

Nytt Dobbeltspor Sandbukta - Moss - Såstad

Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingsprosjekt

<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	Første utgivelse	15.02.2022	Ø. Skogvang	S. Haugen	A. Skogset
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. Av	Godkj. av
Tittel: Nytt Dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse	Antall sider:	Entreprise: SMS 2A			
	95	Safetec Nordic			
	Produsent:				
	Prod.dok.nr.:	ST-16413-1	Rev.	3.0	
Erstatning for:					
Erstattet av:					
Prosjektnavn: Sandbukta-Moss-Såstad Prosjektnr: 960168	Dokument-/tegningsnummer:			Revisjon:	
	SMS-20-Q-00061			00E	
BANE NOR	FDV-dokument-/tegningsnummer:			FDV-rev.:	

BANE NOR

HELHETLIG GEOTEKNISK RISIKOVURDERING, PROSJEKTERING OG UTFØRELSE, BANE NOR IC SMS-UTBYGGINGSPROSJEKT

HOVEDRAPPORT

ST-16413-1 / SMS-20-Q-00061

Type dokument:

Hovedrapport

Rapport tittel:

Helhetlig geoteknisk risikovurdering, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-
utbyggingsprosjekt

Kunde:

Bane NOR

Dokument nr. ST-16413-1 / SMS-20-Q-00061				
Forfattere Ø. Skogvang, S. B. Stangeland				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Rev.	Dato	Versjon	Kontrollert	Godkjent
1.0	17.01.2022	Utkast	S. B. Stangeland	A. Skogset
2.0	27.01.2022	Oppdatert rapport	S. Haugen	A. Skogset
3.0	15.02.2022	Oppdatert rapport	S. Haugen	A. Skogset

SAMMENDRAG

Denne rapporten oppsummerer og presenterer resultatene fra en geoteknisk risikovurdering relatert til etableringen av områdestabilitetstiltak sammen med tilhørende arbeider pågående parallelt i faresonen Moss Havn, knyttet til bygging av nytt dobbeltspor for jernbanestrekningen Sandbukta–Moss–Såstad. Risikovurderingen tar også for seg risiko overfor eksisterende spor som ble ibruktatt juni 2019. Bane NOR besluttet å gjennomføre risikovurderingen på bakgrunn av nye opplysninger om områdestabiliteten i det aktuelle anleggsområdet. Formålet med rapporten er å danne en del av beslutningsgrunnlaget for Bane NORs prosjektledelse med tanke på videre gjennomføring av prosjektet.

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. Beste praksis i slike tilfeller er i stedet å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko, men også for kvantifisering. Spesielt viktig for den relevante problemstillingen er involvering av geoteknisk ekspertise. Risikoanalysen ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt av fagekspertter fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter. Risikoen som er analysert er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko. Risikoevalueringen er utført av Bane NOR og Safetec.

Kvalitativ identifisering og kartlegging av farer er gjennomført i to helgdags arbeidsmøter, etterfulgt av sju arbeidsmøter hvor formålet var å kvantifisere sannsynligheten for utløsning av et stort kvikkleireskred med potensiale for tap av liv.

Risikovurderingen dekker følgende framtidige aktiviteter:

- Jetpeling
- Støttekonstruksjon Fjordveien øst
- Spunt Rockwool
- Omlegging VA og eks. ledningsnett
- Motfylling inkludert omlegging av eksisterende veier
- Grunnstabilisering
- Tunnelpåhugg

Risikovurderingen har medført økt kunnskap om risikoen for at det framtidige anleggsarbeidet kan utløse kvikkleireskred, og derigjennom gitt prosjektet og Bane NOR et bedre grunnlag for å vurdere tiltak for å kunne kontrollere risikoen. Basert på den økte kunnskapen denne risikovurderingen har frembragt, og forutsatt at foreslåtte risikoreduserende tiltak gjennomføres, er det vurdert at risikoen er mulig å kontrollere på et akseptabelt nivå, både for naboer (tredjeperson), togreisende (førsteperson) og ansatte i jernbanerelatert virksomhet (andreperson, herunder anleggsarbeidere). Dette til tross for at resultatene blant annet baseres på at det så langt er gjort en konservativ antagelse om at den initielle basissannsynligheten for skred (altså sannsynligheten for skred i kvikkleiresonen Moss Havn før jernbaneprosjektet starter) på 5×10^{-4} pr. år gjelder helt til utgangen av 2022. De områdestabiliserende tiltakene som er planlagt utført i 2022 vil trolig ha en effekt på skredsannsynligheten tidligere enn ved utgangen av året¹.

Fra et samfunnsperspektiv vil gjennomføring av de risikoreduserende tiltakene gi en stor gevinst. Det vil være en økt risiko sammenlignet med dagens situasjon i første del av den perioden tiltakene gjennomføres, men etter ferdigstilling vil risikoen være vesentlig lavere enn i dag. Det vil derfor være en betydelig risikoreduksjon for samfunnet dersom man vurderer dette over den perioden tiltakene vil ha effekt.

¹ Fremdriftsplanen som ligger til grunn for risikovurderingen tilsier at oppstart for arbeidene omfattet av analysen er i mars 2022. Resultatene av analysen er gyldige også om fremdriftsplanen endres, men da forskyves naturligvis risikoen tilsvarende i tid.

Som for enhver risikovurdering er det også i dette tilfellet en iboende usikkerhet relatert både til sannsynligheten for og mulig konsekvens av en uønsket hendelse. Gjennom omfattende bruk av svært erfarne geoteknikere er imidlertid denne analyseusikkerheten redusert så langt som praktisk mulig.

Det er i dag en risiko for skred i faresonen Moss Havn, hvor man uten tiltak også kan anta en naturlig forverring/økning i risiko over tid, for eksempel pga. erosjon eller menneskelig påvirkning. Ved å akseptere noe økning i risiko i en begrenset periode, slik at man kan få utført stabiliserende tiltak, vil risikoen reduseres betydelig over tid, og dermed det gi stor risikoreduksjon og vesentlig samfunnsnytte inn i framtiden.

Risikøkningen er begrenset i tid. Dette gjelder den første tiden når man setter i gang med de første stabiliseringstiltakene, før deler av kvikkleiresonen har oppnådd forbedret stabilitet. Dersom Bane NOR og prosjektet ikke hadde gjennomført disse tiltakene, ville risikoen ha vært uendret, eller noe øket, i forhold til dagens situasjon.

INNHold

1	INNLEDNING	7
1.1	Bakgrunn	7
1.2	Formål og arbeidsomfang	7
1.3	Avgrensninger.....	8
1.4	Forklaring av begreper og forkortelser	8
2	SYSTEMBESKRIVELSE	10
2.1	Prosjektbeskrivelse (for aktuell del av prosjektet).....	10
2.2	Beskrivelse av aktivitetene	11
3	METODISK RAMMEVERK	13
3.1	Beskrivelse av og begrunnelse for valgt metodikk.....	13
3.2	Identifisering av farer og usikkerheter	13
3.3	Grunnlag for kvantifisering av sannsynlighet.....	14
3.4	Kvantifisering av sannsynlighet med hendelsestremetodikk.....	15
4	RISIKOAKSEPTKRITERIER.....	18
5	ARBEIDSMØTER OG DELTAKELSE	19
6	FORUTSETNINGER OG ANTAKELSER.....	22
6.1	Generelle forutsetninger og antakelser	22
6.2	Planlegging av geotekniske tiltak og kontrollregime for prosjektering.....	25
6.3	Kontrollregime for utførelse/bygging.....	25
6.4	Forutsetninger i lokalmiljøet – kvikkleiresonen Moss Havn.....	26
6.5	Jetpeling	27
6.6	Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst	28
6.7	Spunt Rockwool.....	29
6.8	Omlagging VA og eksisterende ledningsnett	30
6.9	Motfylling inkludert omlagging av eksisterende veier	31
6.10	Grunnstabilisering	32
6.11	Tunnelpåhugg.....	33
6.12	Oppsummering av sannsynligheter for stort skred.....	34
7	RESULTATER	36
7.1	Identifisering av farer og usikkerheter	36
7.2	Risikoestimering	37
7.3	Resultater for naboer/tredjepart	39
7.4	Resultater for passasjerer og ansatte.....	40
8	USIKKERHETER.....	43

8.1	Usikkerhet knyttet til kvalitativ risikoanalyse	43
8.2	Usikkerhet knyttet til kvantitativ risikoanalyse (estimering av sannsynlighet).....	43
9	DISKUSJON.....	44
9.1	Oppnåelse av akseptkriteriene og ALARP-vurdering	44
9.2	Andre forhold	45
10	KONKLUSJON	47
11	REFERANSER	48

Vedlegg A: Analyselogg (kvalitativ analyse), identifisering av farer og usikkerheter.

Vedlegg B: Hendelsestrær

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Bane NOR er byggherre for bygging av nytt dobbeltspor Sandbukta-Moss-Såstad – IC SMS-prosjektet. Ny og oppdatert vurdering av områdestabilitet for områdene over Moss havn viser at faregraden for et omfattende kvikkleireskred er økt fra lav til middels². Dette har blant annet resultert i flere nye stabilitetsforbedrende tiltak som er identifisert og anbefalt av Norges Geotekniske Institutt (NGI). Tiltakene er beskrevet i oppdatert rapport for områdestabilitet (Ref. 1). Bane NOR planlegger å iverksette de anbefalte tiltakene, gjennom aktivitetene som er analysert i denne risikovurderingen, slik at sikkerhetsfaktorene og stabiliteten i grunnen i Moss er tilstrekkelig forbedret i forkant av byggingen av det nye dobbeltsporet med tilhørende infrastruktur.

De områdestabiliserende tiltakene er planlagt gjennomført for å etablere en tilfredsstillende 0-situasjon for de videre arbeidene. Det man har oppnådd med de områdestabiliserende tiltakene skal ikke forverres i senere faser.

Den helhetlige geotekniske risikovurderingen som er dokumentert i denne rapporten omfatter den første fasen av prosjektet når det starter opp igjen. Det er i den fasen prosjektet primært skal løse utfordringene knyttet til fare for kvikkleireskred, og en viktig målsetting med arbeidet er at risikoen for de resterende fasene i prosjektet skal være kontrollert og på et akseptabelt lavt nivå.

Som en del av arbeidet er det også gjort en egen analyse av hvor stor andel av risikoen som gjelder for personer eksponert ved eksisterende trafikkert spor.

For å verifisere om det er mulig å nå dette målet har Bane NOR besluttet å gjennomføre en helhetlig geoteknisk risikovurdering relatert til planlagte arbeider i området ved Moss stasjon, i og i nærheten av kvikkleiresonen Moss Havn. Denne rapporten dokumenterer arbeidet som er gjort.

1.2 Formål og arbeidsomfang

Formålet med risikovurderingen er å danne en del av beslutningsgrunnlaget for Bane NORs prosjektledelse med tanke på videre gjennomføring av prosjektet for bygging av nytt dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad.

Den helhetlige geotekniske risikovurderingen identifiserer og vurderer de forhold og farer som direkte eller indirekte kan føre til utløsning av et kvikkleireskred knyttet til de planlagte stabiliserende arbeidene i dagsone Moss.

For å kunne gjøre en vurdering av den identifiserte risikoen opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier er fareidentifisering fulgt opp av et omfattende arbeid med kvantifisering av sannsynligheten for at et stort kvikkleireskred kan inntreffe.

For fareidentifisering, kvantifisering av sannsynlighet og risikoanalyse er det etablert to grupper som har vært involvert i arbeidet, en arbeidsgruppe for fareidentifisering, og en ekspertgruppe for

² Økningen er ikke stor, fra faregrad med score 17 (akkurat innenfor «lav») til score 18 (akkurat over grensen til «middels»). Den største forskjellen er at NGI utførte betydelig flere stabilitetsberegninger enn det som var gjort tidligere, og dermed avdekket at den beregningsmessige stabiliteten var dårligere enn det som var beregnet av Rambøll/Sweco i 2016. Dette har ført til behov for mange flere stabilitetsforbedrende tiltak enn det som opprinnelig var skissert i 2016.

kvantifisering av risiko. Kvalitativ og kvantitativ analyse er foretatt av de som har vært involvert i arbeidsgruppen og ekspertgruppen, mens prosessen har blitt fasilitert og dokumentert av Safetec.

Risikoevaluering, altså sammenfatting av risikobildet og vurdering opp mot Bane NORs risikoakseptkriterier, er utført av Safetec og Bane NOR, og dokumentert av Safetec.

1.3 Avgrensninger

Analysen omhandler grunnforhold, og tilhørende skredfare, geografisk avgrenset til kvikkleire faresonen Moss Havn. Områder andre steder i Moss eller langs jernbanen utenfor den aktuelle faresonen Moss Havn er ikke omfattet av analysen.

Andre uønskede hendelser enn kvikkleireskred er ikke analysert.

Utbredelsen av en flodbølge som etterfølger et skred er ikke vurdert nærmere i denne risikovurderingen, men er vurdert i en egen rapport utarbeidet av NGI høsten 2021 (Ref. 2).

1.4 Forklaring av begreper og forkortelser

I denne rapporten benyttes noen faguttrykk som det kan være nyttig å forklare for å sikre riktig og entydig forståelse av teksten. Disse faguttrykkene er forklart i Tabell 1-1.

Tabell 1-1 *Forklaring av faguttrykk*

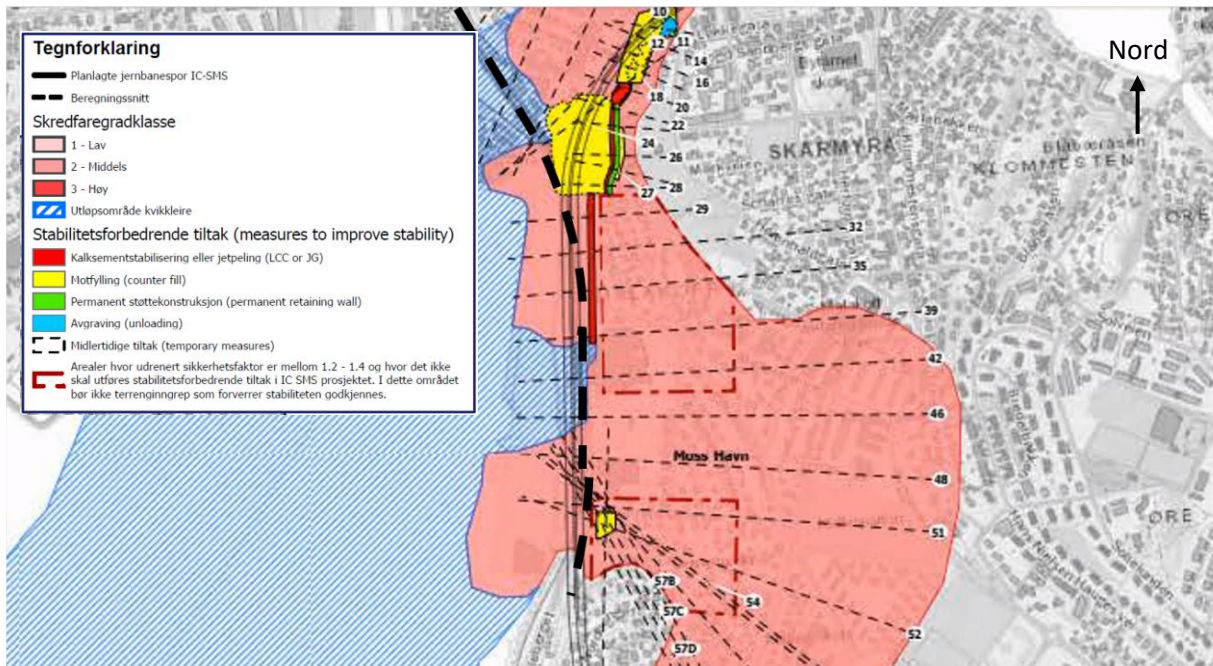
Begrep	Forklaring
ALARP-prinsippet	As Low As Reasonably Practicable, det vil si at risiko som oppnås etter tiltak skal være så lav som praktisk mulig.
Akseptkriterier for risiko	Med dette menes Bane NORs akseptkriterier for risiko for følgende kategorier av personer (Ref. 3): 1. person forstås her som reisende 2. person er ansatte i tilknytning til jernbanen/togframføringen 3. person er naboer og andre som bor/jobber/ferdes i området.
Lokalstabilitet	Betegnelsen på en lokalt avgrenset stabilitetstilstand med mulighet for brudd (utglidning) i grunnen. Bruddet begrenses til det lokale påvirkningsområdet for spenningsendringen som har oppstått i skråningen. Typiske eksempler er lokalt grunnbrudd under fylling eller fundament, lokal utglidning ved graving i skråning i byggegrop eller i skjæring (stabilitetsbrudd), eller lokal utglidning i naturlig skråning som følge av poretrykksendring eller erosjon. (Ref. 4)
Områdeskred og kvikkleireskred	Områdeskred brukes som samlebegrep for skred i kvikkleire (kvikkleireskred) og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Det som kjennetegner områdeskred er at en relativt liten hendelse, som f.eks. en liten utglidning langs en bekk eller utfylling på toppen av en skråning, kan utvikle seg til et skred som omfatter et stort område. Områdeskred kan bli svært omfattende dersom skredmassene får fritt utløp. Et områdeskred kan utvikle seg både sideveis og bakover eller framover fra der overbelastningen skjer (Ref. 5). Kvikkleireskred er et typisk områdeskred, hvor det er kvikkleire i grunnen.
Områdestabilitet	En stabilitetstilstand der et initielt brudd kan igangsette en progressiv frem- eller bakoverrettet bruddutvikling i tilstøtende sprøbruddmaterialer, slik som er typisk for kvikkleire. Vurdering av områdestabilitet brukes om vurderinger av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred. Dette gjøres i henhold til prosedyre i kap. 3.2 (i NVE-veileder, ref. 5).
Risiko	Kombinasjon av sannsynligheten og tilhørende konsekvens av en uønsket hendelse

Begrep	Forklaring
Sikkerhetsfaktor (SF)	En beregnet verdi som angir sikkerhet mot skred, hvor $F < 1,0$ tilsier brudd. Sikkerhetsfaktoren angir forholdet mellom stabiliserende krefter og drivende krefter langs en potensiell glideflate. Beregnet sikkerhetsfaktor påvirkes av usikkerhet i verdier for jordas mekaniske egenskaper, romvekt og poretrykksforhold, samt usikkerhet i selve terrengmodellen og beregningsmodeller (ref. 4).

