G-1. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

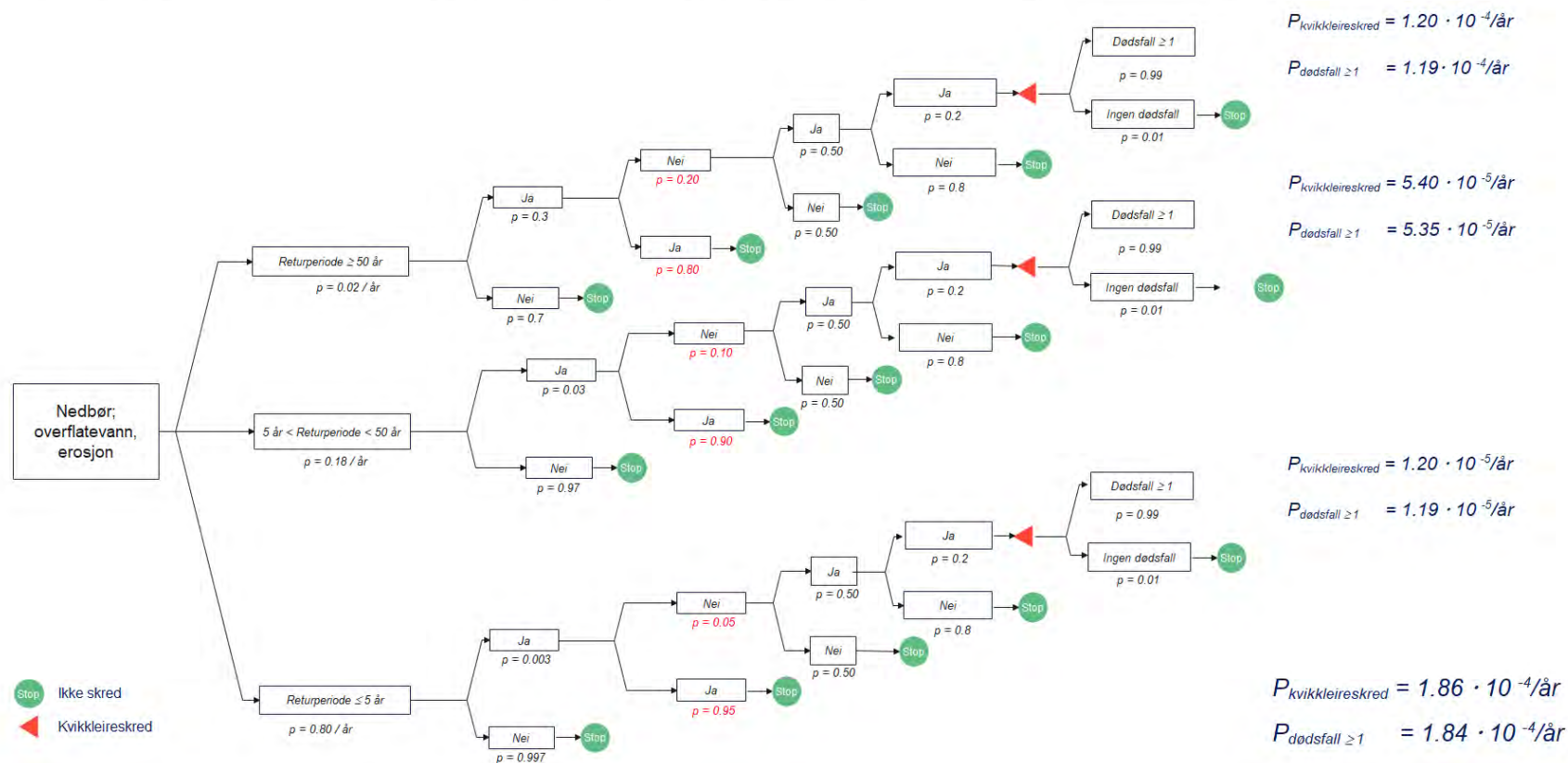
Tabell G-1. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	<p>Initierende hendelse. Det kreves oppfylling på ca. 4 m i ca. 50 m bredde for å få en sikkerhetsfaktor som er 1,0 på Stasjonsområdet-delområdet. Det må også foretas betydelig graving som følge av erosjon for at erosjonen skal kunne bli destruktiv. Derfor bør det betydelig lavere sannsynlighet for at noe alvorlig skjer.</p> <p>For denne skredårsaken ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene skal dekke alle mulige nedbørhendelser, fra ingen nedbør til ekstreme nedbørhendelser. Nedbør med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre grensepområde for denne analysen. Etter diskusjon ble medbør med RP ≤ 5 år ansett å også kunne forårsake betydelig (destruktiv) erosjon som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre tas som laveste gren med en sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p>								
Returperiode (RP) av nedbørhendelse?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50$ år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Nedbør returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at nedbør skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	<p>Gruppen uttrykte at det var sikkert at delområdet har erfart en 50-års nedbørhendelse i løpet av de siste 100 år. Statistiske beregninger tilsier at sannsynlighet for at en 50-års storm skjer i løpet av 100 år er på 87%; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Det kreves oppfylling på ca. 4 m i ca. 50 m bredde for å få en sikkerhetsfaktor som er 1,0. Det må også foretas betydelig graving som følge av erosjon for at erosjonen skal kunne bli destruktiv. Derfor er det betydelig lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon enn på Kransen og Kleberget.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør RP</th> <th>Sannsynlighet for at destruktiv erosjon oppstår</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50$ år</td> <td>$p = 0,03$ (veldig usannsynlig til usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,003$ (nesten umulig til veldig usannsynlig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør RP	Sannsynlighet for at destruktiv erosjon oppstår	≥ 50 år	$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)	$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,03$ (veldig usannsynlig til usannsynlig)	≤ 5 år	$p = 0,003$ (nesten umulig til veldig usannsynlig)
Nedbør RP	Sannsynlighet for at destruktiv erosjon oppstår								
≥ 50 år	$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)								
$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,03$ (veldig usannsynlig til usannsynlig)								
≤ 5 år	$p = 0,003$ (nesten umulig til veldig usannsynlig)								
Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	<p>Gruppen på workshopen var usikker om i hvor stor grad erosjonen vil bli oppdaget og utbedret. Usikkerheten avtok med mindre intens regnbør/overflatevann:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode</th> <th>Ikke oppdages og utbedres</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,5$ (usikker)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50$ år</td> <td>$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,1$ (usannsynlig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres	≥ 50 år	$p = 0,5$ (usikker)	$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)	≤ 5 år	$p = 0,1$ (usannsynlig)
Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres								
≥ 50 år	$p = 0,5$ (usikker)								
$5 \text{ år} < RP < 50$ år	$p = 0,3$ (usannsynlig mot usikker)								
≤ 5 år	$p = 0,1$ (usannsynlig)								

Hendelse	Forklaring								
Utglidning skjer?	<p>Gruppen var også usikker på hvor vidt erosjonen vil gi en utglidning, men tror det større sjanse for at ikke skjer et kvikkleireskred enn at det går et kvikkleireskred basert på erfaringer om at utglidningene ved Rockwool og ved havna ikke har utviklet seg videre. Allikevel ble det valgt $p = 0,5$ (usikkert) for å være forsiktig. Sannsynligheten gjelder for alle returperioder.</p>								
Utglidning forårsaker stor kvikkleireskred?	<p>Hvis utglidning har allerede skjedd er sannsynligheten for at utglidningen forårsaker et stor kvikkleireskred den samme som for tidligere analyser: $p = 0,2$ (usannsynlig til usikker).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode</th> <th>Forårsaker et stort kvikkleireskred</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)</td> </tr> <tr> <td>$5 \text{ år} < RP < 50 \text{ år}$</td> <td>$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker, dog mindre sannsynlig enn for større nedbør)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode	Forårsaker et stort kvikkleireskred	≥ 50 år	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)	$5 \text{ år} < RP < 50 \text{ år}$	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)	≤ 5 år	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker, dog mindre sannsynlig enn for større nedbør)
Nedbør returperiode	Forårsaker et stort kvikkleireskred								
≥ 50 år	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)								
$5 \text{ år} < RP < 50 \text{ år}$	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker)								
≤ 5 år	$p = 0,2$ (usannsynlig mot usikker, dog mindre sannsynlig enn for større nedbør)								
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 4,86 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 4,81 \cdot 10^{-4} / \text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"
Instrumentering og overvåkning på plass, og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



Figur G-2. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

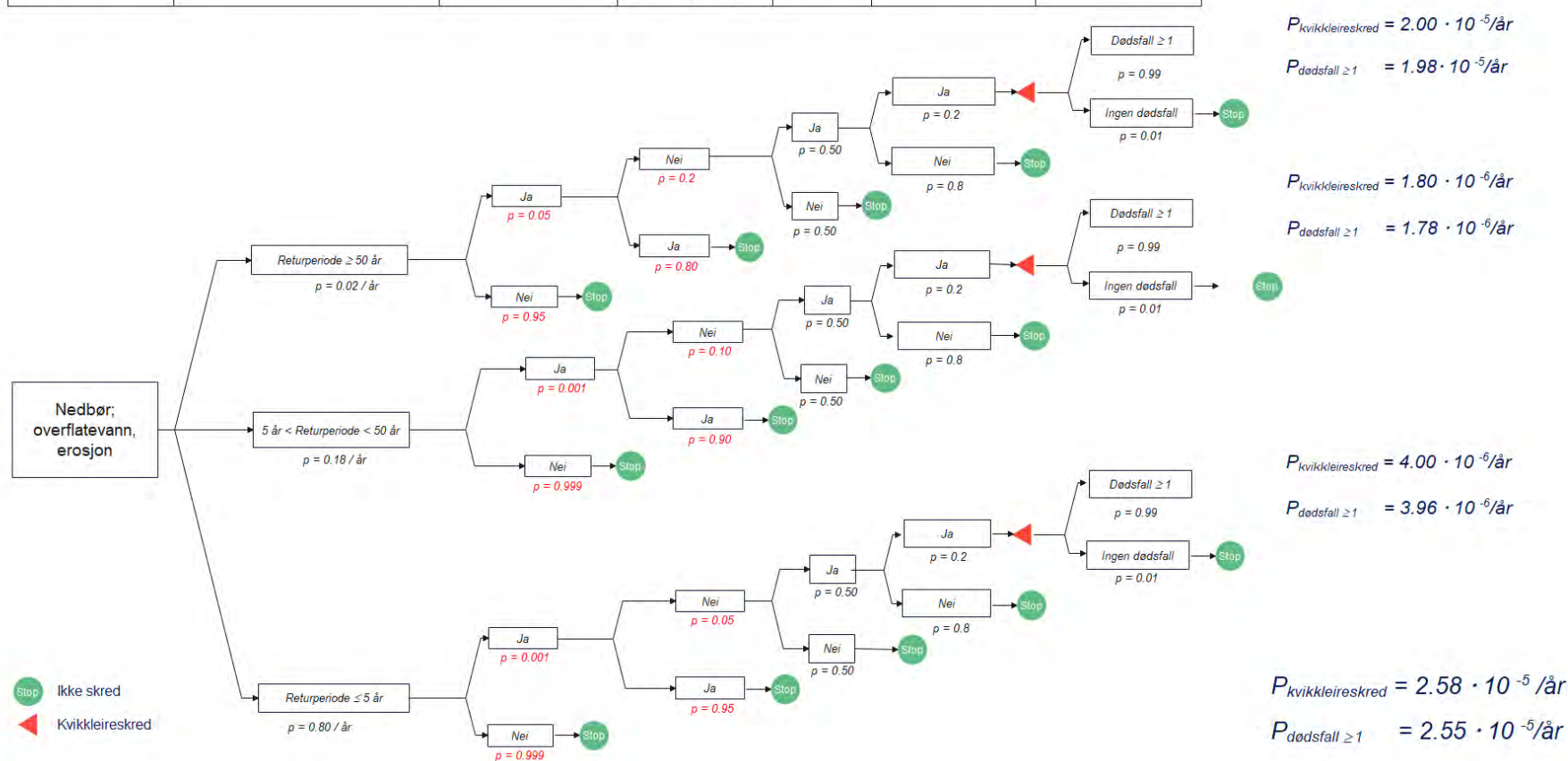
Tabell G-2. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 0.								
Returperiode (RP) av nedbørhendelse?	Samme som fase 0.								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	Samme som fase 0.								
	Økt bevissthet som for de andre delområder. Redusert sannsynlighet for at ikke oppdages.								
Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode</th> <th>Ikke oppdages og utbedres</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,1$ (usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres	≥50 år	$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,1$ (usannsynlig)	≤ 5 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)
Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres								
≥50 år	$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,1$ (usannsynlig)								
≤ 5 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)								
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.								
Utglidning forårsaker stor kvikkleireskred?	Samme som fase 0.								
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,86 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,84 \cdot 10^{-4}/\text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Jetpeler, ribber