2 SYSTEMBESKRIVELSE

2.1 Prosjektbeskrivelse (for aktuell del av prosjektet)

Bane NOR skal bygge nytt dobbeltspor i Moss, og det er utfordrende grunnforhold i deler av planområdet (Ref. 1). Den delen av prosjektet Dobbeltspor Sandbukta–Moss–Såstad³ som er omfattet av denne risikovurderingen strekker seg fra der dagens og ny jernbanetrasé kommer inn i kvikkleiresonen Moss Havn fra sør, til en forlater stasjonen i nord, som vist i Figur 2-1 og Figur 2-2.



Figur 2-1 Kart som viser området i Moss; dagens spor er den stiplede linjen.



Figur 2-2 Kart som viser området i Moss; ny trasé øverst, dagens spor nederst.

³ <https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/sandbukta-moss-sastad/>

2.2 Beskrivelse av aktivitetene

Prosjektaktivitetene som er analysert som en del av denne risikovurderingen er kort presentert under. Det aktuelle området er i og ved kvikkleiresonen Moss Havn, som vist på Figur 2-1 og Figur 2-2. NGI har utført en områdestabilitetsvurdering for Bane NOR og vurdert at det er nødvendig å utføre en rekke tiltak for å ivareta områdestabiliteten. NGI har bidratt med beskrivelsene i dette delkapittelet.

Jetpeling:

For å forbedre områdestabiliteten er det planlagt å etablere jetpeleribber i dagsone Moss (Ref. 1). Jetpeleribbene skal installeres i skråninger eller ved foten av skråninger som i dag har lav geoteknisk stabilitet. Jetpelene skal bidra til økt sikkerhet i skråningene, men kan gi midlertidig svekkelse av grunnen under utførelsen. På grunn av usikkerhet knyttet til omfanget av en slik svekkelse, er det i perioden 11. august til 9. september 2021 utført et fullskala feltforsøk med jetpeler øst på Stasjonsområdet (Ref. 6). Hensikten med forsøksfeltet er å kvantifisere mulige negative effekter i forbindelse med installasjon av jetpeler i en kvikkleireskråning, samt verifisere hvilken styrke og stivhet jetpelene kan oppnå.

Grunnprinsippene for jetpelmetoden er at man anvender en roterende høytrykks væskestråle som eroderer ned den opprinnelige jordstrukturen. Størrelsen på jetpelene avhenger av hvilken metode som anvendes, anvendt trykk, opptrekkshastighet, rotasjonshastighet og jordas opprinnelige egenskaper. Blokkering av returmasse ansees som et av de største faremomentene i installasjonsprosessen.

Det er planlagt installasjon av jetpeler som tiltak for å forbedre områdestabiliteten både i Kransen og på Stasjonsområdet.

Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst:

Stabilitetsberegninger viser at skråningene som ligger øst for Kransen har lav sikkerhet (forstås her som lav sikkerhetsfaktor). Etter bygging vil jernbanen i dette området gå i en lukket betongtunnel, og området over tunnelen vil bli fylt opp. Eventuell utglidning av ustabil sideterreng i øst vil da i liten grad berøre jernbanen når IC SMS-prosjektet er ferdig, men kritiske bruddflater vil berøre IC SMS-prosjektet i byggefasen, samt berøre Fjordveien. For å forbedre stabiliteten er det planlagt etablering av en permanent støttekonstruksjon langs Fjordveien. Støttekonstruksjonen vil trolig bli utført som en bakforankret rørsputtvegg eller rørvegg av stål, eventuelt som en bakforankret pilarvegg eller uavstivet trykkbue av armert betong. I denne analysen er det forutsatt bakforankret rørsputtvegg eller rørvegg. Boring av stålrør og installasjon av stag kan føre til negative installasjonseffekter og midlertidig svekkelse av stabiliteten i området. Av den grunn er det planlagt å etablere en midlertidig motfylling i området for å forbedre stabiliteten før bygging av støttekonstruksjonen starter.

Spunt Rockwool:

For å muliggjøre utgraving for byggegrop og VA på stasjonsområdet er det behov for en midlertidig støttekonstruksjon, altså et tiltak for å ivareta lokalstabiliteten og ikke områdestabiliteten. Den midlertidige støttekonstruksjonen er planlagt utført som en bakforankret stålsputt. Installasjon av spunt, fotbolter og stag kan gi en midlertidig svekkelse av grunnen i området. Dette er byggegropssputten som er en forlengelse av rørveggen, i fremkant av Rockwool, på stasjonsområdet.

Omlegging VA og eksisterende ledningsnett:

For å kunne gjennomføre byggingen av jernbaneanlegget i dagsone Moss er det behov for relativt omfattende omlegging av eksisterende ledningsnett (både midlertidig og permanent). Omlegging av ledningsnettet vil innebære graving i områder som i dag har lav sikkerhetsfaktor.

Motfylling inkludert omlegging av eksisterende veier:

Det er planlagt å forbedre sikkerheten i Kransen ved hjelp av motfyllinger. Både midlertidige (Kransen sør) og permanente motfyllinger (Kransen nord) er planlagt. Det vil bli satt strenge rekkefølgekrav for å sikre at fyllingene ikke forverrer stabiliteten under utlegging. Motfyllingene er tiltak for å forbedre både lokalstabiliteten og områdestabiliteten.

Grunnstabilisering:

Grunnstabilisering henviser i denne sammenhengen til kalksementstabilisering og jetpeling som er planlagt installert for å forbedre lokalstabiliteten i byggegroppen. Grunnstabiliseringen er altså ikke for å forbedre områdestabiliteten. Grunnstabilisering gjøres i områder som under installasjonen har høyere sikkerhetsfaktor enn i de områdene hvor det skal utføres tiltak for områdestabilitet.

Tunnelpåhugg:

Samtidig som det utføres arbeider for å forbedre områdestabiliteten vil det også blir utført arbeider ved tunnelpåhugget på Kleberget. I første omgang gjelder dette primært arbeider knyttet til sprengning og injeksjon i berg. Disse arbeidene skal utføres i et område hvor sideterrenget har lav sikkerhetsfaktor.

Spunting og grunnstabilisering er dekket av andre hendelsestrær og omhandles ikke i hendelsestreet for tunnelpåhugg.

3 METODISK RAMMEVERK

Metode for denne risikovurderingen baserer seg i utgangspunktet på prinsipper, rammeverk og prosess for risikostyring ref. ISO 31000:2018 (Ref. 7), sammen med NS 5814:2021 – Krav til risikovurderinger (Ref. 8).

Identifiserte farer er relatert til hovedaktivitetene som er definert av prosjektet og beskrevet i kapittel 2.2.

3.1 Beskrivelse av og begrunnelse for valgt metodikk

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. I slike tilfeller er beste praksis å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko og hvilke forhold som påvirker risikoen, og også for kvantifisering.

Spesielt viktig for kvikkleirerisikoen som skal vurderes i dette tilfellet er involvering av geoteknisk ekspertise. Identifisering, kartlegging og analyse av risiko ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt av fageksperter fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter.

Som i enhver risikovurdering foreligger det modellforenklinger som innebærer usikkerhet, og det vil være svært utfordrende, om i det hele tatt mulig, å utelukke usikkerhet knyttet til dette i enhver analyse av komplekse systemer og aktiviteter. Dette er uavhengig av bransje/teknologi/system og hva som skal analyseres.

Usikkerhet knyttet til analysegruppens arbeid anses som liten i denne analysen. Bruken av ekspertgrupper til å estimere sannsynlighet er anerkjent, og er det beste verktøyet for å kunne vurdere sannsynligheten av sjeldne hendelser med komplekse årsakskjeder. I dette prosjektet har det vært en langvarig prosess uten korte tidsfrister, noe som har gitt mulighet for bred kvalitetssikring. I arbeidet er det benyttet grupper med bredt sammensatt kompetanse, både interne og eksterne deltagere, uavhengige eksperter og anerkjente geoteknikere.

Resultatet av risikovurderingen er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko.

3.2 Identifisering av farer og usikkerheter

Arbeidsgruppen for fareidentifisering bidro med kvalitative vurderinger i de to første arbeidsmøtene (se kap. 5), mens ekspertgruppen gjennomførte kvalitativ og kvantitativ risikovurdering i resterende møter høsten 2021. Hvert av de strukturerte arbeidsmøtene hadde klare definert formål og innhold. Det ble totalt gjennomført 17 arbeidsmøter, som beskrevet i kapittel 5.

Risikoen til hver enkelt fare/usikkerhet ble klassifisert som enten rød, gul eller grønn. Kriterier for valg av fargekode ses nedenfor i forbindelse med illustrasjon av metode. Vurdering og klassifisering (fargekode) av den enkelte fare eller usikkerhet uttrykker konsekvensen hvis faren faktisk inntreffer – hvor *trolig* er det at dette direkte eller indirekte kan utløse et kvikkleireskred.

Det ble i løpet av de to arbeidsmøtene med arbeidsgruppen anvendt bruk av såkalte ledeord. Dette er utvalgte ord som har til hensikt å hjelpe møtedeltakerne til å identifisere mulige farer og tilhørende usikkerheter.

Tabell 3-1: Analyselogg

Prioritet (pri): A-anbefaling, O - observasjon

Fare- beskrivelse	Årsak	Konse- kvens	Risiko	Eksisterende risikoredu- serende tiltak	Risikoreduere nde tiltak fra 12.feb.	Nye anbefalte sannsynlighets- reduserende tiltak	Rest- risiko	Kommen- tarer	Pri	Ansvarlig
			Høy							
			Moderat							
			Lav							

Risikokategorier:

- HØY** - uakseptabel risiko hvor ytterligere forebyggende tiltak *må* iverksettes
- MODERAT** - akseptabel risiko, men nye forebyggende tiltak *bør* vurderes i forhold til kost/nytte
- LAV** - akseptabel risiko, nye forebyggende *kan* iverksettes dersom hensiktsmessig

3.3 Grunnlag for kvantifisering av sannsynlighet

Til å kvantifisere sannsynlighet for utløsning av et stort kvikkleireskred besluttet Safetec i samråd med Bane NOR å benytte hendelsestremetodikk. Et hendelsestre er et logisk diagram som viser mulige hendelseskjeder som følger etter en initierende kritisk hendelse (topphendelse). Metoden kan brukes både kvalitativt (for å illustrere sammenhenger) og kvantitativt (for å tallfeste sannsynligheter knyttet til komplekse hendelseskjeder).

Ekspertgruppen har systematisk analysert relevante hendelser og hendelseskjeder, og fastsatt tilhørende sannsynligheter til bruk i risikoanalysen. For alvorlige hendelser som store kvikkleireskred er det svært lav frekvens, noe som tilsier at en rendyrket matematisk/frekventistisk tilnærming ikke er formålstjenlig for denne analysen. Dette kan også bidra til økt usikkerhet fordi at tallene i resultatene kan fremstå som mer nøyaktige og presise enn det er grunnlag for.

Sannsynlighetskategorier for den kvantitative analysen er vist i Tabell 3-1 (Ref. 9). Dette er en tabell som viser koblingen mellom kvalitative beskrivelser og kvantifisering av sannsynlighet, en kategorisering som har vært benyttet av arbeidsgruppen som har vært involvert i arbeidet med kvantifiseringen av sannsynlighet i risikovurderingen. Den er utarbeidet og benyttet av IPCC⁴.

⁴ IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change); for eksempel som beskrevet i tabell 1 her: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf

Tabell 3-1 Beskrivelse av sannsynlighets kategorier benyttet i hendelsestreakanalysen, fra IPCC.

Probability (sannsynlighet)	Verbal description	Beskrivelse (norsk)
~0.0 – 0.5% (mean: 0.1%)	Virtually impossible, due to known physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten umulig
0.5 – 2% (mean: 1%)	Very unlikely, although the possibility cannot be ruled out on the basis of physical or other reasons	Veldig usannsynlig
2 – 33% (mean: 10%)	Unlikely, but it could happen	Usannsynlig
33 – 67% (mean: 50%)	As likely as not (unknown) with no reason to believe that one possibility is more or less likely than the other	Usikker
67 – 98% (mean: 90%)	Likely, but it may not happen	Sannsynlig
98 – 99.5% (mean: 99%)	Very likely, but not completely certain	Veldig sannsynlig
99.5 – ~100% (mean: 99.9%)	Virtually certain, due to know physical conditions or process that can be described and specified with almost complete confidence	Nesten sikker

3.4 Kvantifisering av sannsynlighet med hendelsestremetodikk

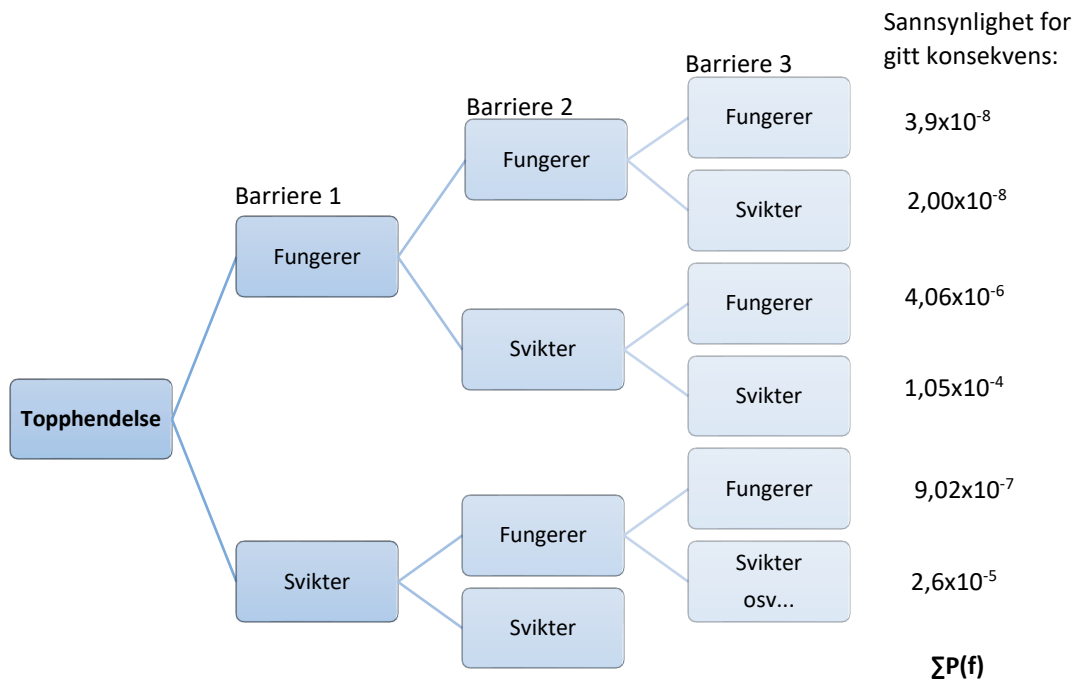
Et utvalg av planlagte aktiviteter som har potensiale til å utløse kvikkleireskred dannet utgangspunkt for arbeidsmøtene og for hendelsestreakanalysen. Aktiviteter skal i dette tilfellet forstås som fysisk utførelse av planlagte områdestabilitetsforbedrende tiltak, samt arbeider som utføres samtidig som de stabilitetsforbedrende tiltakene utføres. Den enkelte aktivitet er styrt av enten Bane NOR som byggherre, eller av totalentreprenøren MossIA.

Valg av aktiviteter (som kan utløse et stort skred) ble gjort basert på en kritikalitetsvurdering utført av ekspertgruppen. Aktivitetene vil til slutt føre til en betydelig redusert sannsynlighet for kvikkleireskred i Moss. Likevel er det en liten sannsynlighet, mens de er under utførelse, for at de kan være utløsende årsak for et kvikkleireskred, på grunn av eventuelle sammenfallende uheldige omstendigheter eller feil som inntreffer underveis i arbeidet.

Strukturen i et hendelsestre er vist i Figur 3-1, og illustrerer mulige utfall en uønsket hendelse kan gi, betinget av hvilke barrierer som eksisterer og påliteligheten til dem.

Følgende aktiviteter ble analysert med hver sine hendelsestrær:

Aktivitet	Med sikkerhesfaktor (SF)
Jetpeling	< 1,15
Jetpeling	mellom 1,15 og 1,6
Støttekonstruksjon Fjordveien øst	< 1,15
Støttekonstruksjon Fjordveien øst	mellom 1,15 og 1,6
Spunt Rockwool	< 1,15
Spunt Rockwool	mellom 1,15 og 1,6
Omlegging VA og eksisterende ledningsnett	< 1,15
Omlegging VA og eksisterende ledningsnett	1,15 og 1,6
Motfylling inkludert omlegging av eksisterende veier	< 1,15
Motfylling inkludert omlegging av eksisterende veier	mellom 1,15 og 1,6
Grunnstabilisering	< 1,15
Grunnstabilisering	mellom 1,15 og 1,6
Tunnelpåhugg	< 1,15
Tunnelpåhugg	mellom 1,15 og 1,6



Figur 3-1: Prinsipp for hendelsestreanalyse, tallene til høyre er kun eksempler for illustrasjon.

Sannsynligheten for en hendelseskjede, det vil si en spesifikk forgreining i hendelsestreet, fås ved å multiplisere alle sannsynlighetene langs forgreiningen. Sannsynligheten for at et skred oppstår, P(f-skred), er summen av sannsynligheter fra hver aktivitet og matematisk beskrevet som følger:

$$P(f\text{-skred}) = P(f\text{-naturlig}) + P(f\text{-jetpeling}) + P(f\text{-støttekonstr.}) + P(f\text{-spunt}) + P(f\text{-VA}) + P(f\text{-motfylling}) + P(f\text{-grunnstab}) + P(f\text{-tunnel})$$

Her er P(f-naturlig) sannsynligheten for at et skred oppstår av naturlig årsaker, og de andre (P(f-xxxx)) er relatert til aktivitetene beskrevet ovenfor og i kap. 2.2.