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



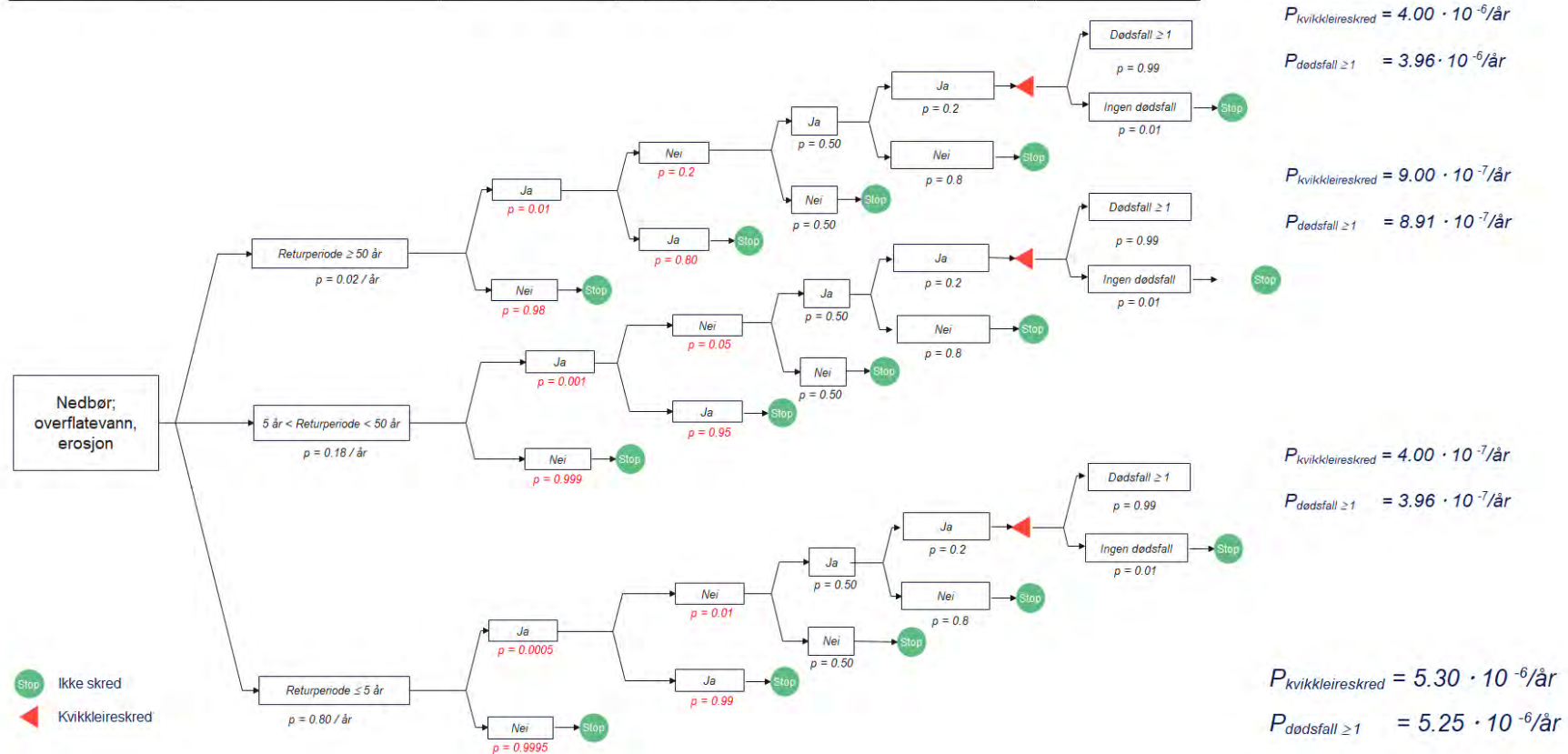
Figur G-3. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell G-3. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 1.								
Returperiode (RP) av nedbørhendelse?	Samme som fase 1. Med de områdetiltak på plass på Stasjonsområdet er det mye lavere sannsynlighet for at destruktiv erosjon vil skje. Det må også foretas betydelig graving som følge av erosjon for at erosjonen skal kunne bli destruktiv. Derfor er det betydelig lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon enn på Kransen og Kleberget.								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør RP</th> <th>Destruktiv erosjon oppstår</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,05$(usannsynlig til veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør RP	Destruktiv erosjon oppstår	≥50 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)	≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)
Nedbør RP	Destruktiv erosjon oppstår								
≥50 år	$p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
≤ 5 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Samme som fase 1.								
Utglidning skjer?	Samme som fase 1.								
Utglidning forårsaker stor kvikkleireskred?	Samme som fase 1.								
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følghendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,58 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,55 \cdot 15^{-5}/\text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"
Alle områdetiltak på plass

Nedbør, overflatevann, erosjon	Returperiode av nedbørhendelse?	Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--------------------------------	---------------------------------	--	--	-------------------	--	------------------------------



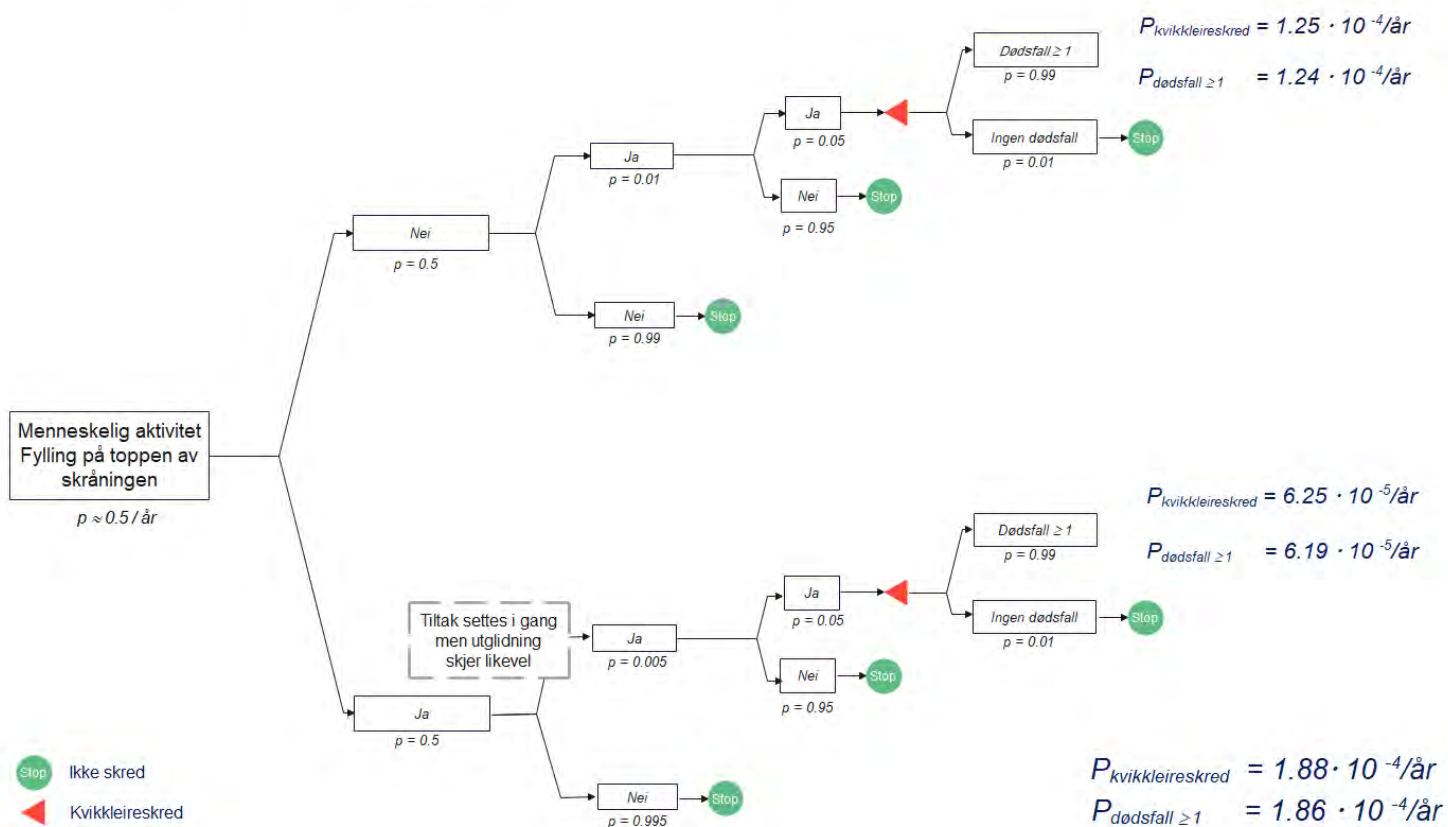
Figur G3. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Tabell G-4. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Nedbør, overflatevann, erosjon"

Hendelse	Forklaring								
Nedbør, overflatevann, erosjon	Initierende hendelse. Samme som fase 1.								
Returperiode (RP) av nedbørhendelse?	Samme som fase 1.								
Destruktiv erosjon som kan påvirke skråningstabilitet?	<p>Med de alle områdetiltak i faresonen Moss havn på plass er det enda lavere sannsynlighet for at destruktiv erosjon vil skje. Det må også foretas betydelig graving som følge av erosjon for at erosjonen skal kunne bli destruktiv. Derfor er det betydelig lavere sannsynlighet for destruktiv erosjon enn på Kransen og Kleberget.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør RP</th> <th>Destruktiv erosjon oppstår</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør RP	Destruktiv erosjon oppstår	≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)	≤ 5 år	$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)
Nedbør RP	Destruktiv erosjon oppstår								
≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
≤ 5 år	$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)								
Oppdages og utbedres (tiltak settes i gang og er vellykket)?	<p>Mer instrumentering på plass, med oppmerksomhet på delområdet: Redusert sannsynlighet for at ikke oppdages og at tiltak ikke er vellykket:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nedbør returperiode</th> <th>Ikke oppdages og utbedres</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> </tbody> </table>	Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres	≥50 år	$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig)	≤ 5 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)
Nedbør returperiode	Ikke oppdages og utbedres								
≥50 år	$p = 0,2$ (usikkert til usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig)								
≤ 5 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
Utglidning skjer?	Samme som fase 1.								
Utglidning forårsaker stor kvikkleireskred?	Samme som fase 1.								
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.</p>								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,30 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,23 \cdot 15^{-6}/\text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	-------------------	--	------------------------------



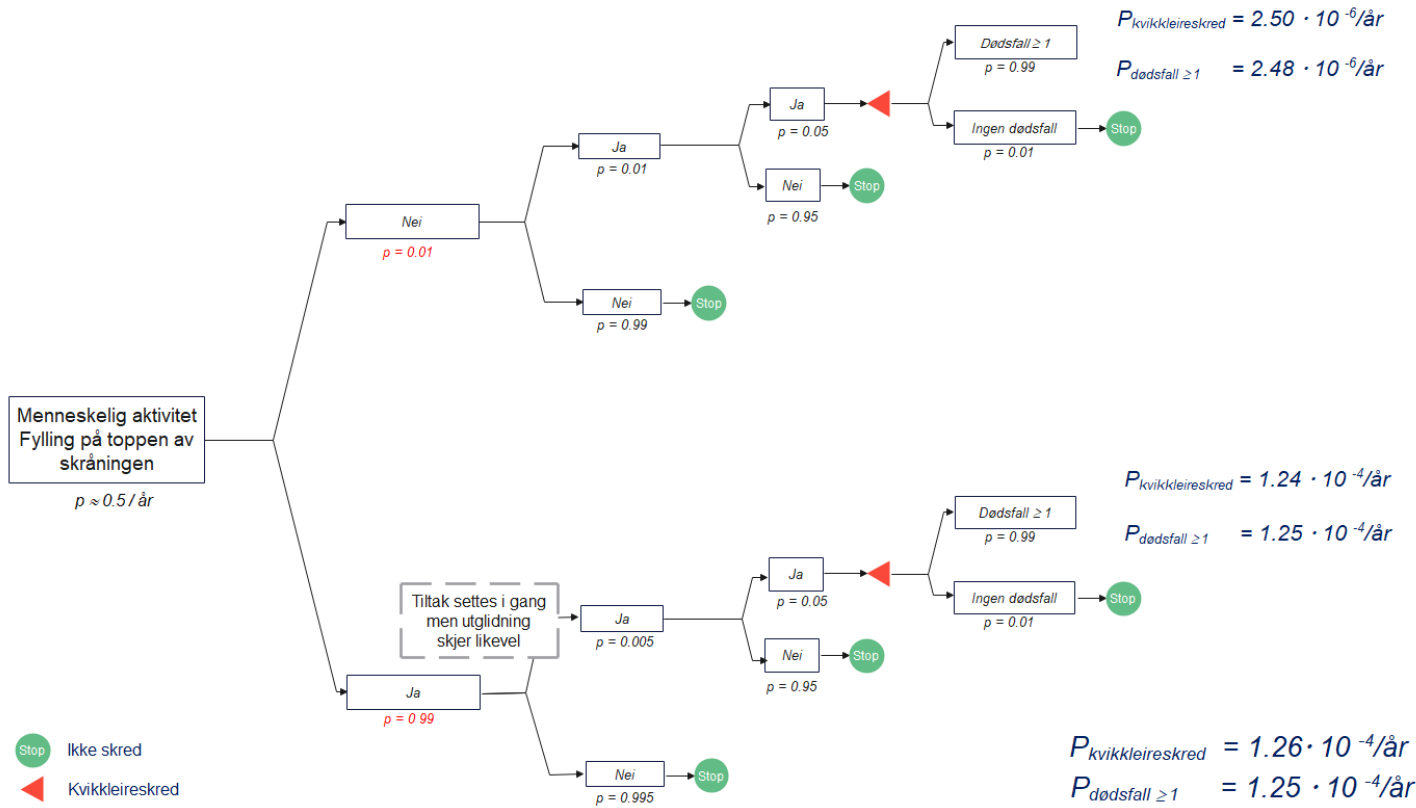
Figur G-5. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell G-5. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Det ble først en diskusjon om 1) å skille mellom små og store prosjekter, og 2) hva slags menneskelig aktivitet man var redd for. Etter diskusjon ble det bestemt å skille mellom 'fylling/masseflytting', 'graving' og 'sprengning/vibrasjon' (med den siste er ikke aktuelt for Kransen). Det er også hendelser som ikke er behandlet av kommunen. Menneskelig aktivitet, fylling på toppen ble behandlet først. Det er kun fyllingshendelser som ikke er behandlet av kommunen som vurderes i denne analyse.</p> <p>Hvor ofte kan en fylling av uvedkommende skje på delområdet Stasjonsområdet? Det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per år, muligens en gang hvert andre år. Det ble konsensus om én gang per 2 år ($p = 0,5/\text{år}$).</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befarings og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåking med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlighet i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Det var flere byggesaker i 2016, og grunn til å tro at flere kunne ha gjort tiltak som ikke ble oppdaget. Samme resonnement gjelder for både fylling på toppen av skråningen og graving i bunnen av skråningen. Det var ingen faktor som økte eller reduserte usikkerheten om en fylling skulle oppdages- En verdi på $p = 0,5$ ble valgt (usikkert).</p>
Utgilning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? Mange av uoppdagede fylling av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Det kreves oppfylling på ca. 4 m i ca. 50 m bredde for å få en sikkerhetsfaktor som er 1,0 på Stasjonsområdet (<SF reduseres fra 1,2 til 1,0). Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses var $p = 0,0$ (veldig usannsynlig). Hvis fyllingen oppdages, reduseres til $p = 0,005$ (veldig usannsynlig til nesten umulig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,05$ (usannsynlig til veldig usannsynlig), både hvis fyllingen oppdages eller ikke oppdages.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenen som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,88 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,86 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"
 Instrumentering og overvåking på plass og begrensninger på aktivitet i området

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	-------------------	--	------------------------------



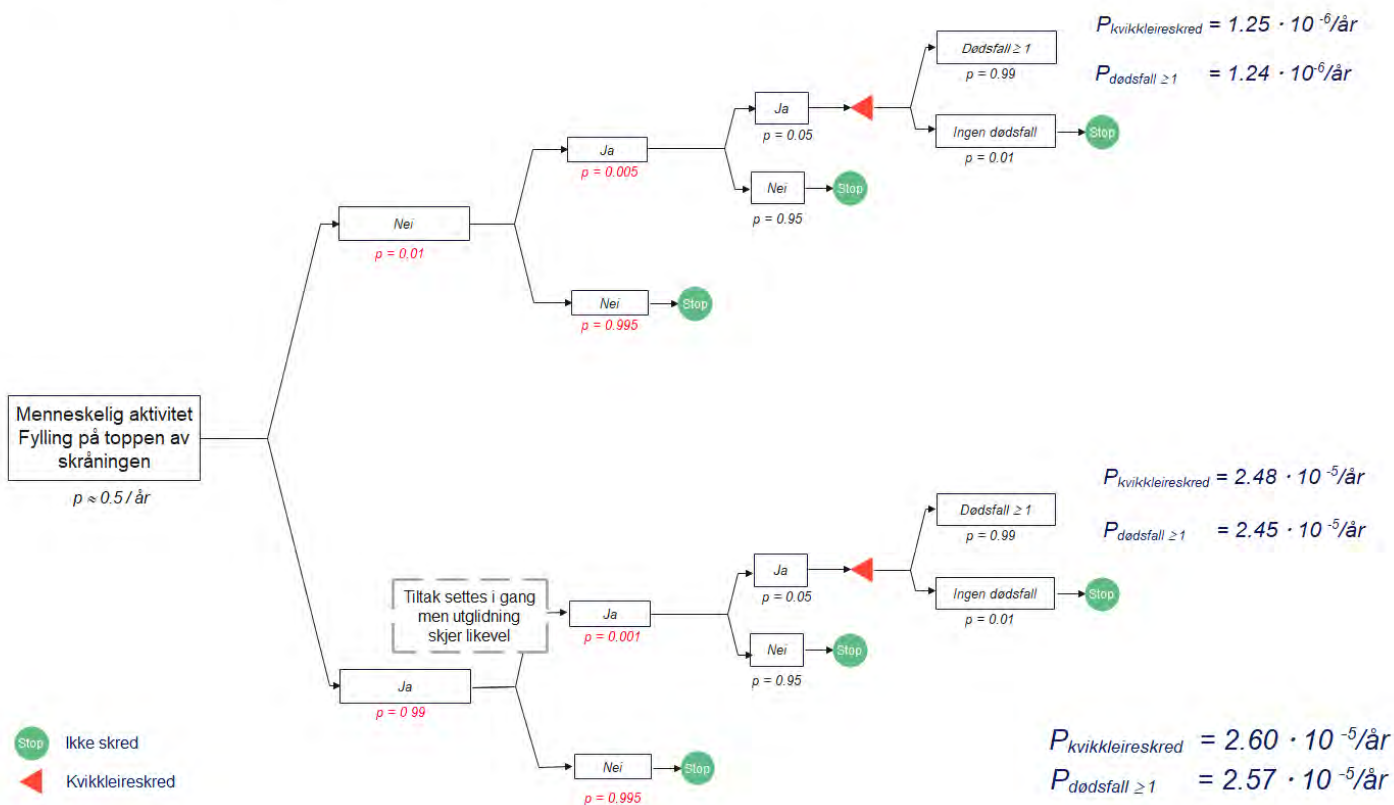
Figur G-6. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell G-6. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skrånningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 0.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Nå er det etablert befaring og inspeksjon fra Bane NOR hver uke, kommunen har sendt brev til beboere og overvåkning med NGI-Live er på plass. Det er vurdert at det er mindre sannsynlighet i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Det var flere byggesaker i 2016, og grunn til å tro at flere kunne ha gjort tiltak som ikke ble oppdaget. Samme resonnement gjelder for både fylling på toppen av skrånningen og graving i bunnen av skrånningen. Sannsynligheten for at en så stor fylling (4 m høy) ikke meldes inn til kommunen ble ansett som veldig usannsynlig ($p = 0,01$).
Utgilidning skjer?	Samme som fase 0
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,26 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,25 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 2 - Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"
 Jetpeler, ribber

Fylling på toppen av skrånningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utgilning skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
--	--------------------------------------	------------------	---	------------------------------



Figur G-7. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

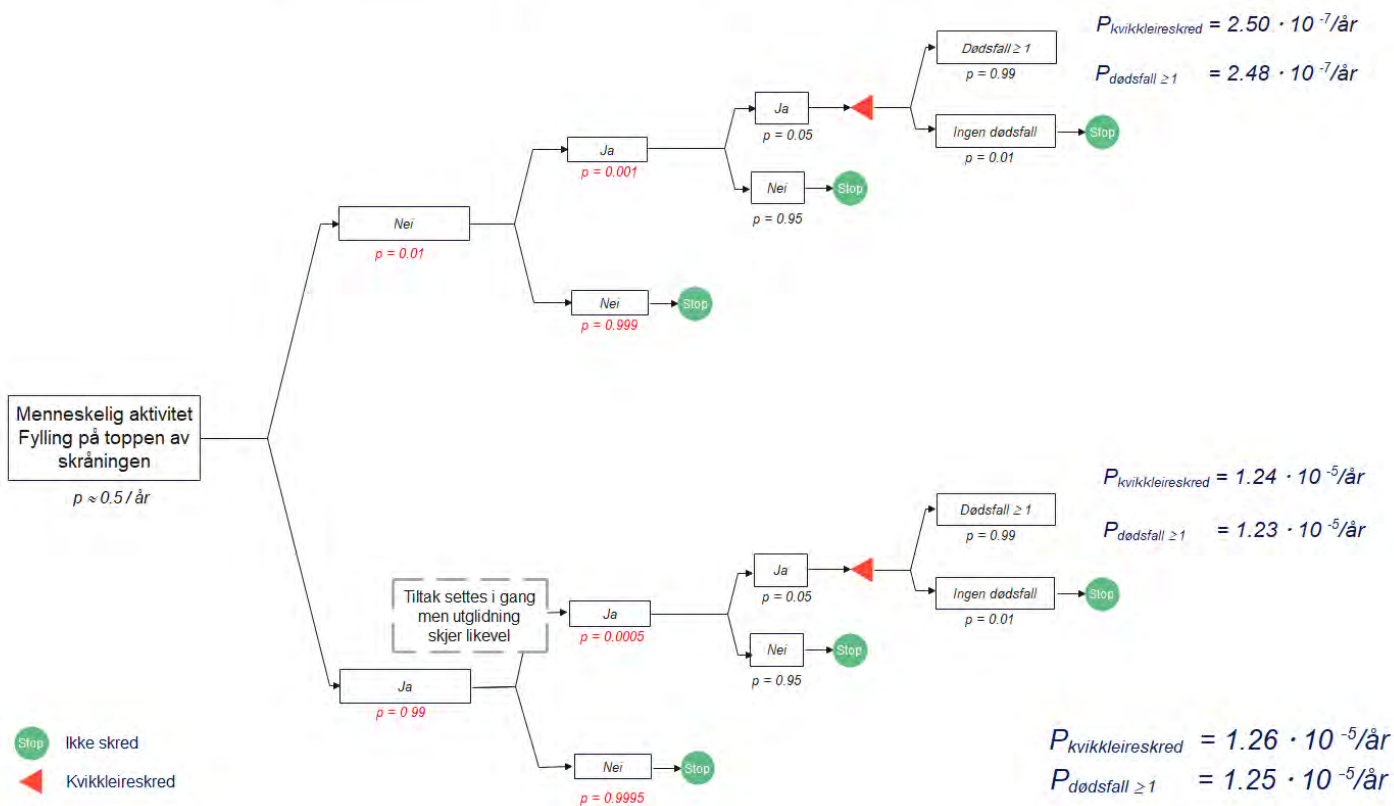
Tabell G-7. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Samme som fase 1.
Utglidning skjer?	Med deler av områdetiltakene på plass på Stasjonsområdet vil sannsynlighet for at en utglidning initieres bli redusert. Konsensus ble at sannsynlighet for en utglidning var mindre enn veldig usannsynlig: $p = 0.005$ hvis fyllingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres til nesten umulig ($p = 0,001$) hvis fyllingen er oppdaget, hvis tiltak som settes i gang for å ta bort fyllingen ikke forhindrer at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,60 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,57 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Alle områdetiltak på plass

Fylling på toppen av skråningen (ikke behandlet av kommunen)?	Oppdages og meldes inn til kommunen?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---	--------------------------------------	-------------------	--	------------------------------