Hendelsestrærne munner ut i en lang rekke slutthendelser. For de slutthendelsene som medfører tap av liv, er det gjort en videre vurdering, og det er slutthendelse med tap av liv som konsekvens som inngår i beregningen av individrisiko for mest eksponerte individ. Slutthendelsene som antas å ikke gi dødsfallskonsekvenser (altså ikke skred og mindre utgliding) er ikke analysert videre, som vist i utdraget fra hendelsestreet⁵ under (Figur 3-2):

⁵ Alle hendelsestrærne legges ved rapporten i vedlegg B.

Eksempel/utdrag av vurdering av sannsynlighet for skred			Sum for stort skred
			2,05E-4
...	Ikke skred		<i>Ikke analysert videre</i>
	Mindre utglidning		
0,001	Stort skred	4,06E-06	4,06E-06
	Ikke skred		<i>Ikke analysert videre</i>
	Mindre utglidning		
0,01	Stort skred	4,06E-05	4,06E-05
			...OSV...

Figur 3-2 Utdrag fra et av hendelsestrærne, eksempel på oppsett.

Hendelsestrærne er vist i vedlegg B.

4 RISIKOAKSEPTKRITERIER

Bane NORs risikoakseptkriterier skal benyttes som beslutningskriterier for aksept av risiko. Hvilke av kriteriene som kommer til anvendelse vurderes for hver enkelt risikovurdering og avhenger av hva som vurderes.

Bane NORs risikoakseptkriterier er som følger (Ref. 10):

1. Samfunnsrisikoen skal gjennom bygging av ny infrastruktur og endringer av varig art reduseres i forhold til eksisterende risikonivå, målt mot aktivitetsnivå.
2. Et hvert mulig risikoreduserende tiltak skal gjennomføres med mindre tiltaket vil medføre urimelige store forsinkelser, komplikasjoner, gjennomføringsvansker og/eller kostnader sammenlignet med potensiell risikoreduksjon (ALARP⁶-prinsippet).
3. For egne ansatte, ansatte i andre jernbaneselskaper samt leverandørers ansatte gjelder følgende risikoakseptkriterier, for utbygging så vel som for drift:
 - a. For enhver mulig hendelse som kan gi alvorlige skader skal det finnes to uavhengige forebyggende barrierer, eller
 - b. Det skal finnes en beste praksis, ivaretatt ved sertifisering eller skriftlig prosedyre, for å sikre at risikoen ved aktiviteten er så lav som praktisk mulig, eller
 - c. Det skal kunne demonstreres at risikoen for mest utsatte individ ikke overstiger en dødsrisiko på 1×10^{-3} pr år.
4. For eksisterende strekninger samt for nye skal risikoen for mest utsatte individ (passasjer eller tredjepart) ikke overstige en dødsrisiko på 1×10^{-4} pr år.
5. Samfunnsrisikoen for nye strekninger skal ikke overstige 0,15 døde pr million togkilometer. Hvis det er stor usikkerhet om man er innenfor grensen, skal beslutning om risikoaksept tas av Bane NORs konsernsjef.

For denne risikovurderingen er det følgende kriterier som er aktuelle:

- For ansatte dekket av punkt 3 over gjelder kriterium 3c om en dødsrisiko som ikke skal overstige 1×10^{-3} pr år for den mest utsatte av de ansatte.
- For passasjerer gjelder kriterium 4 om en dødsrisiko som ikke skal overstige 1×10^{-4} pr år for den mest utsatte av de reisende.
- For naboer/tredjepart gjelder kriterium 2 (ALARP-prinsippet).

Øvrige kriterier er dekket av andre risikovurderinger i prosjektet eller er ikke aktuelle for denne risikovurderingen. Risikoakseptkriteriene som skal benyttes i risikovurderingen er besluttet av Bane NOR.

⁶ As low as reasonably practicable, dvs. så lavt som praktisk mulig.

5 ARBEIDSMØTER OG DELTAKELSE

Arbeidet har primært blitt utført gjennom en serie strukturerte arbeidsmøter som er blitt dokumentert av Safetec. Det er to arbeidsgrupper som har vært involvert i arbeidet. Den første arbeidsgruppen var involvert i fareidentifiseringen som ble gjennomført i det første møtet 12. februar 2021. Den andre arbeidsgruppen ble etablert høsten 2021. Det er ekspertene i den andre arbeidsgruppen som har hatt oppgaven med å gjennomføre den kvantitative analysen (fastsette sannsynligheter i hendelsestrærne), mens prosessen er fasilitert, sammenstilt og dokumentert av Safetec.

Utkast til analyselogg for fareidentifiseringen ble sendt til alle deltakerne etter arbeidsmøtet for kommentarer, og kommentarene ble deretter tatt hensyn til i rapporten. Mottatte kommentarer ble arkivert.

I de første to møtene, som omhandlet fareidentifisering med tilhørende usikkerheter, deltok representanter fra involverte parter i byggeprosjektet, samt fra Moss kommune og andre geotekniske fagpersoner.

I arbeidsmøtene som omhandlet kvantifisering av sannsynlighet for kvikkleireskred var det primært geoteknisk fagekspertise som deltok. Dette var interne eksperter fra aktuelt byggeprosjekt, samt ekstern ekspertise som kunne stille kritiske faglige spørsmål.

Gjennomførte arbeidsmøter er vist i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Utførte arbeidsmøter

Dato	Formål – møter i arbeidsgruppe (A) og ekspertgruppe (E)
12.02.2021	(A) Identifisere farer og usikkerheter, risikoanalyse og sannsynlighetsreducerende tiltak
21.09.2021	(A) Identifisere farer og usikkerheter, risikoanalyse og sannsynlighetsreducerende tiltak
30.09.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person (ved bruk av hendelsestrær)
06.10.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person (ved bruk av hendelsestrær)
30.09.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person
06.10.2021	(E) Estimere sannsynlighet for skred med tap av liv, 3. person
20.10.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
08.11.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
09.11.2021	(E) Kvalitetssikring av estimerte verdier
09.12.2021	(E) Vurdere andel av risiko for mest eksponerte 1. og 2. person, ved dagens trafikkerte spor
	Supplerende møter:
11.01.2022	(E) Kvalitetssikre forutsetninger for hendelsestrærne
20.01.2022	Kvalitetssikring av resultater og konklusjon, kun med deltakere fra Bane NOR og Safetec
25.01.2022	Kvalitetssikring av metode og resultater med NGI
27.01.2022	Kvalitetssikring av metode og resultater med NGI
08.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen og Safetec)
09.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen og Safetec)
10.02.2022	Kvalitetssikring av enkelte sannsynligheter i hendelsestreet for motfylling (Bane NOR, enkelte av geoteknikerne fra ekspertgruppen ⁷ og Safetec)

⁷ Nilsson, Julsen, L'Heureux, Nerland, Haugen og Skogvang.

I Tabell 5-2 følger en liste over deltakere i de arbeidsmøtene som er gjennomført i 2021, Tabell 5-3 viser deltakere i de supplerende møtene i 2022.

Tabell 5-2: Deltakere i arbeidsmøtene. Deltakerne i ekspertgruppen er **uthevet**.

Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Arbeidsmøter							
			12.2.	21.9.	30.9.	06.10.	20.10.	08.11.	09.11.	09.12.
Birger Steffensen	Bane NOR	Prosjektdirektør	X	-	-	-	-	-	-	-
Rune Julsen	Bane NOR	Prosjektleder	x	x	x	x	-	x	x	-
Peter L. Nilsson	Bane NOR	Leder RAMS⁸	x	x	x	x	x	x	x	x
Trygve S. Kvarme	Bane NOR	Prosjektleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Jan Nondal	Bane NOR	Prosjekteringsleder	x	-	-	-	-	-	-	x
Kjetil Brattlien	Bane NOR	Seksjonsleder geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Torunn Årset	Moss kommune	Direktør, plan, miljø og teknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Ragnar Reitan	MossIA	Prosjektdirektør	x	x	-	-	-	-	-	-
Astri Eggen	Veidekke	Senioringeniør geoteknikk	x	x	-	x	-	-	-	-
George Moir	MossIA	Teknisk sjef	x	-	-	-	-	-	-	-
Albert ØInes	Albert ØInes AS	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	-	-	-	-
Anja F. Elind	Moss kommune	Enhetsleder, plan, miljø og teknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Vibeke Rosenlund	Moss kommune	Enhetsleder, samfunns-utvikling	x	-	-	-	-	-	-	-
Henning Kubberød	Moss kommune	Beredskapskoordinator	x	-	-	-	-	-	-	-
Carsten Rosskamp	MossIA	Prosjektstyringssjef	x	-	-	-	-	-	-	-
Anders Nyhus	MossIA		x	-	-	-	-	-	-	-
Michael Voigt	MossIA	Site Manager	x	x	-	-	-	-	-	-
Jan Astrup	MossIA		x	-	-	-	-	-	-	-
Torgeir Haugen	Innleid til Bane NOR	Geoteknisk ekspert	-	x	-	x	-	x	-	x
Ørjan Nerland	NGI	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	x	x	x	x
Gunvor Baardvik	NGI	Geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Thomas Sandene	NGI	Geoteknikk	x	-	-	-	-	-	-	-
Jørgen B. Henriksen	Aas-Jakobsen	Prosjekteringsleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Lennart L. Larsen	MossIA	Seksjonsleder	x	x	-	-	-	-	-	-
Vidar Gjelsvik	NGI	Geoteknisk ekspert	x	x	-	-	-	-	-	-
Jean-Sébastien L'Heureux	NGI	Geoteknisk ekspert	-	-	x	x	-	x	x	-
Torbjørn Johansen	Geovita	Geoteknisk ekspert	-	x	x	x	x	x	-	-
Tor Magne Langås	Bane NOR	SHA-rådgiver	x	x	-	-	-	-	-	-
Finn Roar Gundersen	Bane NOR	Sikkerhets- og kvalitets-rådgiver / Banesjef org.	-	-	-	-	-	-	-	x
Geir Svanø	Bane NOR	Senioringeniør	-	-	-	-	-	-	-	x

⁸ Nilsson har også vært oppdragsleder for risikovurderingen.

Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Arbeidsmøter							
			12.2.	21.9.	30.9.	06.10.	20.10.	08.11.	09.11.	09.12.
Lars Erik Lundteppen	Bane NOR	Senior prosjektleder / Banesjef org.	-	-	-	-	-	-	-	x
Gisle Paulsen	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	-	x	-	-	-	-	-	-
Anders Aamodt	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	x	-	-	x	-	-	-	x
Morten Slåtta	MossIA	Prosjektdirektør	x	-	-	-	-	-	-	-
Ensar Ademci	MossIA	BIM koordinator	x	-	-	-	-	-	-	-
Øystein Skogvang	Safetec	Referent/møteleder	x	x	x	x	x	x	x	x
Stig B. Stangeland	Safetec	Møteleder/prosjektleder	x	x	x	x	-	-	-	x

De kvantitative analysene er altså gjennomført av ekspertgruppen i møtene fra og med 30.09.2021.

Tabell 5-3: Deltakere i supplerende møter i januar og februar 2022.

Navn	Arbeidsgiver	Stilling/rolle	Supplerende møter						
			11.01.	20.02.	25.01.	27.01.	08.02.	09.02.	10.02.
Rune Julsen	Bane NOR	Prosjektleder		x	x	x	x	x	x
Peter L. Nilsson	Bane NOR	Leder RAMS	x	x	x	x	x	x	x
Trygve S. Kvarme	Bane NOR	Prosjektleder	x				x		
Eirik Harding Hansen	Bane NOR	Prosjektdirektør		x	x				
Torgeir Haugen	Innleid til Bane NOR	Geoteknisk ekspert	x				x	x	x
Ørjan Nerland	NGI	Geoteknisk ekspert	x		x		x	x	x
Jean-Sébastien L'Heureux	NGI	Geoteknisk ekspert	x		x	x	x	x	x
Torbjørn Johansen	Geovita	Geoteknisk ekspert	x						
Anders Aamodt	Bane NOR	Fagansvarlig geoteknikk	x		x		x		
Farrokh Nadim	NGI	Teknisk ekspert risikovurdering og skråningsstabilitet			x	x	x		
Suzanne Lacasse	NGI	Teknisk ekspert naturfare			x	x	x		
Magnus Rømoen	NGI	BIM strateg miljøgeoteknikk			x	x			
Stig Stangeland	Safetec	Prosjektleder	x	x					
Arnstein Skogset	Safetec	Avdelingsleder		x	x				
Stein Haugen	Safetec	Møteleder/fasilitator				x	x	x	
Øystein Skogvang	Safetec	Referent/møteleder	x	x	x	x	x	x	x

6 FORUTSETNINGER OG ANTAKELSER

6.1 Generelle forutsetninger og antakelser

For samtlige hendelsestrær gjelder følgende forutsetninger og antakelser:

- Fremdriftsplanen er beskrevet med fastsatte tidspunkter for aktiviteter i 2022–2025. Resultatene i risikovurderingen er gyldige selv om fremdriftsplanen forskyves, for eksempel ved senere oppstart, men da med tilsvarende forskyvning i resultatene for de ulike tidspunktene underveis i anleggsarbeidet.
- Det forutsettes at alle arbeider i og utenfor anleggsområdet i faresonen Moss Havn skal foregå kompensert, det vil si at de i utgangspunktet ikke skal føre til forverring av stabilitet på noe som helst tidspunkt. Det innebærer at hvis man skal gjøre noe som isolert sett kan gi en forverring i stabilitet en kort periode, så må man først gjøre en tilstrekkelig stor forbedring av stabiliteten slik at man hele tiden har like god eller bedre stabilitet enn det man hadde i utgangspunktet.
- Det er modellert to hendelsestrær for hver av aktivitetene, for henholdsvis sikkerhetsfaktor mellom 1,15 og 1,6, og for sikkerhetsfaktor mindre enn 1,15. Gjeldende regelverk setter krav til absolutt udrenert sikkerhetsfaktor $>1,6$ eller en prosentvis forbedring på opptil 15 % (dvs $SF > 1,15$). For arbeider og steder hvor sikkerhetsfaktoren er større enn 1,6, er det vurdert at sannsynligheten for store skred er neglisjerbar, og så liten at dette ikke er vurdert nærmere. Derfor er det ikke modellert hendelsestrær for områdene eller aktivitetene hvor sikkerhetsfaktoren er $>1,6$.
- *Topphendelsen*, altså hendelsen lengst til venstre, består av to sannsynlighetskomponenter. Sannsynligheten for at aktiviteten skal gjennomføres er 1, fordi en er sikker på at aktiviteten, det vil si det som er definert som topphendelsen i hendelsestreet, vil skje. I tillegg er det angitt en sannsynlighet for at sikkerhetsfaktoren (SF) er enten mindre enn 1,15 eller mellom 1,15 og 1,6. For noen av aktivitetene er utgangspunktet dårligere enn for andre, det vil si at større områder hvor aktiviteten foregår har lavere sikkerhetsfaktor. For aktivitetene som kommer senere i prosjektet vil grunnen i større grad være stabilisert på forhånd, slik at det er en større sannsynlighet for at sikkerhetsfaktoren er større. Der hvor sikkerhetsfaktoren er $>1,6$ er det som nevnt ikke gjort noen videre risikovurderinger i hendelsestræene.
- Risikoen er til stede hele døgnet alle dager aktiviteten foregår, også når det ikke er aktivitet eller personer og maskiner i arbeid på anleggsområdet. Selv om risikoen ikke er identisk hverken hele døgnet eller alle dager aktiviteten foregår, så er disse variasjonene i risiko ikke modellert eller vurdert.
- Det antas konservativt at mest eksponerte individ er til stede i kvikkleiresonen, hele døgnet, 365 dager i året.
- Definisjonen av «stort skred» er vanligvis skred større enn 50 000 m³. Her vil skred som er betydelig mindre enn dette også kunne føre til tap av liv, i motsetning til «mindre utglidninger» som antas å kunne gi materielle skader, betydelige forsinkelser, men ikke føre til tap av liv. «Stort skred» brukes i denne analysen om alle skred som kan føre til tap av liv, i motsetning til «mindre utglidninger» som ikke medfører tap av liv.
- Entrepriseform er underveis i arbeidet med den geotekniske risikovurderingen blitt endret fra totalentreprise til utførelsesentreprise (hvor en blir kompensert for medgått tid og unngår tidspress). Regningsarbeid gir trygghet for entreprenøren for å unngå stress.
- For de aller fleste av aktivitetene er følgende barrierer/«noder» i hendelsestreet modellert:

1. *Prosjektering*

Prosjektering utføres uten «farlige feil» eller mangler som direkte eller indirekte kan utløse et kvikkleireskred. Det forutsettes at etablerte kontrollmekanismer i prosjekteringen fungerer som normalt (egenkontroll, sidemannskontroll og uavhengig kontroll), og at en i tillegg har et fagråd som kan gi råd til prosjekterende i enkelte valg og beslutninger som gjøres underveis. Kontrollregimer for prosjektering og utførelse er gjengitt i kapittel 6.2 og 6.3. Med unntak av motfylling er det satt sannsynliget **0,95** for at prosjekteringen utføres uten farlige feil. For motfylling er det gjort satt krav til supplerende kontrolltiltak som gjør at sannsynligheten for at prosjekteringen her utføres uten farlige feil kan heves til **0,975**⁹.