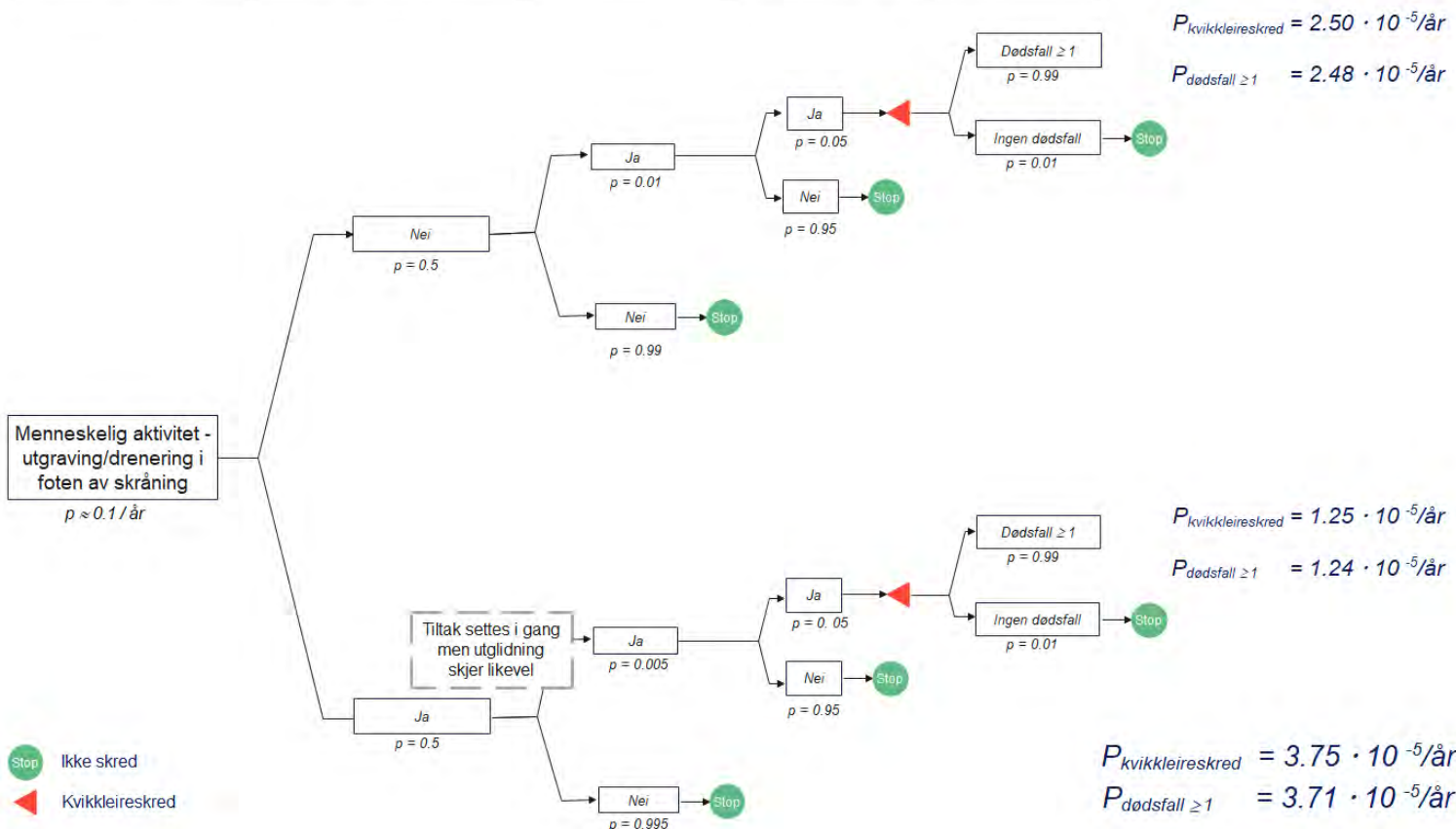
Figur G-8. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Tabell G-8. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, fylling på toppen"

Hendelse	Forklaring
Fylling på toppen av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Samme som fase 1.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltakene på plass i hele faresonen Moss havn vil sannsynlighet for at en utglidning initieres bli enda mer redusert. Konsensus ble at sannsynlighet for en utglidning var nesten umulig: $p = 0.001$ hvis fyllingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres til enda lavere enn nesten umulig ($p = 0,0005$) hvis fyllingen er oppdaget, og hvis tiltak som settes i gang for å ta bort fyllingen ikke forhindrer at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,26 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,25 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Utgraving i foten av skråningen (ikke behandlet av kommune)	Oppdages av naboer/ BaneNor inspeksjon/NGI-Live og meldes inn til kommune	Utgilning (stor) skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
---	---	-------------------------	--	-----------------------------



Figur G-9. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell G-9. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	<p>Initierende hendelse. Det kreves betydelig utgraving for å få en sikkerhetsfaktor som er 1,0 på Stasjonsområdet-delområdet.</p> <p>Hvor ofte kan en utgraving i foten av en skråning av uvedkommende skje: det ble argumentert at det ikke skjer oftere enn én gang per år, og ikke så ofte som en fylling, etter diskusjon ble en gang pr 10 år ($p = 0,1/\text{år}$) ansett som realistisk.</p>
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	<p>I fase 0 har tiltak som befarings og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live ikke inntruffet enda. Det er vurdert at det er mindre sannsynlighet i dag at det ikke blir oppdaget enn før 2016. Samme resonnement gjelder for både fylling på toppen av skråningen og graving i bunnen av skråningen. Det var ingen faktor som økte eller reduserte usikkerheten om en utgraving skulle oppdages. En verdi på $p = 0,5$ (usikkert) ble valgt.</p>
Utgilidning skjer?	<p>Hvor stort inngrep må til? Ganske stort. Mange av uoppdagede utgraving av uvedkommende vil ikke gi tilstrekkelig utglidning. Etter en del diskusjon, ble det vurdert at sannsynlighet for at en utglidning utløses på Stasjonsområdet pga. graving var $p = 0,01$ (veldig usannsynlig). Hvis utgravingen oppdages, anses p som halvert, $p = 0,005$ (i tilfellet hvor tiltak settes i gang og forbedringstiltak ikke er vellykket).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles avhenger av en stor utglidning har først skjedd. Etter diskusjon vurderes det at sannsynligheten for et stort kvikkleireskred er $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), både hvis utgravingen oppdages eller ikke oppdages.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 3,75 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 3,71 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

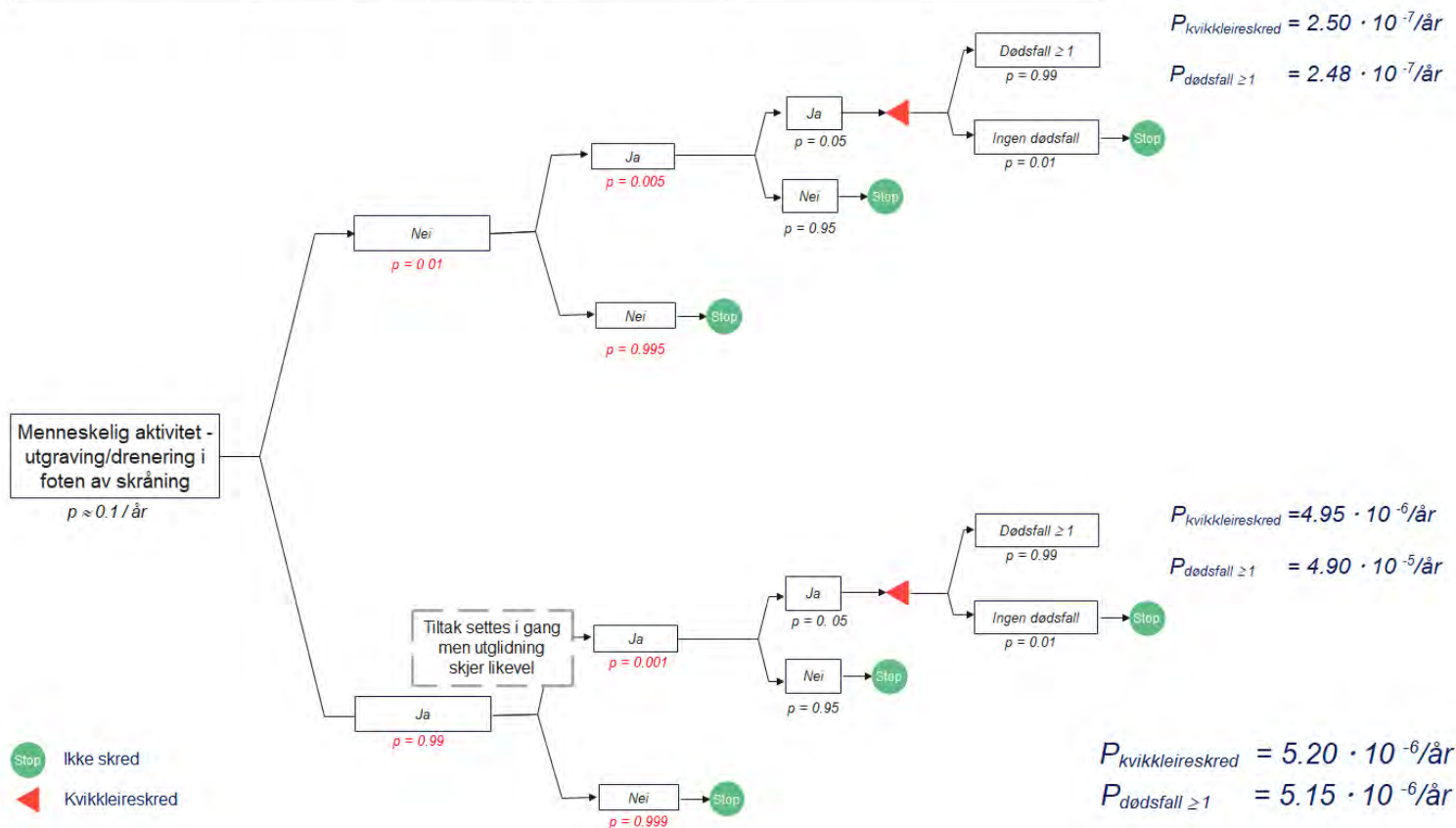
Tabell G-10. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase0.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI-Live) og meldes til kommunen?	Med befaring og inspeksjon fra Bane NOR, brev fra kommunen og overvåkning med NGI-Live er det mindre sannsynlighet at utgravingen ikke blir oppdaget. Sannsynligheten ble satt til $p = 0,01$ (veldig usannsynlig) på Stasjonsområdet.
Utgilidning skjer?	Samme som fase 0.
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,53 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,50 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Jetpeler/ribber

Utgraving i foten av skrånningen (ikke behandlet av kommune)	Oppdages av naboer/BaneNor inspeksjon/NGI-Live og meldes inn til kommune	Utgilning (stor) skjer?	Utgilning forårsaker stort kvikkleireskred	Skred forårsaker tap av liv
--	--	-------------------------	--	-----------------------------



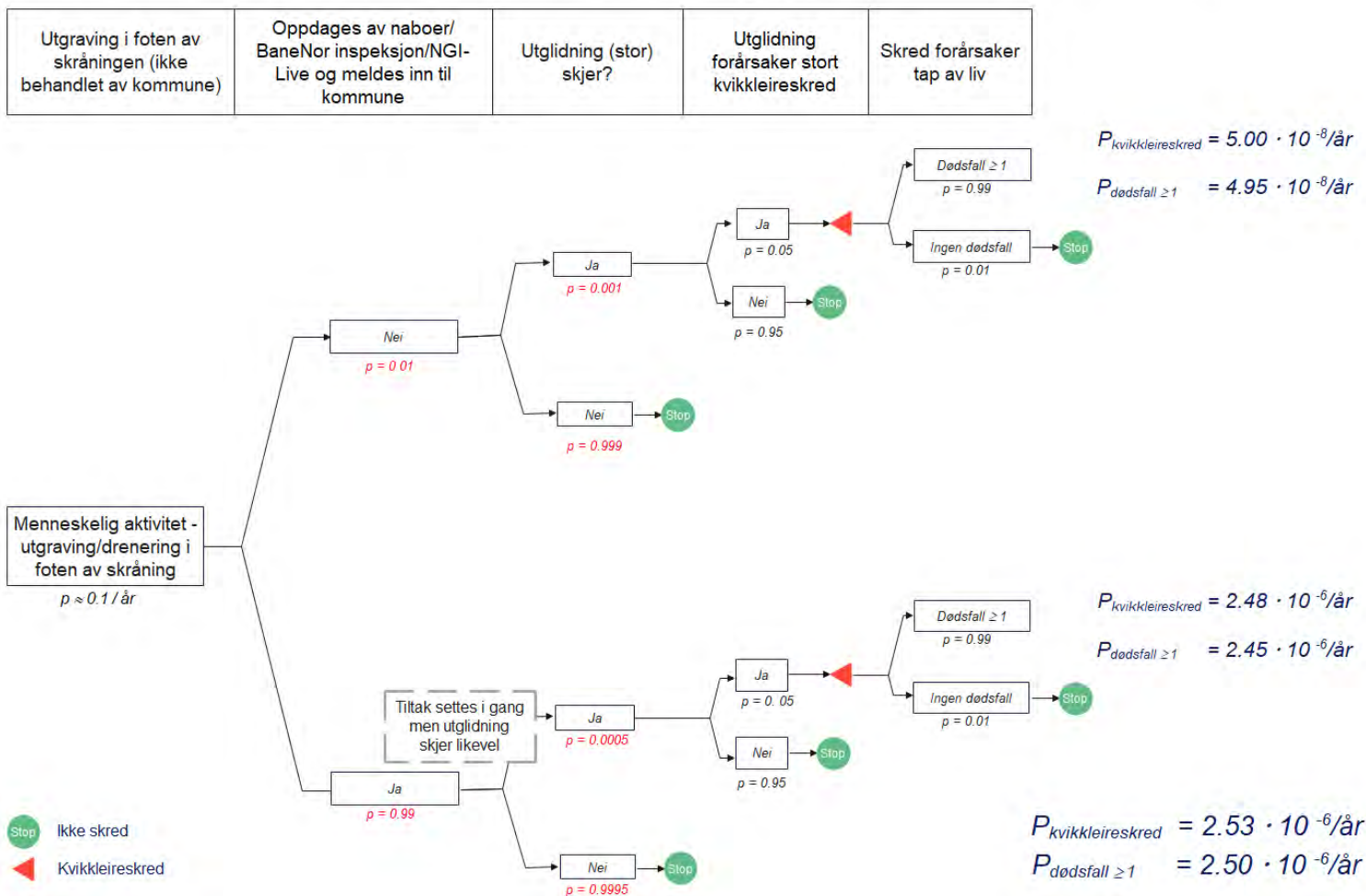
Figur G-11 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell G-11. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Samme som fase 1.
Utglidning skjer?	Med deler av områdetiltakene på plass på Stasjonsområdet vil sannsynlighet for at en utglidning initieres bli redusert. Konsensus ble at sannsynlighet for en utglidning var mindre enn veldig usannsynlig, og nesten umulig ($p = 0.005$), hvis fyllingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres til nesten umulig ($p = 0,001$) hvis fyllingen er oppdaget, hvis tiltak som settes i gang for å ta bort fyllingen ikke forhindrer at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,20 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,15 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Alle områdetiltak på plass