2. *Utførelse*

Utførelsen gjennomføres uten «farlige feil» som kan medføre at det skjer et kvikkleireskred. Prosedyrer og kvalitetssikring for korrekt utførelse (kontrollregime) er viktig også her, på samme måte som for prosjekteringen. Kontrollregimer for prosjektering og utførelse er gjengitt i kapittel 6.2 og 6.3. Med unntak av motfylling er det satt sannsynliget **0,95** for at utførelsen gjøres uten farlige feil. For motfylling er det satt krav til supplerende kontrolltiltak som gjør at sannsynligheten for at utførelsen her gjøres uten farlige feil kan heves til **0,975**.

3. *God kontroll på returmasser (gjelder kun for jetpeling)*

Blokkering av returmasse kan føre til rask økning i poretrykk og deformasjoner dersom videre installasjon ikke stoppes umiddelbart. Dette ansees som et av de største faremomentene i installasjonsprosessen. Erfaringer fra tidligere forsøk indikerer at deformasjonene i grunnen blir små dersom man har god kontroll på returmassen.

4. *Poretrykket er innenfor fastsatte grenser (og grenseverdiene er satt riktig). Poenget er å unngå at poretrykket blir «farlig høyt», slik at grunnen ikke lenger er stabil.*

5. *Instrumenteringen som skal fange opp uregelmessigheter fungerer, herunder at både selve instrumenteringen fungerer, og at man også har noen som fanger opp, forstår konsekvensene av, og/eller følger opp eventuelle uregelmessigheter før det er for sent. Plasseringen av instrumenteringen inngår også, slik at instrumentene ikke står for langt unna der det skjer noe kritisk. Instrumentenes oppløsning inngår også i vurderingen, slik som hvor ofte og hvor nøyaktig man måler og hvor tett instrumentene er plassert. Variasjoner i grunnforhold er parametere som også bidra til usikkerhet.*

6. Sannsynlighet¹⁰ for

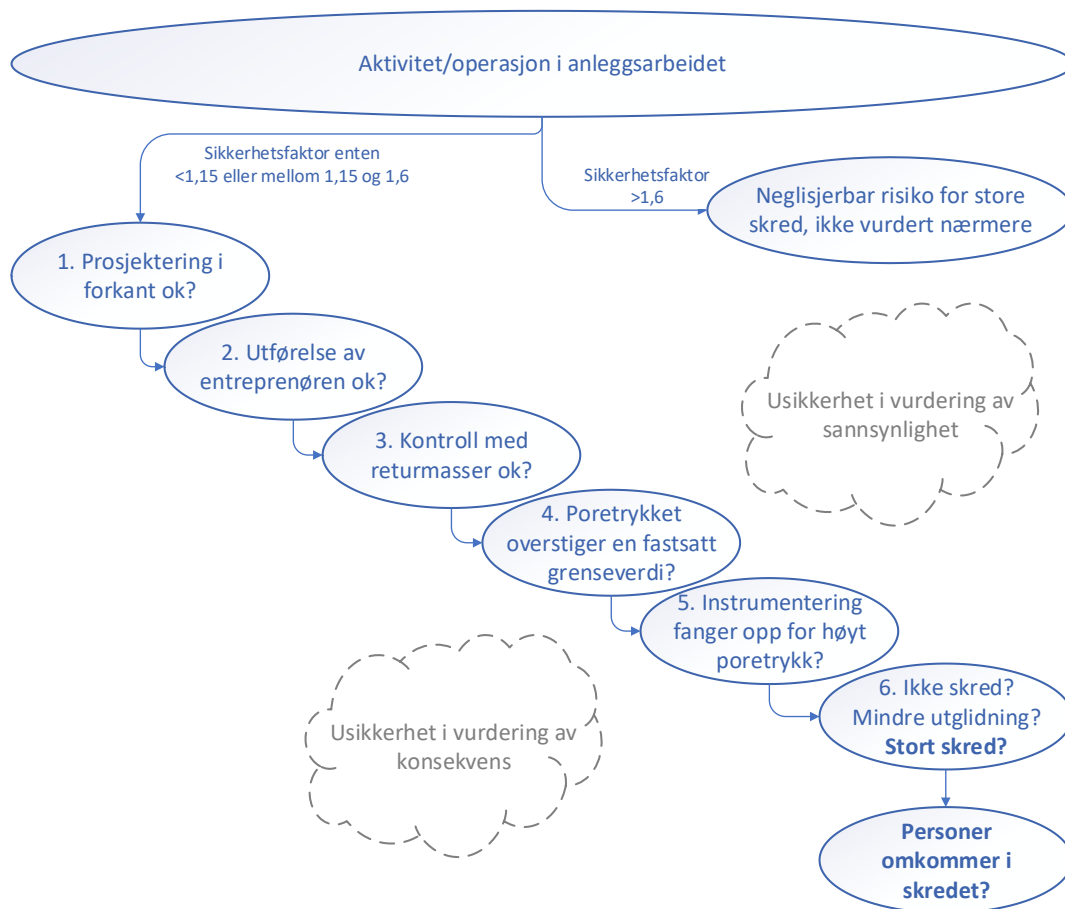
- ikke skred eller utglidning,
- utglidning,
- stort skred,

⁹ Eksempel på vurdering som er gjort: Motfylling versus jetpeling og andre aktiviteter – det er større sannsynlighet for å unngå feil i prosjektering for motfylling enn for jetpeling, fordi det er lagt inn flere kontrolltiltak for prosjektering av motfyllingen, for å sikre korrekt prosjektering. Dermed settes feilsannsynlighet til 0,05 på prosjektering av jetpeling og øvrige, mens det settes til 0,025 på prosjektering av motfylling.

¹⁰ For all kvantifisering av sannsynlighet i analysen er det benyttet skala og sannsynlighetsklasser/-beskrivelser i tråd med skalaen fra IPCC, gjengitt i **Error! Reference source not found.**

innenfor de tre nivåene for sikkerhetsfaktor, kan variere ut ifra både hvilken aktivitet det er som utføres, og hvilke barrierer eller noder i hendelsestreet som har fungert eller som har sviktet tidligere langs den samme grenen/veien gjennom hendelsestreet. Store kvikkleireskred antas ikke å kunne forekomme der sikkerhetsfaktoren er $>1,6$ (sannsynlighet er derfor satt lik null i denne analysen). Tilbakeregning av store kvikkleireskred viser også at det er svært lite sannsynlig at store skred blir utløst når $1,15 < SF < 1,6$. Siden utglidning eller ikke skred er hendelser med neglisjerbar sannsynlighet for tap av liv er det ikke satt sannsynlighet for disse, mens det for store skred er satt en sannsynlighet til slutt i hendelsestrærne.

Spørsmålene som da stilles underveis i analysen kan oppsummeres som vist i Figur 6-1:



Figur 6-1 Spørsmål for hendelsestreanalysen.

For noen av aktivitetene er det ikke alle barrierer som er relevante, og for noen av aktivitetene er enkelte av barrierene slått sammen. Dette er angitt for de aktivitetene det gjelder.

For videre analyse er det kun de grenene av hendelsestreet som ender opp i et stort skred som fullføres med kvantitativ analyse, fordi det kun er de store skredene med potensial for dødsfall som det er nødvendig å analysere kvantitativt og vurdere opp mot Bane NORs kvantitative risikoakseptkriterier.

Videre er det analysert hvilke konsekvenser som kan komme som en konsekvens av et stort skred. Det antas at det i 10 % av tilfellene med store skred ikke er personer som fanges i skredet, og at det i 90 % av tilfellene vil være en eller flere personer som er fanget i skredet. Det antas videre at alle de som er fanget i skredet omkommer.

I tillegg til direktekonsekvenser fra et skred i faresonen Moss Havn, kan et skred også utløse en flodbølge med store konsekvenser for områdene rundt Værlebukta. Utbredelsen av en flodbølge er ikke vurdert nærmere i denne risikovurderingen, men er vurdert i en egen rapport utarbeidet av NGI høsten 2021 (Ref. 2). Resultatene viser at et dypt eller midlere dypt skred kan generere flodbølger som vil gi opp mot 8 m oppskylling på Jeløya tvers over bukta for skredområdet. I den geotekniske risikovurderingen her avgrensner vi oss til å si at et stort skred vil føre til flere omkomne, uavhengig av om det skyldes selve skredet, eller flodbølge og andre følgekonskvenser.

6.2 Planlegging av geotekniske tiltak og kontrollregime for prosjektering

For denne risikoanalysen forutsettes det at kontroll av prosjektering utføres iht. Eurokode 7, Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) og NVEs veileder 1/2019, og Bane NORs tekniske regelverk. I tillegg til dette forutsettes det at Bane NOR har tilstrekkelig geoteknisk kompetanse i sin egen organisasjon. Følgende nevnes i forbindelse med planlegging av geotekniske tiltak og kontroll av prosjektering:

- **Geoteknisk rådgiver for område 6 til 10 i entreprise SMS2A er NGI.** NGI styres av og har kontrakt direkte med Bane NOR. Egenkontroll og intern systematisk kontroll utføres av egne medarbeidere.
- **Utvidet kontroll av prosjektering**, ref. Eurokode 0, gjennomføres av Structor.
- Prosjektet (Bane NOR) har **styrket egen organisasjon**, ved å ha tilgjengelig betydelig senior geoteknisk kompetanse som prosjektstøtte. (Prosjektet er fortsatt i en rekrutteringsprosess for ytterligere styrking).
- Bane NOR gjennomfører egen kontroll av dokumentasjonen.
- All overvåkning med hensyn til områdestabilitet ivaretas av Bane NOR ved NGI.
- Bane NOR har koordineringsansvaret for områdetiltak.

Det er i tillegg etablert et **geoteknisk fagråd** (Vegdirektoratet, Bane NOR, Multiconsult, Norconsult og NTNU), som skal bistå prosjektet med anbefalinger på et utvalg av de geotekniske utfordringene som foreligger i Moss. Fagrådet har en rådgivende rolle, og har ikke ansvar for prosjektering, utførelse eller kontroll. Det foreligger et eget mandat for Fagrådet.

6.3 Kontrollregime for utførelse/bygging

Som for prosjektering forutsettes det at også kontroll av utførelse utføres i henhold til NVEs veileder 1/2019, Eurokode 7, Eurokode 0 (NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016) og Bane NORs tekniske regelverk. All bygging innenfor byggherrens byggeplass skal kontrolleres i henhold til gjeldende krav i Eurokoden. I tillegg forutsettes det at følgende kontrollregime for bygging er aktivt og fungerer:

- Instruks og rutine for oppfølging foreligger.
- Bane NOR skal ha personell til stede ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider. Bane NOR skal:
 - Påse at det til enhver tid benyttes riktig arbeidsunderlag.
 - Påse at arbeidsprosedyrer følges.
 - Påse at alle har nødvendig opplæring.
 - Påse at dokumentasjon av arbeider foreligger/kommer på plass.
 - Det skal føres dagbok. Opplysninger som er viktige for neste skift skal fremkomme.
- Alle som skal jobbe i område 6–10 skal ha gjennomført obligatorisk kurs (geoteknikk, prosedyrer). Dokumenteres med klistremerke på hjelm.

- Entreprenør skal utføre SJA for alle arbeider. Skal kunne dokumenteres skriftlig.
- Entreprenør skal avholde før-jobb-samtaler for hvert skift hver dag. Skal kunne dokumenteres skriftlig.
- Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid.
- Geotekniker skal alltid (24t i døgnet) være tilgjengelig. Det forutsettes at prosjektet oppretter en egen geoteknisk vakttelefon.
- Minimum *én gang per uke* avholdes møtet «Oppfølging områdetiltak»:
 - Internt BN.
 - Erfaringsutveksling, dokumentasjon, planlegging av fremtidige aktiviteter med mer.
- Monitorering utføres i henhold til detaljert beskrivelse i «geotechnical monitoring plan» (Ref. 11):
 - Poretrykksmålere, inklinometere og andre måleinstrumenter etter behov..
 - Oppfølging av målinger gjøres kontinuerlig via NGIs verktøy *NGI Live*.
 - Regelmessig innmåling av relevant infrastruktur i og rundt byggeplass etter behov.
- Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører, oftere ved behov:
 - Deltagelse på riktig nivå.
 - Møtene skal dokumenteres.
- Det er en viktig forutsetning at utførende entreprenør er nøye med å overholde soneinndelingen, og forholde seg til sonene hver for seg, så man får rett tiltak i rett sone.
- Endelig valgt kontraktsform vil også kunne påvirke hvordan kontrollregimet bygges opp.

6.4 Forutsetninger i lokalmiljøet – kvikkleiresonen Moss Havn

I alle kvikkleiresoner i Norge er det en iboende sannsynlighet for at det skal gå et større skred. Statistisk sett er det cirka 3000 kvikkleiresoner i Norge og det går cirka 1,5 store skred per år. Noen ganger skjer det uten konsekvenser, andre ganger med store konsekvenser. Et overordnet årlig sannsynlighets-estimat for at det går skred i en kvikkleiresone av naturlig årsaker, som for eksempel i Moss Havn, er dermed 5×10^{-4} , før stabiliserende tiltak som følge av prosjektet er gjennomført. Dette er i tråd med beregninger gjort av DSB for kvikkleiresoner i Trondheim ved Bakklandet (Ref. 12). Basert på det statistiske grunnlaget og tidligere analyser utført av DSB, er det antatt at sannsynligheten for at det går et stort skred av naturlig årsaker $P(f\text{-naturlig})$ i Moss Havn på 5×10^{-4} . For Bakklandet i Trondheim vurderte DSB sannsynligheten for et større kvikkleireskred til å være 4×10^{-4} , med følgende begrunnelse (Ref. 12):

«Estimatet for sannsynlighet bygger på følgende forutsetninger:

- *At det historisk sett går ett større kvikkleireskred i Norge per år.*
- *At 80 prosent av disse skredene skjer i en av de kartlagte kvikkleiresonene.*

Sannsynligheten for skred er vurdert å være noe lavere enn for en gjennomsnittlig sone på grunn av gjennomførte sikringstiltak mot erosjon i Nidelva og en viss kontroll med byggetiltak.

Et skred på Øvre Bakklandet er vurdert å kunne inntreffe i løpet av 2 000 til 3 000 år. Det gir en årlig sannsynlighet på rundt 0,04 prosent. Sannsynligheten for at hendelsen vil inntreffe i løpet av 100 år er 4 prosent. Det tilsvarer svært lav sannsynlighet på AKS-skalaen¹¹. Dersom vi legger til grunn at det er ti områder i landet med en lignende skredrisiko som Øvre Bakklandet, blir sannsynligheten for et lignende scenario på landsbasis 35 prosent i løpet av hundre år. Dette faller i kategorien lav sannsynlighet i AKS.

¹¹ AKS = analyse av krisescenarioer, og skalaen henviser til DSBs kvalitative beskrivelser av sannsynlighet benyttet i deres analyse.

Usikkerheten knyttet til angivelsen av sannsynlighet, vurderes å være moderat. Kvikkleireskred er et kjent fenomen og kunnskapsgrunnlaget er godt. Angivelsen av sannsynlighet er imidlertid sensitiv for en rekke forutsetninger, som definert frekvens for større skred, faregraden i denne sonen i forhold til gjennomsnittet, og hvilken kontroll man har over anleggsarbeid i området.»

Det er, som også DSB beskriver i sin rapport om nasjonale krisescenarioer (Ref. 12, siste avsnitt i sitatet over), usikkerheter i fastsettelsen av den iboende sannsynligheten for et stort kvikkleireskred. De samme usikkerhetene gjelder i Moss og for dette prosjektet - noen i større grad, andre i mindre grad. Som følge av jernbaneprosjektet blir de utfordrende skråningene i Moss svært nøye overvåket og fulgt opp, særlig når det skal utføres aktiviteter for å øke områdestabiliteten. Samtidig er det enkelte snitt og enkelte deler av kvikkleiresonen som har svært lav sikkerhetsfaktor, og hvor det er relativt små eksterne påvirkninger som skal til for å utløse et større skred. Derfor er det også allerede i dag etablert et regime for å overvåke stabiliteten i de mest kritiske skråningene.

Sannsynligheten for skred antas ved starten av arbeidene å være lik den iboende risikoen på 5×10^{-4} . Sannsynligheten vil også bli gradvis redusert etter hvert som de ulike aktivitetene gjennomføres, for enkelte av aktivitetene allerede fra første dag av aktiviteten. Det er imidlertid vanskelig å angi presist akkurat hvor mye, og hvor raskt, denne risikoen endrer seg gjennom prosjektet.

Det er altså usikkert både hvor stor sannsynligheten for skred i kvikkleiresonen Moss Havn er ved oppstart, og hvor mye og hvor raskt sannsynligheten/risikoen vil endre seg. Geoteknikere i ekspertgruppen har anbefalt at Bane NOR sørger for å få gjennomført en mer detaljert kvantitativ beregning som kan si noe mer om de lokale forholdene i kvikkleiresonen Moss Havn, slik at det er mulig å gjøre en mer presis og lokalt tilpasset antagelse om denne sannsynligheten og hvordan den utvikler seg i takt med de områdestabiliserende tiltakene. I denne omgang har Safetec og Bane NOR valgt å anta en iboende sannsynlighet for skred som er noe større, men på nivå med sannsynligheten DSB har benyttet i sin analyse av nasjonale krisescenarioer (Ref. 12).

Områdestabilitetsrapporten (Ref. 1) dokumenterer at det ved anleggsarbeidets start er utfordrende grunnforhold som må stabiliseres før arbeidet med den nye jernbaneinfrastrukturen kan fortsette. Moss kommune stiller særskilt strenge krav til alt arbeid som kan påvirke stabiliteten i grunnen i det aktuelle området.

6.5 Jetpeling

Det forutsettes at jetpeling i Kransen foregår etter at aktuelt område er sikret med motfylling (dvs. at sikkerhetsfaktor (SF) > 1,15).

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før jetpeling** er satt opp slik at det ikke på noe sted hvor jetpelingen foregår er sikkerhetsfaktor >1,6. Før jetpeling er det cirka 90 % av området aktuelt for jetpeling som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15. Cirka 10 % av området har en sikkerhetsfaktor <1,15. (I henhold til skalaen fra IPCC, Tabell 3-1, er det altså «usannsynlig» at en påtreffer områder med sikkerhetsfaktor < 1,15, og sannsynligheten settes da til 10 %. 10 % er noe høyere enn for øvrige aktiviteter, fordi det gjelder arbeider både i Kransen og på Stasjonsområdet.)
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være «sannsynlig», og det gis sannsynlighet **0,95** (gitt forutsetningene angitt i kap. 0).