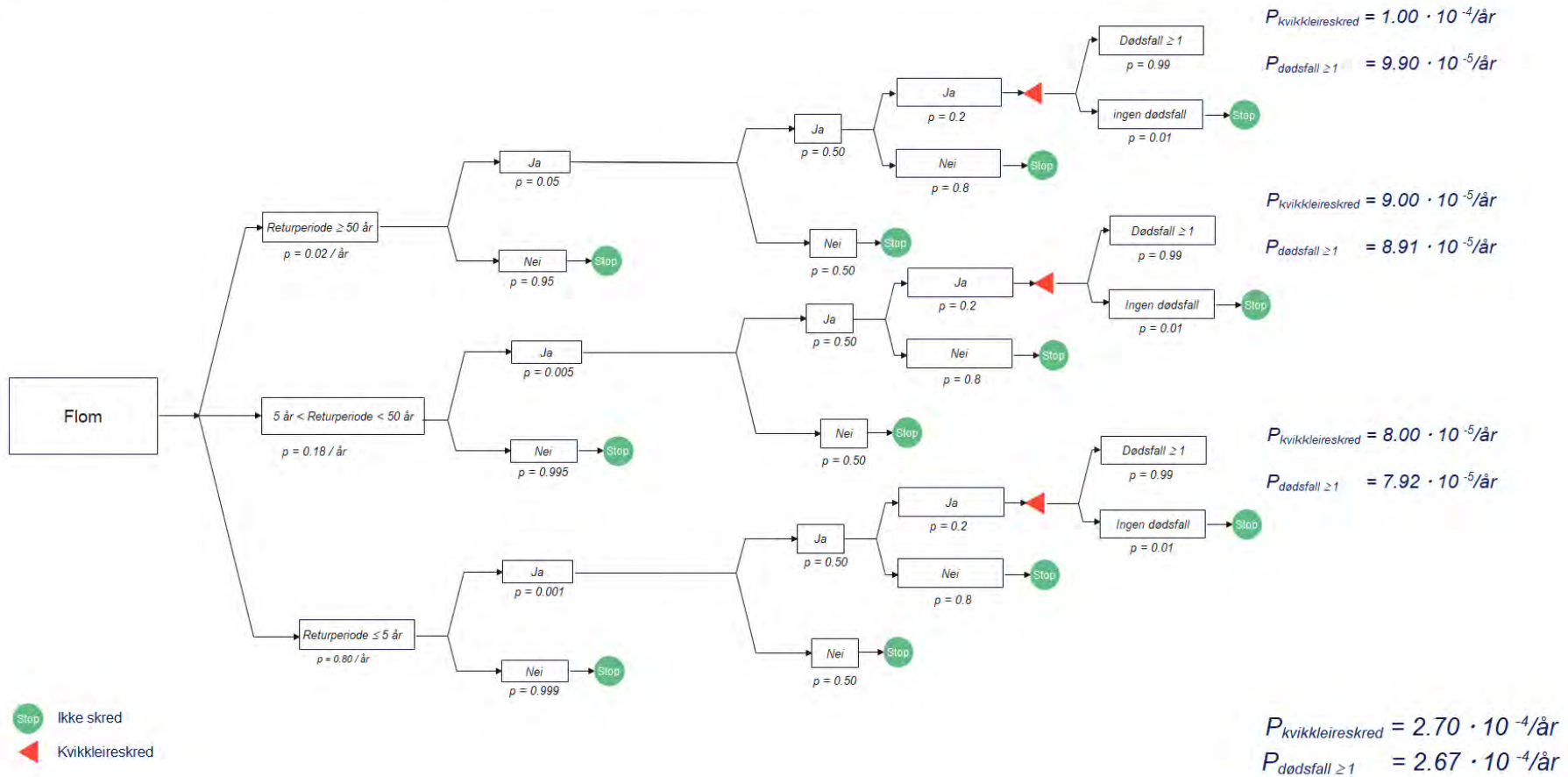
Figur G-12 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Tabell G-12. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreakse "Menneskelig aktivitet, utgraving i foten"

Hendelse	Forklaring
Utgraving i foten av skråningen?	Initierende hendelse. Samme som fase 2.
Oppdages (av naboer, inspeksjon, NGI- Live) og meldes til kommunen?	Samme som fase 2.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltakene i hele faresonen Moss havn reduseres sannsynligheten for en utglidning enda ytterligere. En utglidning anses som nesten umulig: ($p = 0.001$), hvis fyllingen ikke er oppdaget. Sannsynligheten reduseres enda mer ($p = 0,0005$) hvis fyllingen er oppdaget, hvis tiltak som settes i gang for å ta bort fyllingen ikke forhindrer at en utglidning skjer allikevel. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,53 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,60 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Flomhendelse?	Returperiode av flom/ nedbør?	Kritisk poretrykkøkning?	Poretrykk oppdages?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------	-------------------------------	--------------------------	---------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur G-13 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Flom"

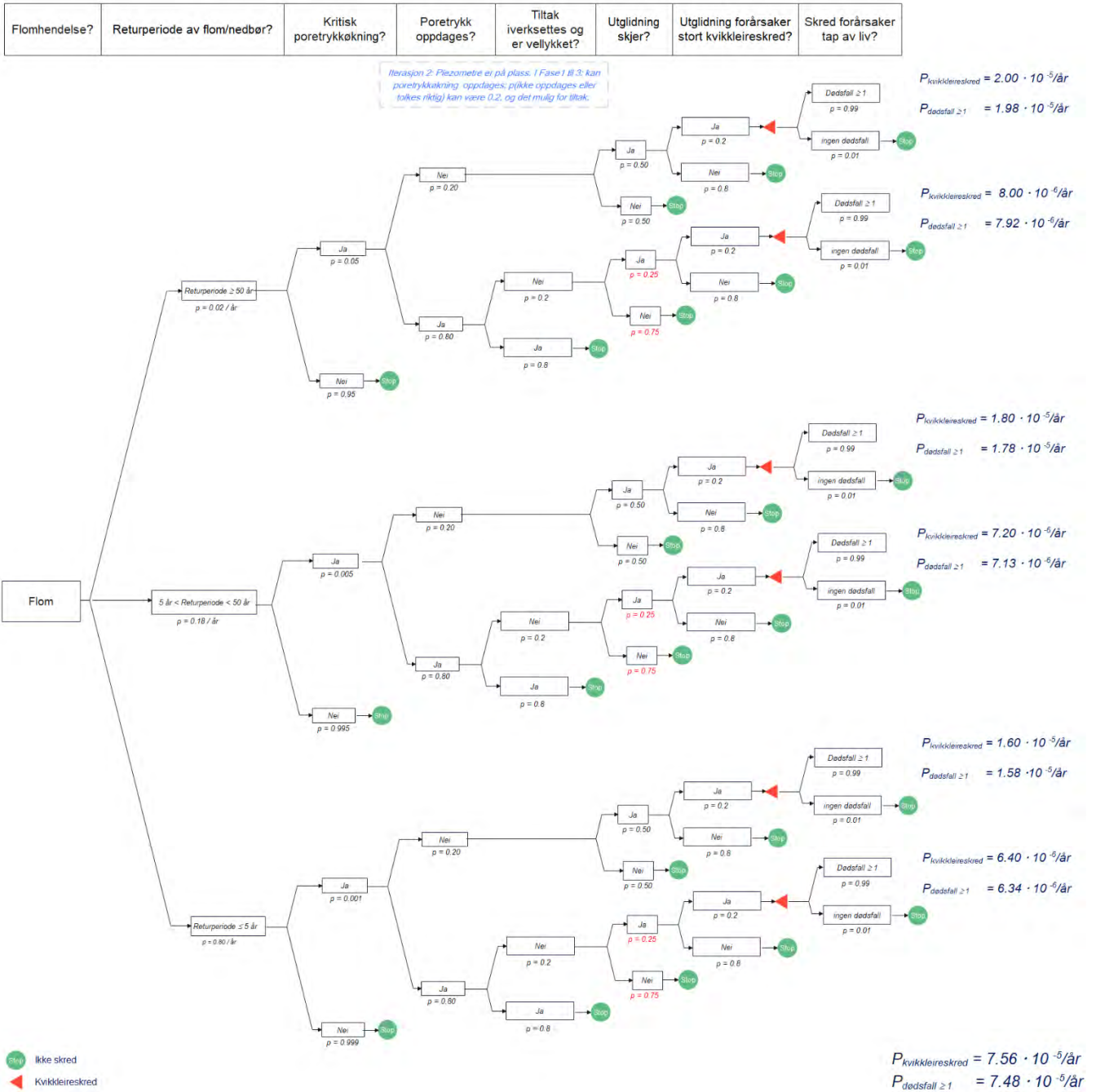
Tabell G-13. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	<p>Initierende hendelse. De som representerte Moss kommune hadde ikke kjennskap til om det hadde skjedd skred/utglidning i forbindelse med de store nedbørmengdene i 2000 i kommunen. I år 2000 ble det ikke registrert utglidninger av betydning, noe som indikerer at det er lite sannsynlig at nedbør kan initiere en utglidning. Historisk er det mindre nedbør i Østfold enn i Vestfold.</p>								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	<p>For flomhendelser ble det bestemt å dele vær-spekteret inn i tre grener, avhengig av omfang av været. De tre grenene dekker alle mulige nedbørhendelser, fra ingen flom til ekstreme flom. Flom med RP mindre enn 5 år ble ansett som en nedre gren for denne analysen. Etter diskusjon ble nedbør med $RP \leq 5$ år ansett å også kunne forårsake kritisk poretrykkøkning som kan påvirke skråningsstabilitet. En RP på 5 år eller mindre har som laveste gren med en årlig sannsynlighet på 0,80/år. Topp grenen ble valgt for å dekke nedbør med en RP på 50 år eller mer. Midtgrenen dekker nedbør med RP inn i mellom disse to hendelser. Årlige sannsynlighetene er da:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Årlig sannsynlighet for at skjer</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥ 50 år</td> <td>$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$</td> </tr> <tr> <td>$\leq 5$ år</td> <td>$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)</td> </tr> </tbody> </table>	Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer	≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)	5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$	≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)
Flom returperiode (RP)	Årlig sannsynlighet for at skjer								
≥ 50 år	$p = 0,02$ (én gang per 50 år ($1/50$ år) = 0,02/år)								
5 år < RP < 50 år	$p = 1 - 0,02 - 0,80 = 0,18$								
≤ 5 år	$p = 0,80$ (vær med RP ≤ 5 år)								
Kritisk poretrykkøkning?	<p>Gruppen uttrykte at det var sannsynlig at delområdet Stasjonsområdet har erfart en 50-års flom i løpet av de siste 100 år. Statistiske beregninger tilsier at sannsynligheten for at en 50-års flom skjer i løpet av 100 år er på 87%.; for en tidsperiode på 150 år, øker sannsynligheten til 95%.</p> <p>Gruppen var usikker på hva som vil skje dersom det blir flom med en returperiode ≥ 50 år, men mente at det var usannsynlig til veldig usannsynlig at det vil oppstå et kritisk poretrykk i skråningen pga. flom ($p = 0,05$). For den laveste flom kategori (RP ≤ 5 år), ble det ansett som nesten umulig at poretrykkene vil være kritiske ($p = 0,001$). For den midtre grenen ble det valgt en sannsynlighet inn i mellom ($p = 0,005$).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>								
Poretrykk oppdages?	<p>Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0.</p> <p>Det var ikke installert poretrykksmålere i 2000, så hvordan poretrykksituasjonen var i 2000 vet man ikke. Enighet om at dersom det skjer en kritisk poretrykkøkning vet man ikke hva som kan skje. Dette leddet hoppes over i fase 1.</p>								
Utglidning skjer?	<p>Siden man ikke vet hva som skjer dersom uoppdagete kritisk poretrykk utvikles i skråningen, så blir sannsynligheten for at en utglidning skjer $p = 0,5$ (usikkert), for alle tre flomreturperioder. Som nevnt, i år 2000 var det veldig mye nedbør, og det ble ikke registrert utglidninger av betydning, men det var ikke, antagelig, under en 50-år (eller høyere) flom.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Det vurderes som mindre sannsynlig at det oppstår et kvikkleireskred selv om man får en utglidning ettersom det er mye sand i toppen på Kransendelområdet. Når massene begynner å bevege seg vil noen glideflater kunne bli forbedret, mens andre glideflater vil kunne bli forverret. Det ble valgt en sannsynlighet på $p = 0,2$ (usikker til usannsynlig) for at en utglidning utløser et stort kvikkleireskred. Tallet gjelder for all tre returperioder.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>								