2. **Utførelse** uten farlige feil antas her å være «sannsynlig», og det gis en sannsynlighet på **0,95** basert på erfaringer med tilsvarende arbeid i prosjektet og i andre prosjekter, blant annet med testfeltet.
3. **Kontroll med returmasser** er for den kvantitative analysen slått sammen med barrieren instrumentering og er derfor satt til 1 i hendelsestreet. For å ha kontroll med returmassene forutsettes det imidlertid at en skal ha én person som dedikert følger opp dette i arbeidet med jetpeling, uten å ha andre oppgaver, det vil si at en har én person per rigg for å øke styrken på denne barrieren.
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Alle poretrykk under fastsatt grenseverdi forutsettes å være ok og er ikke analysert videre. Hva grenseverdien skal være er en geoteknisk vurdering som kan være avhengig av lokale forhold, samtidige aktiviteter, utstyr med mer, men det forutsettes at det er satt konservative verdier. Ved svikt i prosjekteringen er det vurdert som «usannsynlig» og det er satt en sannsynlighet på **0,1**.
5. **Instrumenteringen** har til hensikt å fange opp uregelmessigheter i poretrykk og deformasjoner. Først og fremst skal instrumenteringen sørge for å gi mulighet til å gjøre justeringer i utførelsen, og sikre at man har kontroll på utførelsen. Formålet med instrumenteringen er å kunne predikere et stort skred. Samtidig kan man få tidlige varslere på at det kan være et stort skred på gang, så lenge målingene overvåkes og tolkes korrekt. Om man ved instrumenteringen lykkes i å oppdage poretrykk > grenseverdi er blant annet avhengig av hvor tett en installerer piezometrene, og hvor mye redundans man velger å legge inn i instrumenteringen. For jetpeling vurderes det som «sannsynlig» at poretrykk > grenseverdien fanges opp, og det settes en sannsynlighet på **0,95**.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man kan få blokkering av returmasse også når alt gjøres rett. Hvis instrumenteringen fungerer vil man stoppe med en gang slik at det ikke nødvendigvis blir stort skred selv om poretrykket overskrider grenseverdien. Ekspertgruppen har vurdert hvor fort poretrykket avtar når en detekterer at en grense er overskredet. En har ikke overskredet grensene i testfeltet, men normalt vil en få reduksjon i poretrykket etter noen timer, noen dager, eller i verste fall en uke. Pelene settes hver 6.-7. meter, instrumentering etableres ca. hver 20. meter, så det kan skje trykkoppbygging mellom instrumenteringspunktene uten at det detekteres av instrumenteringen før det har pågått en tid. Nøkkelen ved jetpeling er å ha god kontroll på returmassene. Sammen med poretrykket, så er det kontroll på utførelsen som avgjør om man har kontroll på returmassene. Tidligere var det snakk om at det skulle være én person pr. rigg, men entreprenøren sier at det ikke er nødvendig. De er to som kan hjelpe hverandre med den vurderingen uansett. Ved korrekt utførelse er det ikke å forvente at poretrykket blir så veldig mye større enn det man har satt som grenseverdi. Dersom utførelsen er feil, så kan det bli mye høyere. Feil i prosjektering er ikke like kritisk som feil i utførelse.

6.6 Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst

I denne analysen er det forutsatt bakforankret rørspuntvegg eller rørvegg. Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før støttekonstruksjonen** er fordelt slik at det for 1 % av området er sikkerhetsfaktor $>1,6$. Det er cirka 95 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, mens cirka 4 % av området har en sikkerhetsfaktor $<1,15$.
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være **0,95**.
2. **Utførelse** uten «farlige feil» antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**, basert på erfaringer med tilsvarende arbeid i prosjektet og i andre prosjekter. Viktige forutsetninger er at man aldri jobber med så høye trykk som ved jetpeling og at entreprenøren har gode rutiner for å ta ut riktig mengde masse. Trykk på avveie er det man vil unngå, og her er dette mindre sannsynlig enn det er for jetpeling. Trykkluft på avveie kan utløse uønskede hendelser. Prosedyrer og kvalitetssikring for korrekt utførelse er viktig også her.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,005**, og til **0,01** ved feil i prosjektering eller feil i utførelse (for jetpeling er det satt til 0,1 ved feil i prosjekteringen).
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten samme pålitelighet som for jetpeling, fordi man har samme kontroll på rørveggen som på jetpelingen. For støttekonstruksjonen settes sannsynligheten for at poretrykk $>$ grenseverdi fanges opp av instrumenteringen til **0,95** hvis en har korrekt prosjektering, mens den settes til **0** hvis prosjekteringen er utført med «farlige feil». Dette innebærer at ved «farlige feil» i prosjekteringen kan man se bort ifra instrumentering som barriere for å hindre et kvikkleireskred.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Denne aktiviteten har tilnærmet samme påvirkning på omgivelsene som jetpeling. Her er poretrykk veldig viktig. I prinsippet gjør en det samme i denne aktiviteten som ved jetpeling. Det er forskjell på lokal og global sikkerhetsfaktor, her må vi se på hva som er sikkerhetsfaktoren lokalt akkurat der hvor en holder på, for å kunne vurdere om det kan skje et initialskred.

6.7 Spunt Rockwool

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før spunt Rockwool** er fordelt slik at det for 95 % av området er sikkerhetsfaktor $>1,6$. Det er cirka 4,9 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, mens ca. 0,1 % av området antas å ha en sikkerhetsfaktor $<1,15$.
1. Sannsynligheten at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», vurderes å være «sannsynlig», og det settes en sannsynlighet på **0,95**.
2. **Utførelse** som prosjektert uten «farlige feil» som kan utløse skred vurderes å være «sannsynlig», og det settes en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).

4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,005**, og til **0,01** ved feil i prosjektering eller feil i utførelse (for jetpeling er det satt til 0,1 ved feil i prosjekteringen), som for.
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten betydelig dårligere pålitelighet enn for øvrige aktiviteter. Sannsynligheten for at poretrykk > grenseverdi vil fanges opp av instrumenteringen settes til **0,3**. Det skyldes at det for spunt ved Rockwool er så god sikkerhetsfaktor for størstedelen av området som er berørt, at en ikke trenger samme nivå på instrumenteringen for å klare å opprettholde god nok sikkerhet (se tidligere punkt om sikkerhetsfaktor).
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2, og sannsynlighetene her er på nivå med de to foregående aktivitetene.

6.8 Omlegging VA og eksisterende ledningsnett

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før omlegging** er fordelt slik at det for 40 % av området er sikkerhetsfaktor >1,6, mens det er cirka 30 % av området som har sikkerhetsfaktor mellom 1,6 og 1,15, og cirka 30 % av området antas å ha en sikkerhetsfaktor <1,15.
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være **0,95**.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01**, når prosjektering og utførelse er ok, mens sannsynligheten settes til **0,1** hvis prosjektering og/eller utførelse er utført med «farlige feil», altså på en måte som kan føre til kvikkleireskred.
5. For **instrumenteringen** for ledningsnett settes sannsynligheten for at poretrykk > grenseverdi fanges opp av instrumenteringen til **0,9**. Instrumenteringen er ikke etablert for å fange opp uregelmessigheter ved omlegging VA og eksisterende ledningsnett, og har derfor samme pålitelighet uavhengig av andre barrierer i dette hendelsestreet.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man holder på forholdsvis grunt i bakken, ikke langt nede i kvikkleira som ved de foregående aktivitetene. Her skal all graving foregå over kvikkleira, og ikke i kvikkleira. Store feil kan få store konsekvenser også her, men her er det bedre kontroll på utførelsen enn i andre prosjekter hvor VA-graving har ført til store skred. Arbeidet skal foregå både midt i og i bunnen av skråningen, og en skal gjøre det seksjonsvis i 5-8 meter lange seksjoner. Instrumenteringen er ikke for formålet grøftegraving, det tilsier noe svakere «tillit» til at instrumenteringen vil fange opp uregelmessigheter. Dette ligger inne i vurderingen, et annet moment er at arbeidet foregår synlig i bakken, i motsetning til de foregående som foregår under overflaten, langt nede i bakken.

Når det gjelder sannsynlighet for stort skred er det verdt å merke seg at ved denne aktiviteten er det viktige forutsetninger at man i utførelsen holder seg til seksjonslengder på maksimalt 8 meter, og at man ikke graver for dypt (da vil man stort sett holde seg over kvikkleiren, og feil i utførelse og i prosjektering vil få mindre konsekvenser enn ved en del av de andre aktivitetene.)

6.9 Motfylling inkludert omlegging av eksisterende veier

Prosjektet har valgt entreprisformen utførelseentreprise (kompensert for medgått tid), noe som er vektlagt i denne aktiviteten, sammen med følgende tilleggstiltak for kontroll av prosjektering og utførelse (i tillegg til beskrevet kontrollregime kapittel 6.3 og 6.2): Prosjektering, motfylling:

- Utvidet uavhengig kontroll av geoteknisk prosjektering av motfyllingen Kransen sør. Kontrollen skal omfatte uavhengig tolkning og kontroll av valgte jordparametere, samt at valgt geoteknisk rådgiver skal utføre uavhengige stabilitetsberegninger.

Utførelse, motfylling:

- Kontroll av modell/kontroll av maskindata
- Fysisk merke områdene i terreng/rutenettinndeling for å definere områdene massene skal legges
- Geomatiker utfører x antall målinger per dag (antall avtales med involverte geoteknikere)
- Utegående personell som følger opp at arbeidet utføres ihht arbeidsunderlag (fysisk og prosedyrer)
- Møter etter behov mellom Bane NOR, NGI, utførende (daglig eller oftere om ønskelig)
- Kun benytte erfarne maskinoperatører

Tiltakene listet opp over ble vurdert i ekspertgruppens supplerende møte 10. februar 2022, og tilsier at tilliten til at prosjektering og utførelse gjennomføres uten farlige feil begge kan økes fra 0,9 (som var vurderingen tidligere i arbeidet med den geotekniske risikovurderingen) til 0,975.

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas altså å være «svært sannsynlig», med sannsynlighet **0,975**, altså mindre enn for jetpeling og grunnstabilisering. Svikt i prosjektering anses som "svært usannsynlig", men kan oppstå da det er store variasjoner i grunnforholdene og dermed usikkerheter med tanke på valg av designparametre for prosjektering av motfylling.
2. **Utførelse** som prosjertert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred, antas altså å ha en sannsynlighet på **0,975**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjekteringen eller utførelsen er sannsynligheten vurdert til **0,25**.
5. **Instrumenteringen** har for denne aktiviteten god pålitelighet så lenge prosjektering og utførelse er uten svikt, og feilsannsynligheten settes til **0,05**. Hvis prosjekteringen er rett, men utførelsen er utført med «farlige feil», settes sannsynligheten for at instrumenteringen ikke klarer å avdekke poretrykk > grenseverdi til 0,1, mens feilsannsynligheten er satt til 0,3

hvis prosjekteringen er utført med «farlige feil».

6. **Sikkerhetsfaktor** før etablering av motfylling er mange steder ganske lav, det er nettopp derfor det er nødvendig å etablere motfyllingen. Det er ingen steder der det etableres motfylling at sikkerhetsfaktoren er $>1,6$, mens den fordeler seg med 50 % for $<1,15$ og 50 % for sikkerhetsfaktor $1,15-1,6$.
7. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2. Man kan gjøre mye feil på kort tid hvis man fyller veldig mye feil på kort tid uten å korrigere. Følges ikke fyllingsplanen, vil det ganske sikkert oppstå en utglidning, men ikke nødvendigvis et kvikk-leireskred, derfor er den satt veldig høyt ved feil. Her må man nesten regne med utglidning ved feil i prosjektering og utførelse, men at ikke alle utglidninger gir et stort skred. Økninger i poretrykk kan skje fort. Det gjelder for alle aktivitetene. Det som er gjennomtenkt og planlagt vil prosjektet ha god kontroll på. Det er når en er utenfor dette at sannsynlighetene kan øke. Det tilsier at grenen med korrekt prosjektering, korrekt utførelse, og at uregelmessigheter fanges opp av instrumenteringen, skal ha lav sannsynlighet.

Når det gjelder sannsynlighet for stort skred er det verdt å merke seg at ved denne aktiviteten vil det være betydelig større sannsynlighet for stort skred hvis utførelsen svikter, eller høye poretrykk ikke fanges opp av instrumentering, fordi en har lavere sikkerhetsfaktor i store deler av området.

6.10 Grunnstabilisering

Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreakanalysen er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før grunnstabilisering**
Sikkerhetsfaktorene her er betydelig bedre enn for jetpeler, fordi grunnstabiliseringen skal utføres i områder hvor sikkerheten er høyere enn der hvor det skal installeres jetpeler for å ivareta områdestabiliteten. I utgangspunktet skal det ikke lenger være noen steder med sikkerhetsfaktor $<1,15$, men siden det er et utfordrende område er sannsynligheten likevel satt til 0,001 for ikke å utelukke muligheten for at det er gjort feil. Ellers fordeler områdene med tilhørende sikkerhetsfaktorer seg med cirka 70 % med $> 1,6$, og cirka 30 % med sikkerhetsfaktor mellom $1,15$ og $1,6$.
1. Sannsynligheten for at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», antas å være «sannsynlig», med sannsynlighet, **0,95**, med samme begrunnelse som øvrige.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred, er vurdert som «sannsynlig» og antas her å ha en sannsynlighet på **0,95**.
3. **Kontroll med returmasser** er for den kvantitative analysen slått sammen med barrieren instrumentering og er derfor satt til 1 i hendelsestreet. For å ha kontroll med returmassene forutsettes det imidlertid at en skal ha én person som dedikert følger opp dette i arbeidet med jetpeling, uten å ha andre oppgaver, og at en kan velge å ha én person per rigg for å øke styrken på denne barrieren.
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «veldig usannsynlig», sannsynligheten settes til **0,01** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjekteringen er sannsynligheten vurdert til **0,1**, samme som for jetpeling.

5. **Instrumenteringen** har for grunnstabilisering blitt satt opp med samme sannsynlighet for å fange opp uregelmessigheter som for jetpeling: **0,95**.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.

6.11 Tunnelpåhugg

Det som gjelder tunnelpåhugg er de ekstra utfordringer som oppstår ved Kleberg (som kommer i tillegg til det som er vurdert i andre hendelsestrær). Det som er spesielt her er at en skal sprengte i fjell og gjennomføre injeksjon i berg inntil et område med kvikkleire og lav stabilitet av sideterrenget. Spunting og grunnstabilisering dekket av andre hendelsestrær og omhandles ikke her. Forutsetninger til hvert enkelt steg i hendelsestreanalyser er angitt under:

0. **Sikkerhetsfaktor før tunnelpåhugget ved Kleberg**
Det er tilnærmet null arealer med sikkerhetsfaktor > 1,6 (satt til 0,001), mens det aller meste (90 %) er mellom 1,15 og 1,6. Resten, knapt 10 %, har sikkerhetsfaktor <1,15.
1. Sannsynligheten at **prosjekteringen** utføres uten «farlige feil», er vurdert som «sannsynlig», og settes til **0,9**, altså mindre enn for jetpeling og grunnstabilisering.
2. **Utførelse** som prosjektert, uten «farlige feil» slik at det kan utløse skred er vurdert som «sannsynlig» og antas her å ha en sannsynlighet på **0,9**.
3. **Kontroll med returmasser** (ikke relevant).
4. **Poretrykk > grenseverdi** er «lite sannsynlig», sannsynligheten settes til **0,03** ved korrekt prosjektering og korrekt utførelse. Ved svikt i prosjektering eller utførelse er sannsynligheten vurdert til **0,25**, noe som det er nødvendig å ta høyde for med økt instrumentering.
5. **Instrumenteringen** har for tunnelpåhugg Kleberg blitt satt opp med sannsynlighet for å fange opp uregelmessigheter i vibrasjoner/poretrykk på **0,85** (altså «sannsynlig»). Det er forskjell mellom vibrasjoner og poreovertrykk, men forskjellen er ikke modellert her. Sannsynlighetsvurderingen forutsetter at det vil være personer fra prosjektet som kan fange opp og forstå målinger utover det normale.
6. **Stort skred** antas å ha sannsynligheter som angitt i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.
Når en sprenger, så ser en god respons på instrumentene. Man får poretrykksøkning når en sprenger, men ser også at poretrykket raskt går tilbake, raskere enn en først trodde. Det

bygger seg opp mindre enn det man først trodde også. Man kan frykte at poretrykket akkumuleres, men det ser man at det ikke gjør, og man kan overvåke det.

6.12 Oppsummering av sannsynligheter for stort skred

Sannsynligheter for store skred, gitt de vurderingen som er gjort tidligere i hendelsestrærne, er vist i Tabell 6-1 og Tabell 6-2.

Tabell 6-1 Sannsynlighet for at det skjer stort skred, gitt de vurderingene som er gjort tidligere i hendelsestrærne, hvor sikkerhetsfaktoren er mindre enn 1,15.

Sannsynlighet for stort skred, SF<1,15	Jet- peling	Perm støtte Fjordv.	Spunt Rock- wool	Om- legging VA/ ledn.	Mot- fylling	Grunn- stabili- sering	Tunnel- påhugg
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,02	0,02	0,02	0,01	0,05	0,02	0,01
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,04	0,04	0,04	0,02	0,08	0,04	0,02
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,04	0,04	0,04	0,02	0,15	0,04	0,02
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,12	0,1	0,1	0,1	0,3	0,12	0,1
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,05	0,08	0,08	0,06	0,15	0,05	0,06
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,1	0,12	0,12	0,08	0,3	0,1	0,08
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,12	0,12	0,12	0,12	0,3	0,12	0,12
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,25	0,25	0,25	0,25	0,4	0,25	0,25

Tabell 6-2 Sannsynlighet for at det skjer stort skred, gitt de vurderingene som er gjort tidligere i hendelsestrærne, hvor sikkerhetsfaktoren er mindre enn 1,15.