Hendelse	Forklaring
Skred forårsaker tap av liv?	<p>Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Det ble en diskusjon rundt å skille "skred" og "skred som tar liv". For Kransen er det tettbygd og vanskelig å evakuere. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.</p>
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,70 \cdot 10^{-4}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,67 \cdot 10^{-4}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"

Instrumentering og overvåking på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i område



Figur G-14 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Flom"

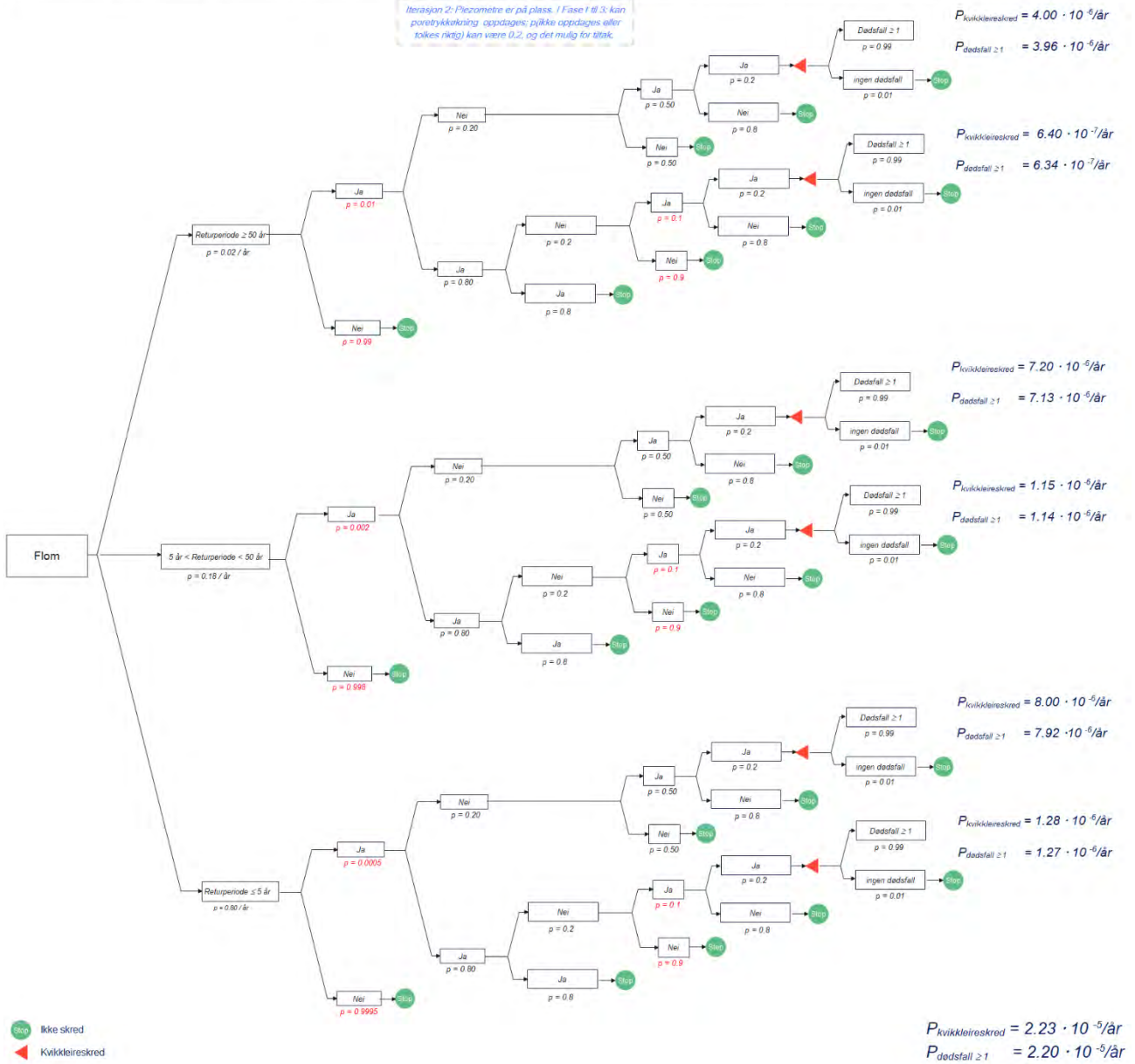
Tabell G-14. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 0. hendelsestreet har ett ekstra ledd sammenlignet med treet for fase 0.
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 0.
Kritisk poretrykkøkning?	Samme som fase 0. Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0. Det ble gjort to iterasjoner. I den første iterasjon ble et hendelsestre som under fase 0 brukt, uten at en poretrykkøkning kunne oppdages. I iterasjon 2 er det tatt hensyn til at piezometre er på plass (fra fase1 til 3), og at poretrykkøkning kan oppdages. Hvis poretrykkøkning oppdages kan det iverksette tiltak for å motvirke poretrykkøkningen. Kun iterasjon 2 er vist i Figur G14. Det ekstra leddet ble lagt inn fordi det er poretrykkmålere på plass, og fordi poretrykkøkningen vil skje over noen dager eller uker. Med tid, er det reelt mulig å iverksette tiltak. Sannsynligheten for at poretrykkøkning ikke oppdages eller ikke tolkes riktig er mellom 'usannsynlig og veldig usannsynlig' ($p = 0,2$). Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hvis poretrykkøkningen ikke oppdages går grenen direkte til utglidning.
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Hvis poretrykkøkning oppdages, er sannsynligheten for at tiltak iverksettes og er vellykket er mellom 'sannsynlig og veldig sannsynlig' ($p = 0,8$), med muligens til og med tid til varsling. Det er samme sannsynlighetsverdier for de tre flomreturperioder. Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.
Utglidning skjer?	Stasjonsområdet har mer stabile skråninger enn Kransen-delområdet (FS er høyere). Hvis poretrykk er oppdaget og tiltak iverksettes men ikke er vellykket, er det allikevel en forbedring. Sannsynligheten for at en utglidning skjer reduseres til 0,25 (fortsatt delvis usikkert) for alle tre returperioder.
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 7,56 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 7,48 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 2 - Hendelsesteanalyse "Flomhendelse"
Jetpeler/ribber

Flomhendelse?	Returperiode av flom/nedbør?	Kritisk poretrykkøkning?	Poretrykk oppdages?	Tiltak iverksettes og er vellykket?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
---------------	------------------------------	--------------------------	---------------------	-------------------------------------	-------------------	--	------------------------------

Iterasjon 2: Piezometre er på plass. I Fase 1 til 3: kan poretrykkøkning oppdages; pykke oppdages eller tokkes riktig) kan være 0,2, og det mulig for tiltak.

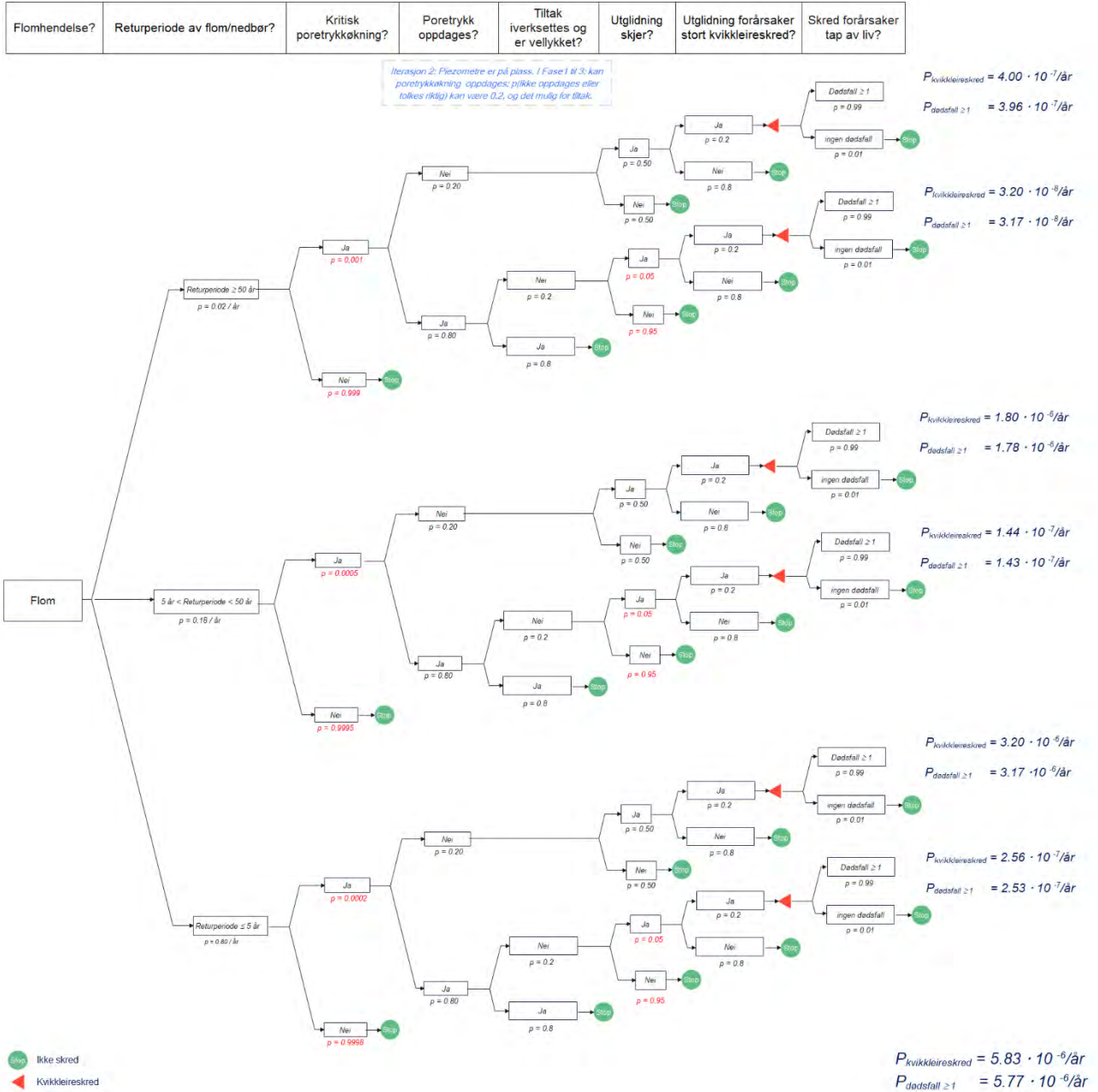


Figur G-15 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsesteanalyse "Flom"

Tabell G-15. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 1. hendelsestreet har ett ekstra ledd sammenlignet med treet for fase 0.								
Returperiode (RP) av "flom-hendelsen"?	Samme som fase 1.								
Kritisk poretrykk-økning?	<p>Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0. Når områdetiltakene på Stasjonsområdet er på plass er sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning betydelig redusert og anses som veldig usannsynlig under de største flom:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,002$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,0005$ (nesten umulig eller mindre)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en kritisk poretrykk ikke utvikles.</p>	Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning	≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,002$ (nesten umulig)	≤ 5 år	$p = 0,0005$ (nesten umulig eller mindre)
Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning								
≥50 år	$p = 0,01$ (veldig usannsynlig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,002$ (nesten umulig)								
≤ 5 år	$p = 0,0005$ (nesten umulig eller mindre)								
Poretrykkøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Samme som fase 1.								
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Samme som fase 1.								
Utglidning skjer?	Stasjonsområdet har mer stabile skråninger enn Kransen-delområdet (FS er høyere). Hvis poretrykk er oppdaget og tiltak iverksettes men ikke er vellykket, er det allikevel en forbedring. Og nå et stabiliserings tiltakene i faresonen delvis oppå plass. Sannsynligheten for at en utglidning skjer reduseres til 0,1 (usannsynlig) for alle tre returperioder.								
Utgliidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 1.								
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,23 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,20 \cdot 10^{-5}/\text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Flomhendelse"
Alle områdetiltak på plass



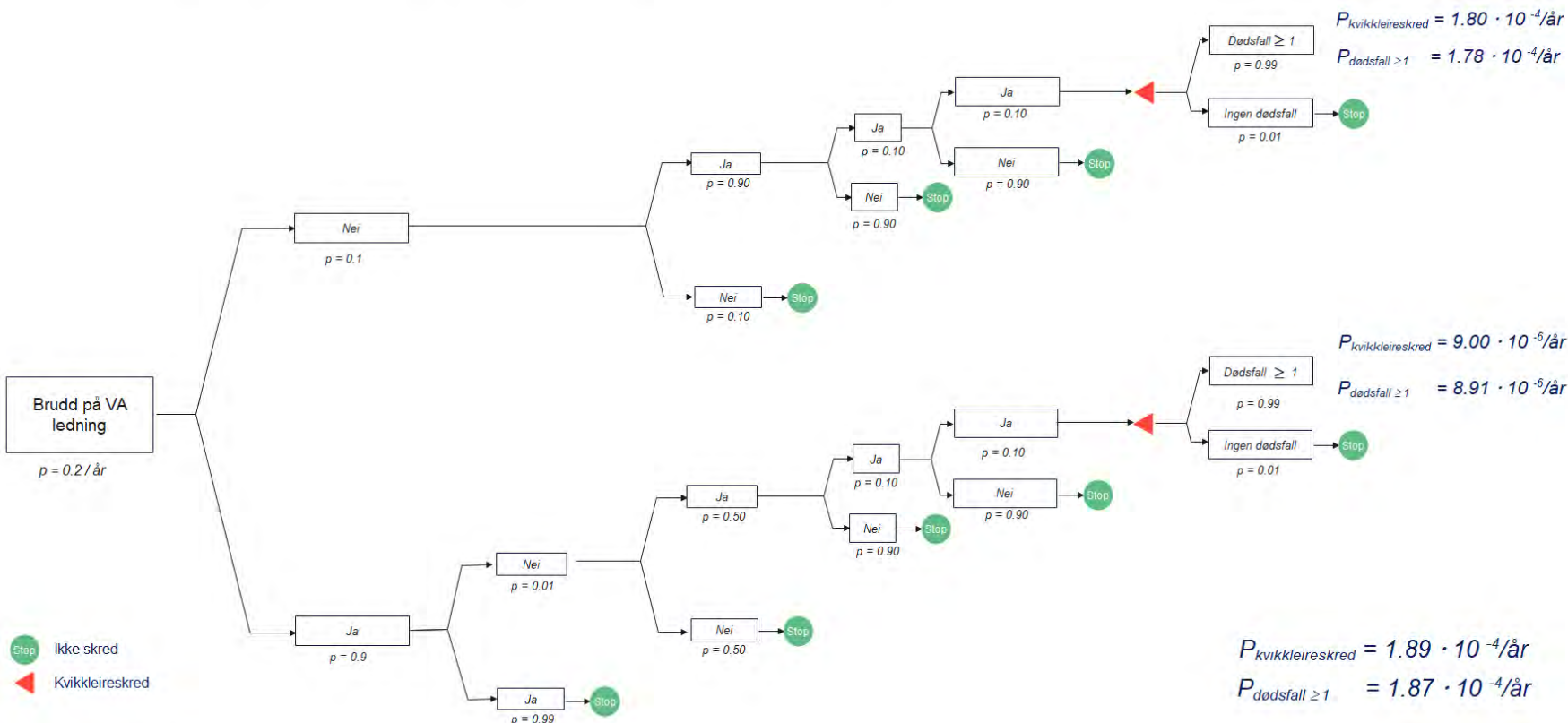
Figur G-16 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Tabell G-16. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Flom"

Hendelse	Forklaring								
Flomhendelse?	Initierende hendelse. Samme som fase 2. hendelsestreet har ett ekstra ledd sammenlignet med treet for fase 0.								
Returperiode (RP) av "flomhendelsen"?	Samme som fase 2.								
Kritisk poretrykk-økning?	<p>Med kritisk poretrykk menes poretrykk som iht. stabilitetsberegningene fører til at sikkerhetsfaktoren i drenerte beregninger nærmer seg 1,0. Når områdetiltakene på Stasjonsområdet er på plass er sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning betydelig redusert og anses som veldig usannsynlig under de største flom:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Flom returperiode (RP)</th> <th>Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>≥50 år</td> <td>$p = 0,001$ (nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>5 år < RP < 50 år</td> <td>$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)</td> </tr> <tr> <td>≤ 5 år</td> <td>$p = 0,0001$ (enda lavere)</td> </tr> </tbody> </table> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en kritisk poretrykk ikke utvikles.</p>	Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning	≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)	5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)	≤ 5 år	$p = 0,0001$ (enda lavere)
Flom returperiode (RP)	Sannsynlighet for kritisk poretrykkøkning								
≥50 år	$p = 0,001$ (nesten umulig)								
5 år < RP < 50 år	$p = 0,0005$ (lavere enn nesten umulig)								
≤ 5 år	$p = 0,0001$ (enda lavere)								
Poretrykksøkning oppdages ikke (eller ikke tolkes riktig)?	Samme som fase 2.								
Tiltak iverksettes og er vellykket?	Samme som fase 2.								
Utglidning skjer?	Stasjonsområdet har mer stabile skråninger enn Kransen-delområdet (FS er høyere). Hvis poretrykk er oppdaget og tiltak iverksettes men ikke er vellykket, er det allikevel en forbedring. Og nå et stabiliserings tiltakene i faresonen delvis oppå plass. Sannsynligheten for at en utglidning skjer reduseres til 0,05 (usannsynlig til veldig usannsynlig) for alle tre returperioder.								
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.-								
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnnett/annet.								
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	<p>Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynlighetene for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv.</p> $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,83 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,77 \cdot 10^{-6}/\text{år}$								

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 0 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur G-17 STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell G-17. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 0 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

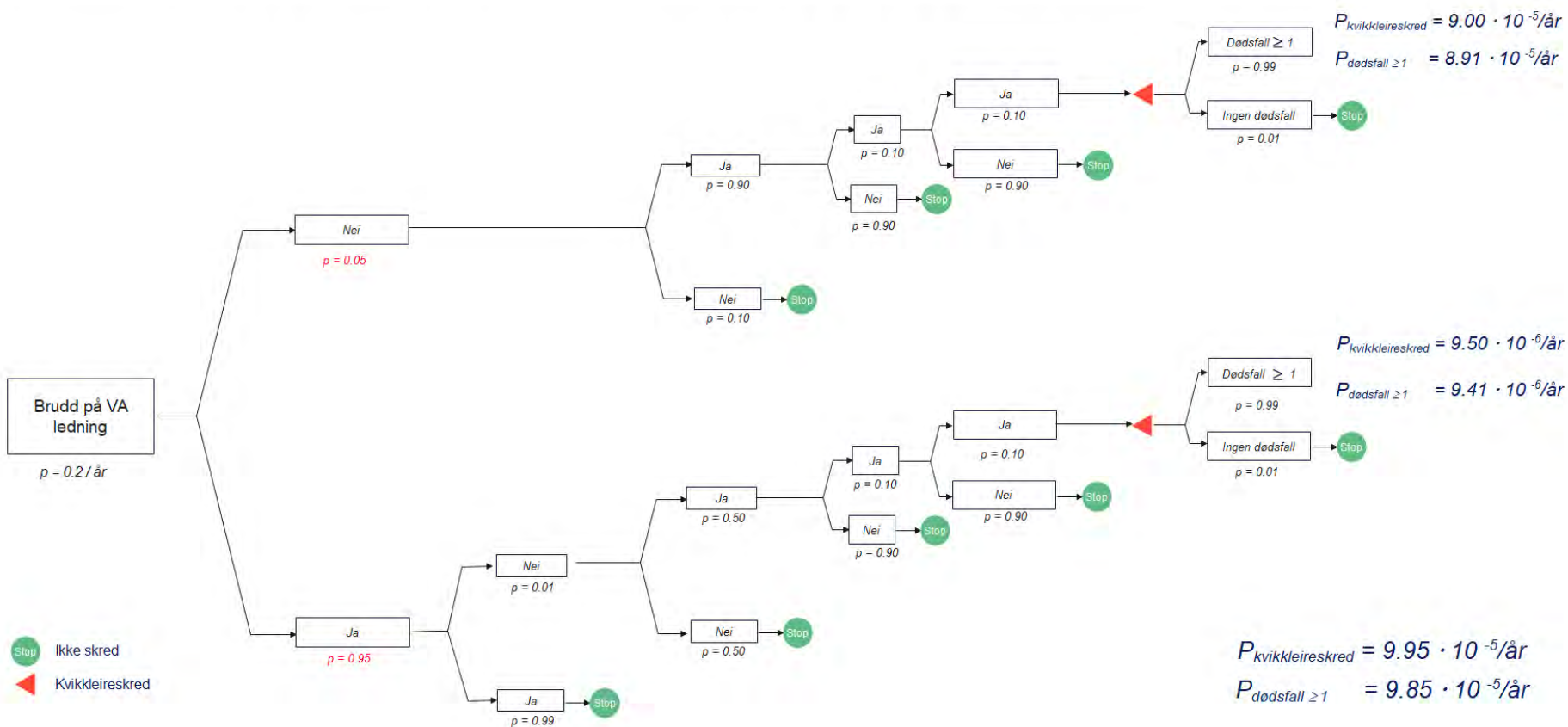
Hendelse	Forklaring, D
Brudd på VA-ledning?	<p>Initierende hendelse.</p> <p>Brudd på VA-ledninger/overvannsledning: gjelder alle trykksatte ledninger, trykksatte hovedledning eller spillvann/kloakk. Det er mindre trykksatt i spillvann/kloakkledninger. Moss kommune sier at de har hatt ett brudd på 8-10 år (det var et brudd på en av de gamle ledningene for ca. 15-20 år siden). Det har ikke vært veldig mange brudd i Stasjonsområdet-delområdet i forhold til andre deler av kommunen. Generelt i kommunen har det vært ca. 10 ledningsbrudd i året (kart over vannledninger i Vedlegg A). Hvor ofte kan et brudd i VA-ledninger skje? Én gang pr. 5 år ($p = 0,2/\text{år}$) ble det enighet om til slutt, etter diskusjon.</p>
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	<p>Hva skjer ved brudd? Utvasking av grunnen, økt poretrykk. Det oppdages ved at man mister trykket i vannledningen eller at vannet kommer opp på overflaten. Det kan komme store mengder vann opp. Mindre lekkasjer oppdages ikke, men større lekkasjer oppdages dersom folk mister vannet i krana eller man ser at vannet kommer opp. Pumpeledning spillvann maks. 600 mm. I følge kommunen, oppdages de fleste lekkasjer. Flere ringer inn og varsler.</p> <p>Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 10\%$ (usannsynlig). Moss kommune mener at det stor sannsynlighet for at lekkasje på trykksatte ledninger oppdages, så $p = 90\%$.</p>
Er tiltak vellykket?	<p>Gjelder kun hvis lekkasje er oppdaget. Hvis oppdaget er det veldig sannsynlig at tiltaket blir vellykket ($p = 0,99$, veldig sannsynlig).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom tiltak er vellykket.</p>
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	<p>Kommunen har erfaringer med sommer 2020 hvor det kom veldig intens nedbør på kort tid uten at de registrerte erosjon av betydning i området. Dersom erosjon ikke skjer må vannet gå rett i en avløpsledning: Minste motstandsvei. I de fleste tilfeller vil det følgelig skje erosjon. Moss kommune mener at det er stor sjanse for at det oppstår destruktiv erosjon/indre erosjon dersom lekkasjen ikke oppdages. Etter diskusjon ble det vurdert at hvis lekkasje ikke oppdages i løpet av 12 timer, er det sannsynlig ($p = 0,90$) at destruktiv erosjon vil skje. Derimot, hvis lekkasje er oppdaget og tiltak er satt i gang, reduseres sannsynligheten for erosjon til $p = 0,50$ (usikkert).</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en destruktiv erosjon ikke skjer.</p>
Utglidning skjer?	<p>Dersom det vaskes ut i et område med kvikkleire med $F = 1,2$, er det fortsatt en del skjærmostand tilgjengelig. Samtidig, ledninger er som regel lagt i en grøft med bedre masser enn stedlige dersom de stedlige er bløt leire. Nyere ledninger er det tilbakefylt med gode masser. Selv om destruktiv erosjon skjer ble det ansett som usannsynlig at en utglidning av stor betydning ville skje ($p = 0,10$), både for oppdaget og ikke oppdaget lekkasje.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom en utglidning ikke skjer.</p>
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	<p>Sannsynlighets estimater for at en utglidning forårsaker et stort kvikkleireskred ble vurdert som meget lav på Stasjonsområdet. Sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred utvikles er avhengig av at en utglidning har først skjedd. Det ble vurdert som usannsynlig at et stort kvikkleireskred skjer. Derfor ble $p = 0,1$. Det ble en diskusjon om en sannsynlighet på 0,10 var for lav. Men vannet greier å vaske ut 2, 3 eller 4 m dyp i jord og dermed redusere FS ned til 1,0. Dette er et område som har vært utsatt for stor fysisk aktivitet de siste 100-200 årene. Likevel har det ikke gått et stort skred. Det sier noe om konservatismen som ligger inne.</p> <p>Hendelsestreet stoppes dersom et stort kvikkleireskred ikke skjer</p>