Sannsynlighet for stort skred, sikkerhetsfaktor $1,15 < SF < 1,6$	Jet-peling	Perm støtte Fjordv.	Spunt Rock-wool	Om-legging VA/ledn.	Mot-fylling	Grunn-stabili-sering	Tunnel-påhugg
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,001	0,001	0,001	0,001	0,003	0,001	0,001
Korrekt prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	0,002
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,002	0,002	0,002	0,002	0,006	0,002	0,002
Korrekt prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer	0,004	0,006	0,006	0,004	0,01	0,004	0,003
Farlige feil i prosjektering, korrekt utførelse, instrument detekterer ikke	0,008	0,008	0,008	0,008	0,02	0,008	0,008
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer	0,01	0,01	0,01	0,01	0,025	0,01	0,01
Farlige feil i prosjektering, utførelse med farlige feil, instrument detekterer ikke	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02

Som tabellene over viser, er det en gradvis forverring ut fra hvor galt det har gått tidligere i hendelsestrærne, og det er betydelig høyere risiko ved aktiviteten motfylling enn de øvrige, fordi dette er vurdert å være den mest utfordrende aktiviteten, samtidig som dette er en aktivitet som gjennomføres med veldig lite stabilisering i forkant. Når motfyllingen er etablert, vil utgangspunktet for være bedre for å unngå store skred i øvrige aktiviteter.

7 RESULTATER

Resultatene består av en kvalitativ del som presenteres først. Deretter presenteres de kvantitative resultatene, først generelt og for naboer/tredjepart, og til slutt for passasjerer og ansatte.

7.1 Identifisering av farer og usikkerheter

Det ble identifisert 28 farer i løpet av de to arbeidsmøtene datert 12.02.2021 og 21.09.2021. ID 1.4 *valg av entrepriseform* for prosjektet ble ikke vurdert i denne risikoanalysen. I etterkant av arbeidsmøtene ble identifiserte farer og usikkerheter analysert kvalitativt og klassifisert med henblikk på risiko. Dette ble gjort i et samarbeid mellom deltakerne, Bane NOR og Safetec.

De 28 identifiserte farene ble kategorisert som anvist i Tabell 7-1 og er her representert før implementerte tiltak (fargekategoriseringen er forklart i kap. 3):

Tabell 7-1: Kategorisering av farer fra den kvalitative fareidentifiseringen før tiltak er implementert.

Lav	Moderat	Høy	Antall farer totalt
5	14	9	28

Komplett analyselogg med detaljert beskrivelse av den enkelte fare finnes i vedlegg A til denne rapporten og illustrer også restrisiko etter implementerte tiltak. Under er en liste over de ni farene som arbeidsgruppen valgte å sette et særlig søkelys på i fareidentifiseringen:

- ID 1.1: Manglende oversikt og styring med anleggsaktiviteter
- ID 1.5: Utilstrekkelige sikkerhetsfaktorer knyttet til muligheten for kvikkleireskred
- ID 1.6: Manglende geoteknisk erfaringsgrunnlag og usikkerhet om sikkerhetsfaktorer er satt korrekt
- ID 1.12: Feilvurdering av område-stabilitetstiltakenes kritikalitet/effekt (betydning)
- ID 1.13: Manglende kunnskap om inndeling av sonene blant utførende personell
- ID 1.14: Manglende grunn-undersøkelser
- ID 1.16: Erosjon under / i eksisterende terreng
- ID 1.18: Misforståelser blant utførende personell og mellom prosjektering og utførende entreprenør
- ID 1.24: Moss kommune utfører arbeid utenfor definert anleggsområde – og som kan påvirke områdestabiliteten

7.2 Risikoestimering

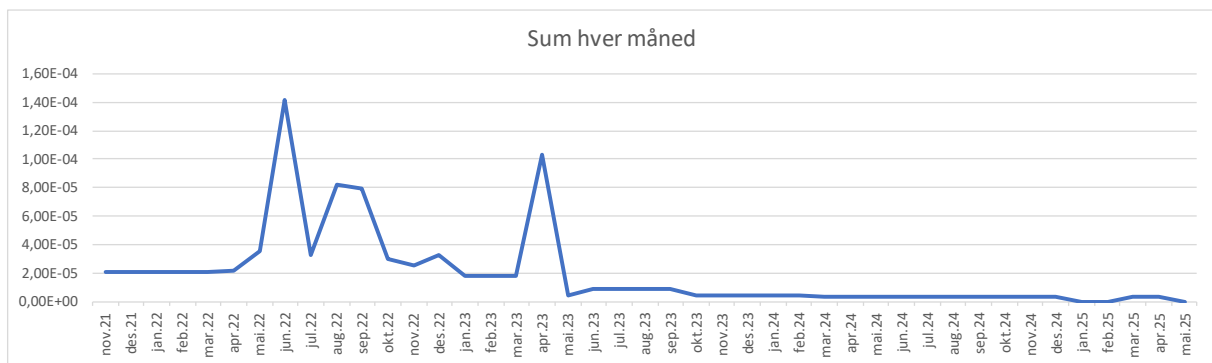
Resultatene av den kvantitative analysen er vist i dette kapittelet. Først vises hvordan hver aktivitet bidrar i risikoen (Tabell 7-2), mens det videre er vist et mer nyansert bilde av hvor stor risikoen er for hver måned og år gjennom perioden med anleggsarbeid fra 2022 til mai 2025.

Tabell 7-2: Risiko ved de ulike aktivitetene uavhengig av varighet.

Aktiviteter	Risikobidrag dersom aktiviteten varer i <u>12 måneder</u>	Varighet (antall måneder)	Bidrag til individrisiko ¹² ved angitt varighet av aktiviteten
Jetpeling	9,64E-05	35	2,81E-04
Permanent støttekonstruksjon Fjordveien øst	8,16E-05	10	6,80E-05
Spunt Rockwool	9,01E-07	3	2,25E-07
Omlegging VA og eks. ledningsnett	1,64E-04	6	8,19E-05
Motfylling	1,19E-03	6	5,94E-04
Grunnstabiliseringer	1,28E-05	6	6,39E-06
Tunnelpåhugg	2,34E-04	3,5	6,82E-05

Tabellen viser at etablering av motfylling er den aktiviteten som gir størst bidrag til risiko. Tunnelpåhugg Kleberget er også en risikofylt aktivitet, men den har begrenset varighet på 3,5 måneder.

Figur 7-1 gir en litt mer detaljert beskrivelse av variasjonen måned for måned, og viser at det er særlig to topper som sammenfaller med perioder hvor fremdriftsplanen (Figur 7-2) viser samtidige aktiviteter:



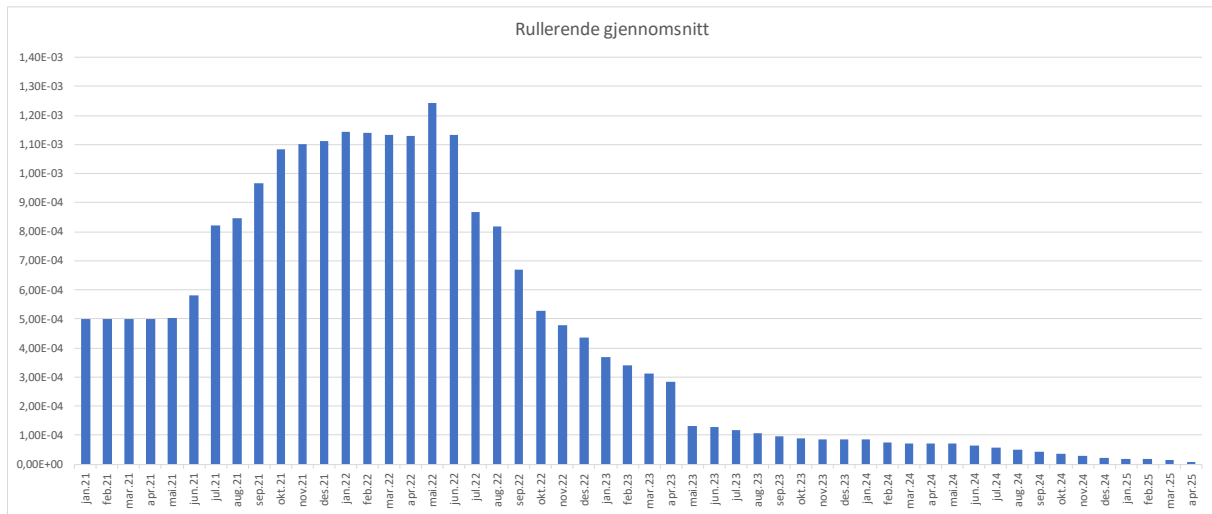
Figur 7-1: Risiko vist for hver enkelt måned i perioden fra november 2021 til mai 2025, med topper i mai 2022 og april 2023.

¹² Individrisiko (sannsynligheten for å omkomme i et stort kvikkleireskred) er her gitt at dette individet oppholder seg i kvikkleiresonen Moss havn 24 timer i døgnet gjennom hele perioden med de aktivitetene som er risikovurdert her.

OMRÅDE	AKTIVITET	SAMSVARER MED ...	Mnd-lig PLL-bidrag når aktiviteten pågår	###	2022												2023												2024												2025											
					N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M					
		Iboende risiko	4,17E-05																																																	
Kransen Nord (58 960 – 58 960)	[EPC] Grunnstabilisering (jet grouting)	EPC Grunnstabiliseringer	3,69E-07																																																	
Kransen Sør (59 200 – 59 200)	[ASM] Grunnstabilisering (jet grouting) Kransen Øst	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Kransen Sør (59 200 – 59 200)	[ASM] Motfylling Kransen Øst	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Omlegging VA Kransen Vest og Øst	Omlegging VA og eks. ledningsnett	5,25E-06																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Motfylling, Etappe 1	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Omlegging av Værlegata	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Motfylling, Etappe 2	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Omlegging av Værlegata over Motfylling, Etappe 2	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Motfylling, Etappe 3	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Grunnstabilisering under motfylling (jet peling)	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Motfylling, Etappe 4	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Omlegging av Fjordveien over motfylling	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Motfylling, Etappe 5	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Grunnstabilisering Fjordveien Øst (jet peling)	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Grunnstabilisering "Stasjonsområde nord" (jet peling)	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[ASM] Rørvegg Fjordveien øst	Spunt rørsput rørvegg	1,08E-05																																																	
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Fjerning av motfylling (bortsett fra veitrasé)	Ikke vurdert																																																		
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Omlegging av Fjordvei/Værlegate (vest mot eks. jet grouting)	Ikke vurdert																																																		
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	Fjerning av motfylling under midl. Veitrasé	Ikke vurdert																																																		
Kransen Sør (59 270 – 59 270)	[EPC] Etablering av rørsput	Spunt rørsput rørvegg	1,08E-05																																																	
Stasjonsområdet Nord (59 270 – 59 270)	[ASM] Grunnstabilisering (jet grouting), Etappe 1	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Stasjonsområdet Nord (59 270 – 59 270)	Omlegging VA/kabler ved Steinullbakken	Omlegging VA og eks. ledningsnett	5,25E-06																																																	
Stasjonsområdet Nord (59 270 – 59 270)	[ASM] Grunnstabilisering (jet grouting), Etappe 2	Jetpeling	6,42E-06																																																	
Stasjonsområdet Nord (59 270 – 59 270)	[EPC] Grunnstabilisering (LCC)	EPC Grunnstabiliseringer	3,69E-07																																																	
Stasjonsområdet Sør (59 270 – 59 270)	Forgraving og omlegging el-kablør	Omlegging VA og eks. ledningsnett	5,25E-06																																																	
Stasjonsområdet Sør (59 270 – 59 270)	[EPC] Spunt Rockwool	Spunt Rockwool	4,24E-07																																																	
Stasjonsområdet Sør (59 270 – 59 270)	[EPC] Grunnstabilisering (LCC)	EPC Grunnstabiliseringer	3,69E-07																																																	
Kleberget (60 100 – 60 200)	[ASM] Motfylling	Motfylling	1,04E-04																																																	
Kleberget (60 100 – 60 200)	[EPC] LCC-blokk (grunnstabilisering)	EPC Grunnstabiliseringer	3,69E-07																																																	
Kleberget (60 100 – 60 200)	[EPC] Påhugg Kleberget for Carlberg tunnelen	Tunnelpåhugg	3,15E-05																																																	

Figur 7-2: Skisse av fremdriftsplanen. De mest kritiske periodene er der det er flere samtidige, men kortvarige aktiviteter i mai 2022 og april 2023.

Som man kan se i Figur 7-3 som viser rullerende gjennomsnitt, så viser den ganske klart at det er de 12 første månedene etter at en kommer skikkelig i gang, (med gitt fremdriftsplan er det månedene fra juli 2022 til juli 2023), hvor risikoen er størst.



Figur 7-3: Rullerende gjennomsnitt (for innværende og 11 etterfølgende måneder). Sannsynlighet for skred med tap av liv på y-aksen, måned på x-aksen. (Tidsaksen på x-aksen går fra januar 2021 til april 2025.)

Både Figur 7-1 og Figur 7-3 viser tydelig tre hovedresultater:

1. Figuren viser at ni av månedene har en beregnet risiko som er større enn 1×10^{-3} per år (rullerende gjennomsnitt).
2. Fra og med juli 2022 viser figuren en betydelig risikoreduksjon i resterende måneder av prosjektet. Fra og med november 2022 vil risikoen være lavere enn ved prosjektoppstart, og fra og med mai 2023 er risikoen betydelig lavere.¹³
3. Det er en betydelig og permanent risikoreduksjon for hele området når alle aktivitetene er gjennomført og grunnen er stabilisert.

Muligheten til å redusere eksponeringstiden, varighet på aktiviteten og/eller intensivere kontrollregimene for prosjektering og bygging, vil alle kunne gi utslag på risikoen. For noen aktiviteter vil det også kunne gi en viss effekt å øke den samlede påliteligheten til instrumenteringen, enten ved økt instrumentering eller et sterkere oppfølgingsapparat, men effekten av dette er usikker.

Det er mulig å fordele arbeidet over en lengre tidsperiode, og man kan være mer nøye med å gjennomføre kun én aktivitet om gangen, slik at man unngår samtidige aktiviteter. Risikoen kan da totalt sett bli noe lavere, men lengre anleggsperiode gir også andre ulemper som må veies opp mot risikoreduksjonen man kan oppnå.

7.3 Resultater for naboer/tredjepart

For å komme frem til risikoen for mest eksponerte nabo er det først vurdert sannsynlighet for kvikkleireskred (kapittel 7.2), deretter er det gjort en antagelse om hvor stor andel av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for – altså hvor stor andel av døgnet og året denne naboen er eksponert for risikoen. Konservativt er det antatt at den mest eksponerte naboen befinner seg i kvikkleiresonen

¹³ Fremdriftsplanen som ligger til grunn for risikovurderingen tilsier at oppstart for arbeidene omfattet av analysen er i mars 2022. Resultatene av analysen er gyldige også om fremdriftsplanen endres, men da forskyves naturligvis risikoen tilsvarende i tid.

hele tiden, altså 24 timer i døgnet 365 dager i året. Denne naboen vil da være eksponert for en risiko som er identisk med risikoen presentert i kap. 7.2, og vist i Figur 7-3.

7.4 Resultater for passasjerer og ansatte

Det er gjort en egen analyse av hvor stor andel av risikoen som gjelder for personer eksponert ved eksisterende trafikkert spor. Resultater for hele det berørte området i og rundt kvikkleiresonen Moss Havn er gjengitt tidligere i kapittel 6.12, og da med søkelys på maksimalt eksponerte tredjeperson (som er antatt å være en person som befinner seg i kvikkleiresonen hele tiden mens anleggsarbeidet pågår).

Tilsvarende vil det nå være aktuelt å vurdere hvor stor eksponeringstiden vil være for eksponerte grupper knyttet til eksisterende trafikkert spor, og følgende grupper antas å være eksponerte:

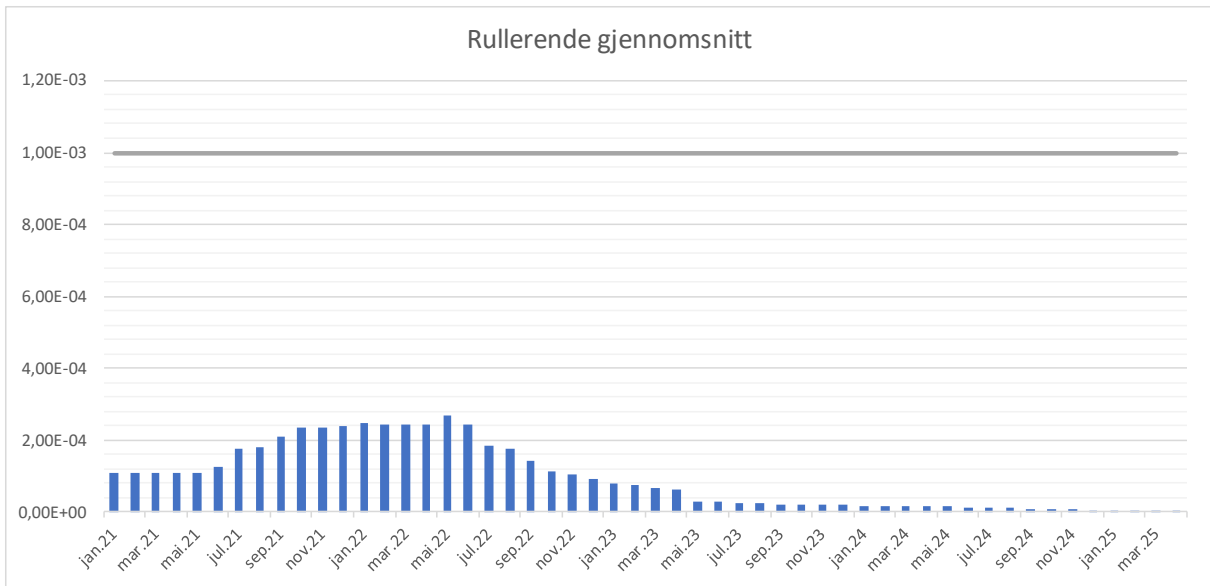
- Passasjerer i toget, den meste eksponerte av disse antas å være en pendler som har en del ventetid ved plattform på Moss stasjon.
- Ombordpersonale i tog: fører, konduktører, øvrig ombordpersonale.
- Ansatte i togselskap som har sitt arbeidssted og/eller oppmøtested ved Moss stasjon, herunder ombordpersonale som har hvilerom/pauserom, garderober og toalett ved stasjonen.
- Renholdspersonale som jobber i tog på hensettingsspor.
- Kioskpersonale og andre som jobber i tilknytning til kollektivknutepunktet (buss/tog/taxi) ved Moss stasjon.
- Ansatte i Bane NOR, som har sitt kontorsted i kvikkleiresonen Moss Havn.

Sammenlignet med de mest eksponerte naboe (som antas å være eksponert 24 timer i døgnet 365 dager i året), vil alle gruppene nevnt over ha betydelig kortere eksponeringstid. Personell (ansatte) på anleggsplassen og øvrig berørt område vil i teorien ha en eksponeringstid oppad begrenset til cirka 40 timer per uke de aktuelle ukene de jobber, cirka 47 uker i året, noe som gir en eksponeringstid på 1880 timer i året, altså en andel på 21 % av antall timer totalt i et år. Teoretisk sett vil den mest eksponerte ansatte da være eksponert for 21 % av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for.

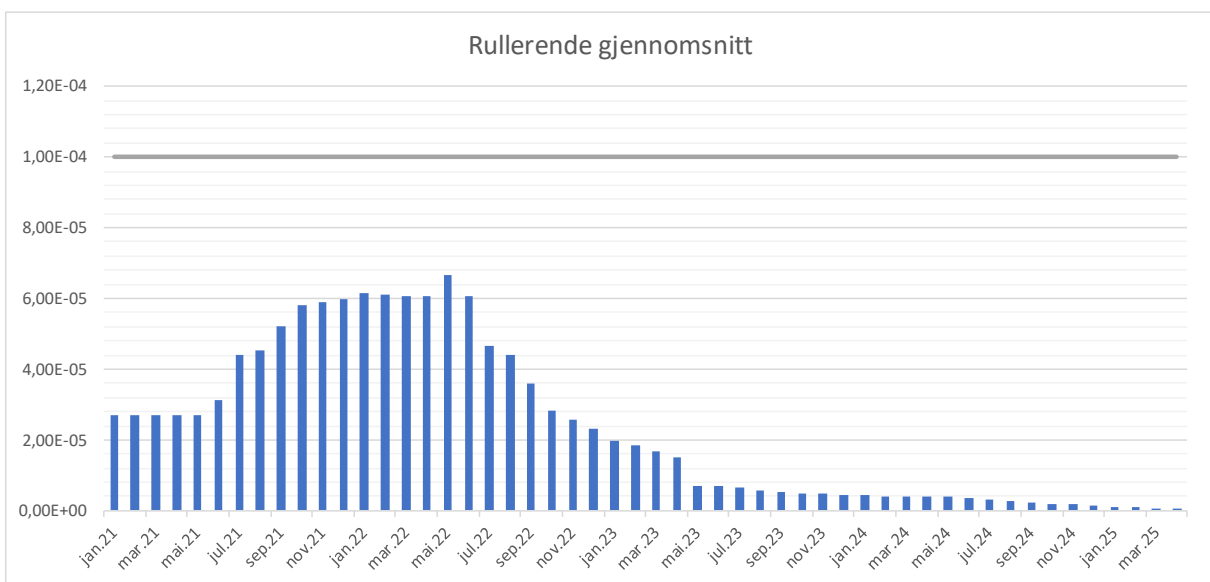
Passasjerer er eksponert mye kortere. Man kan anta at den mest eksponerte har en eksponeringstid på to timer per dag, ti timer per uke, totalt 470 timer i året. Teoretisk sett vil den mest eksponerte reisende da være eksponert for 5,4 % av risikoen som den mest eksponerte naboen er utsatt for¹⁴.

Med forutsetninger og antagelser som beskrevet over, vil en få resultater for mest eksponerte ansatte og passasjerer som vist i Figur 7-4 og Figur 7-5. Som figuren viser, ser man at mest eksponerte innbygger er eksponert mest, mens i tilknytning til eksisterende spor er mest eksponerte ansatt eksponert noe større andel av tiden enn den mest eksponerte reisende, og dermed har en større risiko.

¹⁴ Som underlag i vurderingen er det for eksempel brukt informasjon om hvor lenge passerende tog befinner seg i faresonen. For de fleste tog er dette bare cirka 90 sekunder, pluss tid for stans for av- og påstigning ved plattform på Moss stasjon. Noen tog befinner seg lenger i kvikkleiresonen, dette er beskrevet under Figur 7-5.



Figur 7-4 Individrisiko for ansatte, gjeldende risikoakseptkriterium er vist med grå linje (10⁻³).



Figur 7-5 Individrisiko for passasjerer, gjeldende risikoakseptkriterium er vist med grå linje (10⁻⁴).

I tillegg til de kvantitative resultatene beskrevet over, er det identifisert noen viktige mulige forbedringsområder/muligheter for risikoreduksjon for eksponerte grupper ved eksisterende spor:

- Fylte regiontog kan ta maksimalt 300 personer, mens R20-tog med doble sett kan ta maksimalt 800 personer. Individrisikoen per passasjer er liten som følge av kort eksponeringstid, men på grunn av mulig store konsekvenser hvis et slike tog skulle bli tatt av et stort kvikkleireskred, bør deres eksponeringstid i kvikkleiresonen begrenses så mye som praktisk mulig.

Morgen og ettermiddag er det ikke uvanlig at en del passasjertog har noe ventetid, og tog som kommer til Moss stasjon fra sør kan da normalt vente 5–10 minutter rett øst for containerhavna, rett bak spuntveggen, altså i kvikkleiresonen. Det bør vurderes om det er

mulig å la disse togene stå og vente noe lenger sør (for eksempel utenfor hovedinnkjørings-signalet fra sør), slik at eksponeringstiden i kvikkleiresonen kan begrenses så mye som mulig. Dette må koordineres med øvrig trafikk inn og ut av Moss stasjon.

- Innsatskortet til togleder ved kvikkleireskred eller andre skred ved Moss stasjon bør sjekkes – en bør forsikre seg om at tog som befinner seg i kvikkleiresonen da ledes bort fra stasjonen, og også videre ut av kvikkleiresonen.
- Prosjektets aktiviteter øst for jernbanesporene som passerer Moss Havn sitt havneområde er ivaretatt gjennom prosjektet. Eventuell påvirkning på sporets stabilitet er ivaretatt og håndtert. Aktiviteter i regi av Moss Havns virksomhet vest for eksisterende spor er ikke håndtert av prosjektet, men blir håndtert av Bane NORs organisasjon gjennom ordinær saksbehandling av søknader/ varsling til Bane NOR i henhold til § 10 i Jernbaneloven (om tiltak i nærheten av jernbaneinfrastrukturen).

8 USIKKERHETER

NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger beskriver usikkerhet slik:

«Vi befinner oss i en tilstand av usikkerhet når vi ikke vet om en påstand er sann. I en risikovurderingsprosess sammenstilles data, informasjon og kunnskap om fenomener, årsaker og virkninger for å synliggjøre mulige (usikre) fremtidige hendelser og konsekvenser. Risikovurderingen er et verktøy for å synliggjøre usikkerhet for beslutningstakere, som må veie resultatet opp mot andre prioriteringer.»

8.1 Usikkerhet knyttet til kvalitativ risikoanalyse

Det ble identifisert 28 farer og usikkerheter i løpet av arbeidsmøtene. I etterkant av arbeidsmøtene ble identifiserte farer og usikkerheter analysert og klassifisert med henblikk på grad av risiko. Dette ble gjort som et samarbeid mellom deltakerne, Bane NOR og Safetec.

Alle risikovurderinger vil være beheftet med større eller mindre grad av usikkerhet. Når man bruker kvalitativ kunnskapsbasert vurdering av risiko, vil kunnskapsgrunnlaget til deltakerne være av stor betydning for usikkerheten i analysen; jo sterkere kunnskapsstyrke desto mindre usikkerhet.

Denne risikovurderingen involverte over lengre tid ekstern geoteknisk ekspertise, fagpersoner med relevant operativ jobberfaring og prosjektledelse. Safetecs vurdering er at deltakerne samlet sett hadde et solid kunnskapsgrunnlag, og at usikkerheten dermed er redusert så langt som praktisk mulig.

8.2 Usikkerhet knyttet til kvantitativ risikoanalyse (estimering av sannsynlighet)

Det er to typer usikkerheter det er verdt å vektlegge i forbindelse med den kvantitative analysen:

1. Modellusikkerhet – er det slik at modellen som brukes gir en god nok representasjon av de mekanismene som inntreffer i virkeligheten?
2. Parameterusikkerhet – usikkerhet knyttet til sannsynlighetene som brukes i hendelses-trærne.

Begge deler er basert på ekspertvurderinger, og for begge deler er det gjort forenklinger for å gjøre det overkommelig å gjennomføre analysen. Rammene for analysen, både tids- og kostnadsmessig, har imidlertid gjort det mulig å samle meget kompetente eksperter som har bidratt. I de forenklingene og vurderingene som er gjort er det lagt inn betydelig forsiktighets- og føre-var-tankegang. Dette for å sikre at resultatene heller ender opp med en litt for stor risiko, enn at risikoen blir underestimert. Tilsvarende forsiktighetsprinsipper er også brukt i mange av de mer detaljerte geotekniske vurderingene som ligger til grunn for risikoanalysen (slik som kvantifiseringen av de ulike parameterne som inngår i for eksempel å fastsette sikkerhetsfaktor).

Selv om det er usikkerhet i tallene, representerer de det beste grunnlaget man har for denne typen analyser.

9 DISKUSJON

9.1 Oppnåelse av akseptkriteriene og ALARP-vurdering

Figur 7-4 og Figur 7-5 viser tydelig at resultatene fra den kvantitative risikoanalysen er under de fastsatte risikoakseptkriteriene for henholdsvis passasjerer og ansatte.

For tredjeperson angir akseptkriteriene at det skal gjøres en ALARP-vurdering. I praksis innebærer dette at man gjør en systematisk identifikasjon av mulige tiltak som kan gjennomføres for å redusere risiko. Videre er hovedprinsippet at alle tiltak skal gjennomføres, så lenge tiltakene er praktisk gjennomførbare med rimelige kostnader.

Siden naboene (tredjeperson), under gitte antagelser, er eksponert i en forholdsvis mye større andel av tiden enn passasjerer og ansatte, blir også deres risiko knyttet til kvikkleireskred større enn risikoen for passasjerer og ansatte. Vurdering av hvorvidt deres risiko er akseptabel eller ikke, baseres altså ut fra en ALARP-vurdering.

Identifikasjonen av mulige risikoreducerende tiltak er gjort i forbindelse med gjennomgangen av de ulike aktivitetene som er beskrevet i rapporten.

Innledningsvis er det viktig å fremheve at flere av aktivitetene som er vurdert i denne rapporten gjennomføres nettopp for å redusere risiko, ikke bare for tredjeperson men også for andre personellgrupper. Tiltakene er beskrevet nærmere i områdestabilitetsrapporten (Ref. 1).

Det har også vært gjennomført forsøk i et eget jetpel-testfelt i anleggsområdet, for å øke forståelsen for hvordan stabiliteten påvirkes av jetpeling med hensyn på stedlige grunnforhold, og hva man kan gjøre for å optimalisere det arbeidet.

I tillegg er entreprisformen endret fra totalentreprise til utførelsesentreprise (hvor en blir kompensert for medgått tid), blant annet fordi prosjektet har vurdert at det bidrar til redusert risiko. Gjennom arbeidet med den geotekniske risikovurderingen er det stilt krav om flere kontrolltiltak for prosjektering og utførelse/bygging, utover det som er å anse som vanlig. Kontrollregimet er intensivert, særlig for aktiviteten motfylling.

For det første, det er i dag en risiko for skred i faresonen Moss Havn, hvor man uten tiltak også kan anta en naturlig forverring/økning i risiko over tid, for eksempel pga. erosjon eller menneskelig påvirkning. Ved å akseptere noe økning i risiko i en begrenset periode, slik at man kan få utført stabiliserende tiltak, vil risikoen reduseres betydelig for fremtiden, og dermed det gi stor risikoreduksjon og vesentlig samfunnsmessig nytte.

For det andre, risikoøkningen for naboene er begrenset i tid. Dette gjelder den første tiden når man setter i gang med de første stabiliseringstiltakene, før det meste av kvikkleiresonen har oppnådd forbedret stabilitet. Analysen viser at det gjelder en periode på ca. 9–12 måneder, fortrinnsvis i 2022, som vist i Figur 7-1 og Figur 7-3. De to toppene i risiko fra Figur 7-1 (som viser risikoen punktvis måned for måned), sammenstilt med fremdriftsplanen i Figur 7-2, viser tydelig at det er i de forholdsvis korte periodene mens aktiviteten motfylling gjennomføres, at risikoen er størst. For aktiviteten motfylling har Bane NOR og deres rådgivere gjennomført supplerende vurderinger (se kap. 6.9), og satt strengere krav til oppfølging og kontroll av både prosjektering og utførelse, enn for de øvrige aktivitetene, for å redusere risikoen så lavt som praktisk mulig.

Den fremtidige samfunnsgevinsten i redusert risiko for naboene er også en gevinst som den antatt mest eksponerte naboen vil ha nytte av 24 timer i døgnet 365 dager i året. Det betyr at de som blir

eksponert for størst risiko i de månedene det er aktuelt, får også den største reduksjonen i risiko til slutt. Dersom Bane NOR og prosjektet ikke hadde gjennomført disse tiltakene, ville risikoen ha vært uendret, eller noe øket, i forhold til dagens situasjon (som omtalt i områdestabilitetsrapporten, Ref. 1).

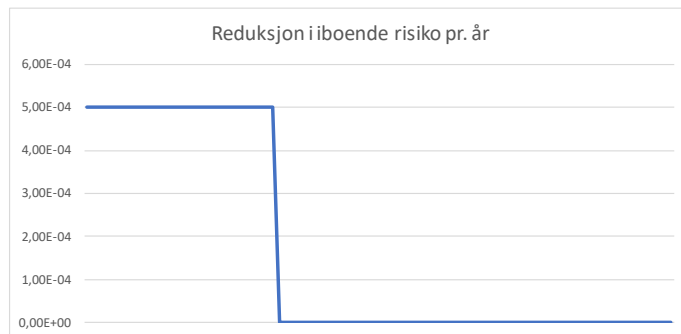
For det tredje, overordnet sett er planleggingen av alle de stabiliserende tiltakene som er vurdert i denne risikovurderingen i tråd med ALARP-prinsippet, for å i det hele tatt gjøre det mulig å bygge nytt dobbeltspor gjennom kvikkleiresonene i Moss.

Tiltak for å redusere risikoen ytterligere i tråd med ALARP-prinsippet er kort oppsummert under. Dette er tiltak som bør vurderes nærmere:

1. Kontrollregimer for prosjektering og bygging kan i perioder med økt risikonivå vurderes intensivert.
2. Prosjektet kan sammen med geoteknisk rådgiver undersøke effekten av å ha enda flere instrumenter i felt. For noen av aktivitetene kan det være hensiktsmessig, men det er usikkert om dette vil ha ønsket effekt.
3. Aktivitetene kan fordeles over en lengre tidsperiode, og man kan være mer nøye med å gjennomføre kun én aktivitet om gangen og unngå samtidige aktiviteter. Risikoen kan da totalt sett bli noe lavere pr. tidsenhet. Den akkumulerte risikoen forblir uendret, og lengre anleggsperiode gir også andre ulemper som i så fall må vurderes nærmere.

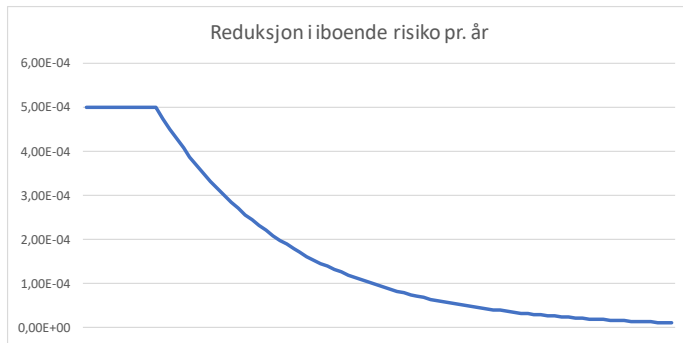
9.2 Andre forhold

De absolutte resultatene er sensitive for antagelsen om iboende risiko, dvs. den basissannsynligheten for kvikkleireskred, som er satt til 5×10^{-4} . Resultatene som vist her bygger på at denne størrelsen er statisk og ligger oppå sannsynlighetene fra hendelsestrærne frem til utgangen av 2022. Deretter er den satt til 0, som vist i Figur 9-1:



Figur 9-1 Basissannsynligheten gjelder uendret frem til utgangen av 2022, deretter er den null.

Man kan gjøre et poeng ut av at en del av aktivitetene og de stabiliserende tiltakene har effekt allerede fra første dag av gjennomføringen. For eksempel vil man kunne se effekt av jetpeler allerede etter de første jetpelene: Man trenger ikke vente til man har holdt på i 12 måneder og satt for eksempel 200 jetpeler før de har begynt å gi stabiliserende effekt i grunnen. Dette gjelder for flere av aktivitetene, på litt ulike måter. Det er ikke modellert i risikoanalysen, men man kan spørre seg om det kunne vært nyttig å vurdere hvordan en annen modellering av iboende risiko kunne ha påvirket resultatet av analysen, for eksempel om man hadde hatt en gradvis reduksjon, som det er vist et eksempel på i Figur 9-2.