Hendelse	Forklaring. D
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 1,89 \cdot 10^{-4} / \text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 1,87 \cdot 10^{-4} / \text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 1 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Instrumentering og overvåkning på plass og det er satt begrensninger på aktiviteten i området

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Figur G-18. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

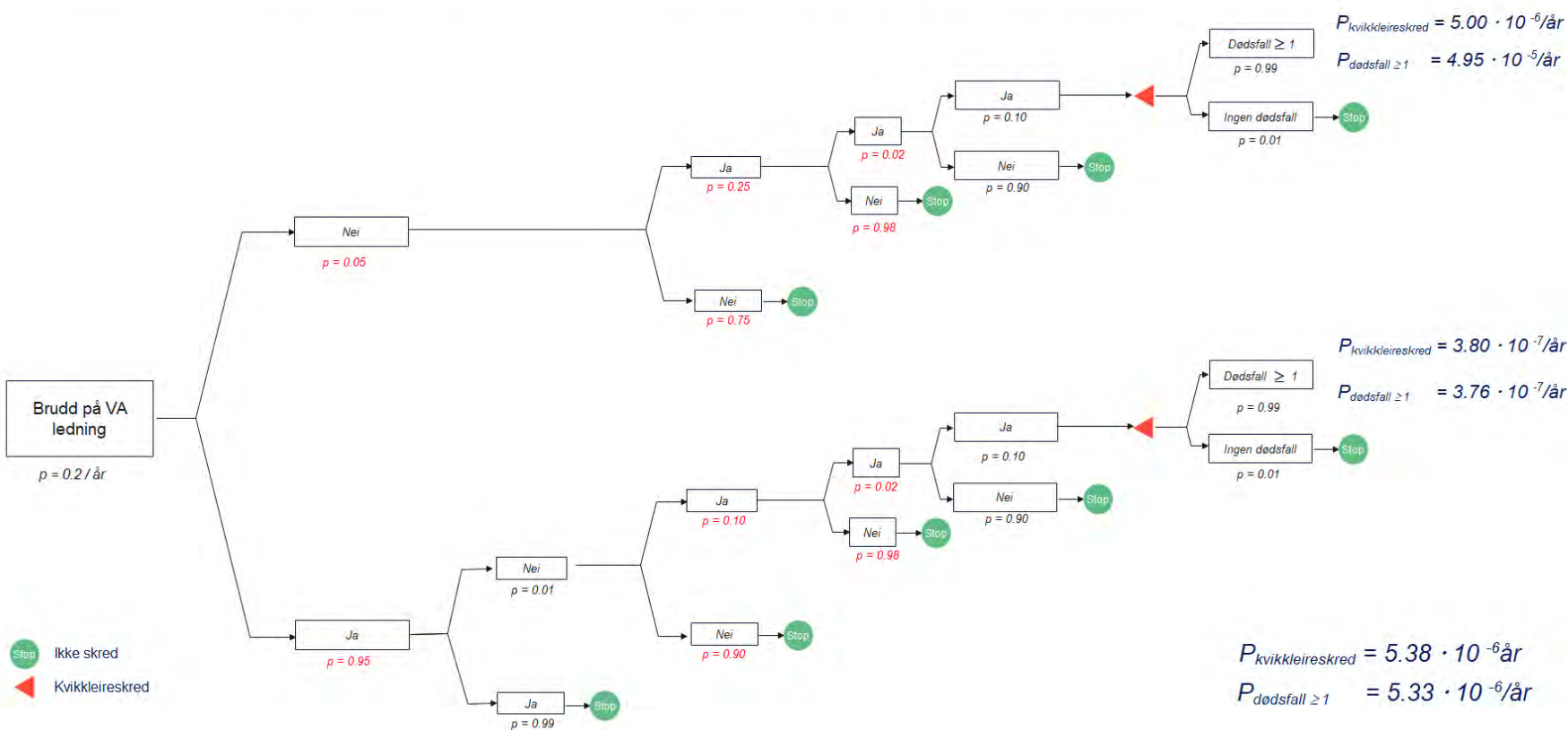
Tabell G-18. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 1 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring, D
Brudd på VA-ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 0.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Det er nå flere folk på stedet, de er mer bevisst, og det blir mange flere visuelle observasjoner. Sannsynligheten for at lekkasje ikke oppdages innen 12 timer ble satt til $p = 0,05$ (mellom usannsynlig og veldig usannsynlig), fordi det er flere folk som er opptatt av observasjoner og betydningen av et brudd på vannledning.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 0.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skråningsstabilitet) skjer?	Samme som fase 0.
Utglidning skjer?	Samme som fase 0.
Utgilidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighetsberegning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 9,95 \cdot 10^{-5}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 9,85 \cdot 10^{-5}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 2 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Jetpeler/ribber

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglidning skjer?	Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



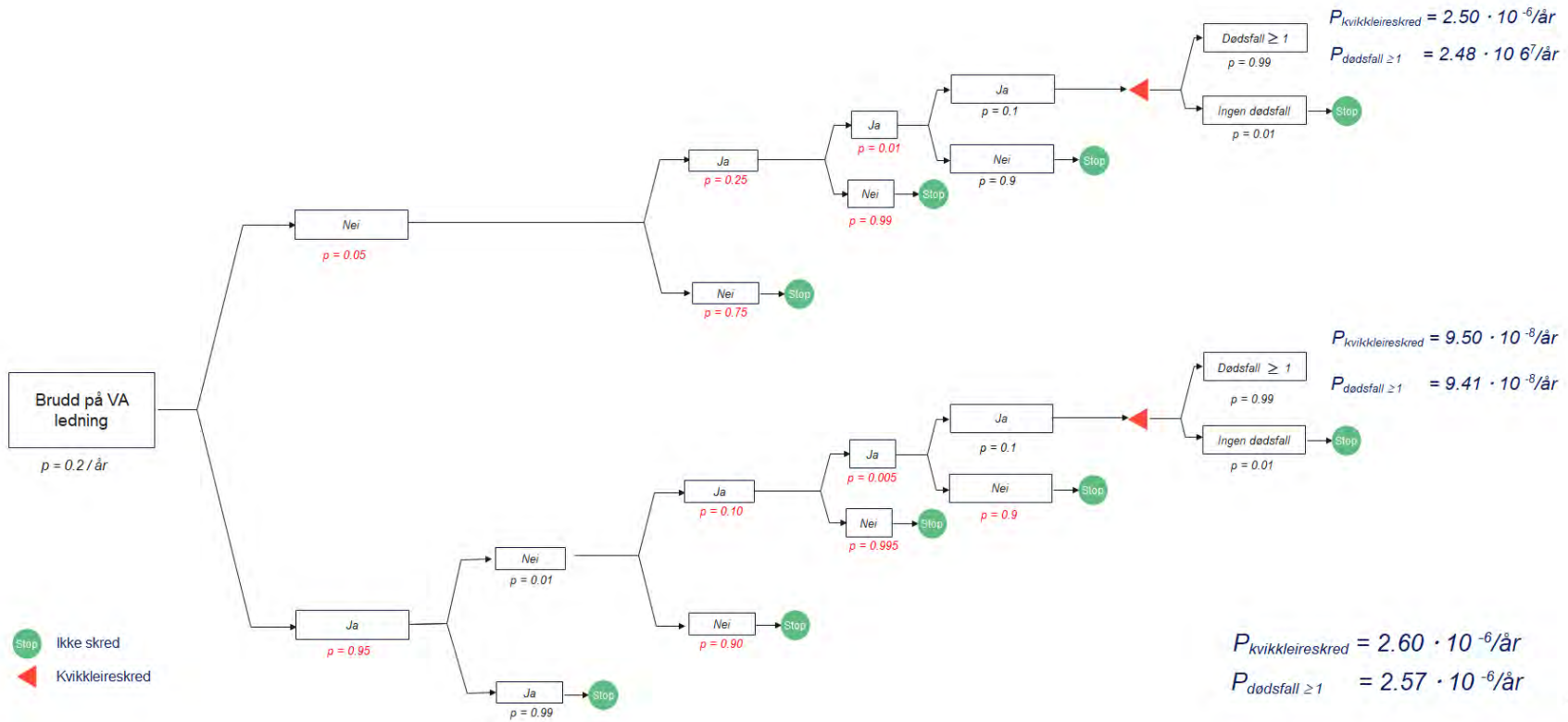
Figur G-19. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell G-19. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 2 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring, D
Brudd på VA- ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 1.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Samme som fase 1.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 1.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skrånings- stabilitet) skjer?	Nå at deler av områdetiltak på Stasjonsområdet er på plass reduseres sannsynligheten for destruktiv erosjon fra 'sannsynlig' til 'usikkert mot usannsynlig': p reduseres fra $p = 0,90$ til $p = 0,25$. Hvis lekkasjen oppdages, reduseres sannsynligheten fra $p=0,50$ til $p = 0,10$.
Utglidning skjer?	Med samme logikk, reduseres sannsynligheten for at en utglidning skjer fra usannsynlig til veldig usannsynlig (nesten), og p settes til 0,02, både om lekkasjen oppdages eller ikke (fordi ikke alle områder tiltak er nødvendigvis på plass).
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 0.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighets- beregning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 5,38 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 5,33 \cdot 10^{-6}/\text{år}$

STASJONSOMRÅDET - SF=1.2 - Fase 3 - Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"
Alle områdetiltak på plass

Brudd på vannledning?	Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Er tiltak vellykket?	Destruktiv erosjon skjer?	Utglijning skjer?	Utglijning forårsaker stort kvikkleireskred?	Skred forårsaker tap av liv?
-----------------------	--	----------------------	---------------------------	-------------------	--	------------------------------



Add your text here

Figur G-20. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Tabell G-20. STASJONSOMRÅDET – SF=1,2 – Fase 3 – Hendelsestreanalyse "Brudd på vannledning"

Hendelse	Forklaring, D
Brudd på VA- ledning?	Initierende hendelse. Samme som fase 2.
Lekkasje oppdages i løpet av 12 timer?	Samme som fase 2.
Er tiltak vellykket?	Samme som fase 2.
Destruktiv erosjon (som kan påvirke skrånings- stabilitet) skjer?	Samme som fase 2.
Utglidning skjer?	Med alle områdetiltak på plass reduseres sannsynligheten for at en utglidning skjer til veldig usannsynlig, og p settes til 0,01. Med alle områdetiltak på plass, hvis lekkasjen er oppdaget men tiltak er delvis eller ikke vellykket, men noen forbedring har skjedd, anses det som mellom veldig usannsynlig og nesten umulig at en utglidning vil skje ($p = 0,005$).
Utglidning forårsaker stort kvikkleireskred?	Samme som fase 2.
Skred forårsaker tap av liv?	Dersom et stort kvikkleireskred skjer, var alle workshopdeltagere enige i at det var veldig sannsynlig at minst en person vil omkomme i skredet eller følgehendelser (f.eks. utfall av vei): $p = 0,99$. Tallet gjelder for alle returperioder. Et skred fra bunnen vil forplante seg bakover. Hendelsestreet stoppes dersom det ikke er tap av liv. Men det er andre konsekvenser, som utfall av infrastruktur/nødnett/annet.
Sannsynlighets- beregning for kvikkleireskred eller tap av liv	Sannsynlighet for kvikkleireskred eller tap av minst et liv beregnes ved å gjøre produktet av sannsynlighetene langs hver gren på treet. Sannsynligheter for hele hendelsestre er summen av sannsynlighetene på grenene som gir kvikkleireskred eller tap av liv. $P_{\text{kvikkleireskred}} = 2,60 \cdot 10^{-6}/\text{år}$ $P_{\text{dødsfall} \geq 1} = 2,57 \cdot 10^{-6}/\text{år}$