Figur 9-2 Basissannsynligheten gjelder uendret frem til man starter med stabiliserende tiltak i mars 2022, deretter reduseres den gradvis.

Som nevnt i kapittel 6.4 kan den iboende risikoen være både større eller mindre enn antatt i denne risikovurderingen, og det kan endre seg på en annen måte enn det som er modellert her. Dette kan en få et mer presist svar på ved å gjøre en egen probabilistisk vurdering av stabilitet for lokale forhold, som tar hensyn til usikkerhetene i jordparameterne. Dette kan gjøres gjennom en Monte Carlo- eller FORM-simulering, hvor Monte Carlo kan gi en sannsynlighet for ulike sikkerhetsfaktorer. Dette baseres på deterministiske analyser av stabilitet.

Når det gjelder ivaretagelse av de to kvantitative risikoakseptkriteriene, så vil det sannsynligvis ikke ha så stor betydning, fordi risikoen er såpass mye under kriteriet/kriteriene. For ivaretagelse av ALARP-prinsippet for naboer, så bør relativ risiko underveis i arbeidet tillegges vekt sammen med den relative reduksjonen i risiko, uavhengig av størrelsen på basissannsynligheten.

10 KONKLUSJON

Ethvert område hvor det forekommer kvikkleire vil være unikt. Beste praksis i slike tilfeller er i stedet å benytte ekspertvurderinger, i første omgang for å fremskaffe best mulig kvalitativ informasjon om risiko, men også for kvantifisering. Involvering av geoteknisk ekspertise er spesielt viktig for den relevante problemstillingen. Identifisering, kartlegging og analyse av risiko ble derfor utført av en ekspertgruppe med relevant kompetanse sammensatt fra Bane NOR og flere andre interessenter og virksomheter. Risikoen er evaluert opp mot Bane NORs akseptkriterier for risiko.

Som i enhver kvantitativ analyse foreligger det som nevnt i kapittel 8 modellforenklinger som innebærer usikkerhet, og det vil for eksempel være usikkerhet knyttet til hvorvidt analysegruppen/ekspertgruppen har avdekket alle forhold og analysert alle scenarier «korrekt». Modellforenklinger er uunngåelig, og det vil være svært utfordrende, om i det hele tatt mulig, å utelukke usikkerhet knyttet til dette i enhver analyse av komplekse systemer – uavhengig av bransje/teknologi/system og hva som skal analyseres. Bruken av ekspertgrupper til å kvantifisere sannsynlighet er anerkjent, og er det beste verktøyet for å predikere forekomsten av sjeldne hendelser med komplekse årsakskjeder. I dette prosjektet har det vært en langvarig prosess uten korte tidsfrister, noe som har gitt mulighet for bred kvalitetssikring. I arbeidet er det benyttet grupper med bredt sammensatt kompetanse, både interne og eksterne deltagere, uavhengige eksperter og anerkjente geoteknikere. Dermed er usikkerheten redusert så langt som praktisk mulig.

Bane NOR og prosjektet vet nå mer om risikoen, det vil si både hvilke aktiviteter og mekanismer som gir stor risiko, og når og hvor lenge risikoen er størst. Risikovurderingen har også ført til at prosjektet nå vet mer om aktuelle risikoreduserende tiltak og effekten av tiltakene, som gjør at man kan håndtere periodene med størst risiko på en tilfredsstillende måte. Tiltak for å redusere risikoen ytterligere er redegjort for i kapittel 9, og bør vurderes videre i tråd med ALARP-prinsippet.

Basert på den økte kunnskapen denne risikovurderingen har frembragt, og forutsatt at foreslåtte risikoreduserende tiltak gjennomføres, er det vurdert at risikoen er mulig å kontrollere på et akseptabelt nivå, både for naboer (tredjeperson), togreisende (førsteperson) og ansatte i jernbanerelatert virksomhet (andreperson, herunder anleggsarbeidere). Dette til tross for at resultatene blant annet baseres på at det så langt er gjort en antatt konservativ antagelse om at den initielle basissannsynligheten for skred på 5×10^{-4} per år gjelder helt til utgangen av 2022. De områdestabiliserende tiltakene som er planlagt utført i 2022 vil trolig ha en effekt på skredsannsynligheten tidligere enn ved utgangen av året.

11 REFERANSER

- 1 NGI; Vurdering av områdestabilitet, SMS-00-A-59002, rev. 05E, 5.juli 2021;
<https://www.banenor.no/Prosjekter/prosjekter/sandbukta-moss-sastad/miljo/geoteknikk/>
- 2 NGI; Østfoldbanen VL, (Ski) - Moss, Moss stasjon, Harbour, Tsunami Inundation Study, SMS-20-A-59615, rev. 01C, 07.12.2021.
- 3 Bane NOR; Risikostyring sikkerhet – konsernprosedyre STY-604892
- 4 NVE; Sikkerhet mot kvikkleireskred Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper;
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2014/veileder2014_07.pdf (utgått)
- 5 NVE; Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper;
https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_01.pdf
- 6 NGI; Vurdering av resultater fra forsøksfelt jetpeler, SMS-00-A-59620, rev. 00E datert 18. november 2021.
- 7 Standard Norge; ISO 31000:2018 Risikostyring – prinsipper og retningslinjer
- 8 Standard Norge; NS 5914:2021 Krav til risikovurderinger
- 9 IPCC; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2017/08/AR5_Uncertainty_Guidance_Note.pdf
- 10 Bane NOR; Risikoakseptkriterier, revidert januar 2019.
https://www.banenor.no/contentassets/162482648f4c4fc38308ed3a72767416/bane-nors-risikoakseptkriterier_rev.docx
- 11 Bane NOR; Geotechnical monitoring plan; SMS-20-A-59609 og SMS-20-A-59609.
- 12 DSB; Analyser av krisescenarioer 2019; Alvorlige hendelser som kan ramme Norge,
https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/rapporter/p1808779_aks_2018.cleaned.pdf

Type dokument:

Vedlegg A – Analyselogg, fareidentifikasjon

Rapporttittel:

Geoteknisk risikoanalyse, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingsprosjekt

Kunde:

Bane NOR

Dokument nr. ST-16413-1				
Forfattere Stig B. Stangeland				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Rev.	Dato	Versjon	Utført	Kontrollert
1.0	27.12.2021	Utkast	Stig B. Stangeland	Øystein Skogvang
2.0	14.02.2022	Oppdatert rapport	Stig B. Stangeland	Øystein Skogvang

Innhold

1	INNLEDNING	3
2	ANALYSELOGG	4

1 INNLEDNING

Dokumentet inneholder en oppsummering av fareidentifikasjon og kvalitative vurderinger av risiko i forbindelse med helhetlig geoteknisk risikoanalyse i SMS-prosjektet, gjennomført i arbeidsmøter 12.02.2021 og 21.09.2021.

2 ANALYSELOGG

Risikokategorier:

HØY:	uakseptabel risiko og usikkerhet hvor ytterligere risikoreducerende tiltak <i>må</i> iverksettes
MODERAT:	akseptabel risiko og usikkerhet, men nye risikoreducerende tiltak <i>bør</i> vurderes i forhold til kost/effektivitet
LAV:	akseptabel risiko og usikkerhet, nye risikoreducerende tiltak <i>kan</i> iverksettes dersom hensiktsmessig

Aktiviteter: Prosjektering og utførelse

Prioritet (Pri.): A – anbefaling, O - observasjon

ID	Ledeord	Farebeskrivelse	Årsaker	Konsekvens	Risiko	Eksisterende risikoreducerende tiltak	Risikoreducerende tiltak fra 12.02.2021.	Nye anbefalte sannsynlighetsreducerende tiltak	Restrisiko	Kommentarer	Pri.	Ansvarlig
1.1	Samtidige aktiviteter	Manglende oversikt og styring med anleggsaktiviteter	Mangelfull planlegging og ledelse	Økt sannsynlighet for kvikkleire-skred	Høy	-	Vurdere å ta i bruk et system for arbeidstillatelse som sikrer oversikt over planlagte aktiviteter.	<ol style="list-style-type: none"> 1) BN skal ha tilstedeværelse med geoteknisk kompetanse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider 2) Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid, kl 07:00 – 19:00 3) Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet 4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak» 5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (ofte ved behov) – møtene skal dokumenteres 6) Sikre at utførte risikovurderinger blir videreført til EPC-arbeidene (gjort kjent og forstått) 7) Tilrettelegge for mest mulig direkte kommunikasjon mellom prosjekterende og utførende, f.eks. mellom NGI og Keller i arbeidet med grunnforsterkning 8) Innføre bruk av «trafikklys-system for å sikre at planlagt rekkefølge av aktiviteter blir etterlevet 	Moderat	<p>Innføring av system for arb.tillatelser er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak.</p> <p>MossIA:</p> <p>- Tiltakene 4 og 5 vil kreve ytterligere ressurser, mer tid og kostnad for MossIA og deres underleverandører</p> <p>- Innføre bruk av «trafikklyssystem» for å sikre at planlagt rekkefølge av aktiviteter blir etterlevet</p>	A	Bane NOR (BN) / MossIA

1.2	Værforhold	Svekket stabilitet, kollaps i grunnen.	Tele, permeabilitet, poretrykk, vanninnhold i grunnen, med påfølgende trykk på kvikkleiren, kan øke sannsynligheten for at leiren kolliderer.	Økt sannsynlighet for kvikkleireskred	Lav	-	Planlegge at aktiviteter som kan virke skredutløsende blir utført på værmessig gunstige tidspunkt	Tilgang på tilbakefyllingsmasser for rask tilbakefylling av utgravinger ved tegn til ustabilitet	Lav	Prosjektet bør komme innenfor gode nok sikkerhetsmarginer til at årstider ikke skal ha betydning for om risikoen er akseptabel eller ikke.	A	MossIA / (BN)
1.3	Samhandling	Manglende faglig engasjement og innspill til byggherrens løsninger og føringer.	Kulturforskjell, dårlig samarbeidsklima	Mulig at man ikke får belyst de best mulige løsningene – praktisk og sikkerhetsmessig	Lav	-	Samle nøkkelroller fra tot.entrepenør og prosjekterende + ev. andre til en «samling» for å diskutere hvordan samhandling og informasjonsflyt internt i prosjektet kan bli bedre	-	-	Interaksjonen; byggherre og totalentreprenør er viktig – blant annet er byggbarhet et sentralt tema.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.4	Entrepriseform	-	-	-	-	-	-	-	-	Entrepriseform og økonomi; - besluttet i workshop som et uaktuelt tema for denne analysen	O	-
1.5	Toleranser	Utilstrekkelige sikkerhetsfaktorer knyttet til muligheten for kvikkleireskred	-	Usikkerhet om når grunnforholdene er å anse som helt sikre	Høy	I anleggsområdet i Moss skal alle endringer resultere i tryggere grunnforhold enn det var før bygging av dobbeltspor.	1) Ny vurdering av sikkerhetstilstanden i grunnforholdene etter at alle de 12 tiltakene benevnt i aktuell NGI-rapport er gjennomført. 2) Vurdere «second opinion» (ekspertise) av faretilstanden for kvikkleireskred.	-	Moderat	NGI: Etter at stabilitetsforbedrende fysiske tiltak er iverksatt vil fortsatt være noe usikkerhet, selv om grenseverdiene innfrir definerte krav. Sikkerhetsfaktorer etterlever krav i aktuelt regelverk, og er grundig vurdert, slik at det ikke lenger er belegg for å si at sikkerhetsfaktorene er «utilstrekkelige». Områdestabiliteten anses som grundig vurdert nå i ettertid, ref. debattinnlegg i	O	-

									Dagsavisen fra NGI 31.08.2021.			
1.6	Grunnforhold	Manglende geoteknisk erfaringsgrunnlag	-	Usikkerhet knyttet til hvilke grenseverdier / sikkerhetsfaktor som kan legges til grunn for farevurdering (kvikkleireskred)	Høy	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere forsterket instrumentering / overvåkning 2) Valgt å gå bort fra kalk-sement-stabilisering, gjør jetpæling isteden. Hentet inn erfaringer fra forsøksfeltet (Gjelder Kransen Øst) 3) Etablering av fagråd med uavhengig geoteknisk ekspertise 	-	Moderat	<p>Usikkerheten er konkret relatert til lokale grunnforhold. Det foreligger heller ikke erfaring eller praksis for hvilke grenseverdier som bør settes for instrumentering og overvåkning.</p> <p>Det er gjort et omfattende arbeid med å øke kunnskapsnivået knyttet til erfaringsgrunnlag m.m.</p> <p><i>Gjenstår å konkludere erfaringene fra forsøksfeltet, men foreløpig ser det ut til at det fungerer.</i></p>	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.7	Kompetanse	Manglende kompetanse	-	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt	Moderat	-	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere en verifikasjon (kontroll) av kompetanse og ferdigheter til et utvalg personell som har kritiske/viktige roller i anleggsarbeidet. 2) Intensivere SHA-arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA-plan, samt opplæring av utførende personell. 	<ol style="list-style-type: none"> 1) Vurdere ytterligere oppfølging av grenseflaten mellom rådgiver og entreprenør, for å sikre at utførelsen skjer iht. plan. 2) Verifisere at «riktig» kompetanse blir tilført til de ulike rollene og oppgavene i prosjektet 	Moderat	<p>Opplæringsprogram etablert for alle som skal jobbe på anlegget. Skal være svært lav terskel for å melde fra.</p> <p>MossIA: Ønsker spesifisering av hvem / hvilke roller som skal delta på opplæringsprogrammet</p>	A	PL Eirik Hansen (BN)

1.8	Sam-handling/ fremdrift	Parallell prosjektering på ulike moden- hetsnivåer	Prosjektering på ukoordinert grunnlag. Bl.a. pga. tidspress.	Økonomiske tap og forsinkelser, løsninger som ikke fungerer fordi man ikke har fått prosjektert hel- hetlig med samme moden- hetsnivå.	Moderat	-	-	Vurdere om prosedyre og praksis for kvalitetsstyring(sikring) er tilfredsstillende	Moderat	Kommet betydelig lenger med prosjekteringen siden februar. Denne anbefalingen er generell og relevant for hele IC SMS-prosjektet som sådan.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.9	Risiko- forståelse	Manglende risikoforståelse hos utførende entreprenør / personell	Kulturforskjeller og mangelfull opplæring	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt	Moderat	Sikker-jobb-analyse + før- jobb-samtale skal gjennomføres og dokumenteres	1) Intensivere SHA- arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA- plan, samt <i>opplæring</i> av utførende personell. 2) Eget kurs for arbeid i sentrum (geoteknikk, samtidighet, faresignaler, ++)	-	Lav	Alle på anleggsplassen skal få en felles forståelse for hva det faktisk innebærer å jobbe i et område med fare for kvikkleireskred.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.10	Samtidighet	Samtidige aktiviteter som medfører manglende oversikt (Ref. til ID 1.1)	Dårlig planlegging og arbeidsledelse	Økt sannsynlighet for uønskede hendelser generelt, og økt sannsynlighet for kvikkleire- skred	Moderat	-	1) Vurdere å ta i bruk et system for arbeidstillatelse som sikrer oversikt over planlagte aktiviteter. 2) Intensivere SHA- arbeidet inkl. påse etterlevelse av SHA- plan, samt <i>opplæring</i> av utførende personell.	1) BN skal ha tilstedeværelse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider 2) Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid 3) Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet 4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak» 5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (oftere ved behov) –	Moderat	Innføring av system for arb.tillatelser er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak. Denne farebeskrivelsen er overlappende med ID 1.1	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI

							møtene skal dokumenteres					
1.11	Rekkefølge	Manglende etterlevelse av rekkefølgekrav ved utførelse av arbeider ute i felt.	Manglende koordinering, forståelse/misforståelser mellom rådgiver og utførende?	-	Moderat	Sikker-jobb-analyse, før-jobb-samtale. Regelmessige møter mellom byggherre, totalentreprenør og utførende entreprenør(er).	-	SAMME TILTAK SOM BESKREVET I ID 1.10 (over)	Moderat	Er det mulig å forbedre 3-D-verktøyene man har med også å få inn tidsdimensjonen?	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI
1.12	Prioritering	Feilvurdering av område-stabilitetstiltakenes kritikalitet/effekt (betydning)	Mangelfull «felles» risikoforståelse	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	-	Gjennomføre en systematisk «rangering» av <i>hvilke</i> stabilitetsforbedrende tiltak som er mest kritiske å følge opp.	-	Moderat	NGI: Ingen hensikt i å rangere områdestabilitets-tiltakene, alle tiltakene er viktige og alle må gjøres som planlagt/prosjektert. Man må fortsatt gjøre kontraksarbeidet korrekt og i rett rekkefølge selv om man har gjort en forbedring av stabiliteten i forkant. Må ikke bruke forbedring i forkant som «sovepute» når man senere utfører arbeider som isolert sett kan forverre sikkerheten. Må også sees i sammenheng med EPC-arbeidene. MossIA: Kommentarene fra NGI underbygger behovet for en tydelig beskrivelse av rekkefølgen av arbeidene knyttet til SMS2A og utgravingen og grunnarbeidet. Ved å diktere (bestemme) rekkefølgen er disse arbeidene ikke lenger å anse som EPC.	O	-

1.13	Kompetanse	Manglende kunnskap om inndeling av sonene blant utførende personell	-	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	-	-	1) Sikre tydelig kommunikasjon om de forskjellige sonenes inndeling 2) Fysisk avsperring mellom de ulike sonene vil kunne være et forsterkende tiltak. 3) Det skal komme frem entydig av arbeidsgrunnlaget hva som skal gjøres hvor 4) Utarbeide en sonespesifikk oversikt som illustrerer dekningsgraden til hvert enkelt overvåkingsinstrument	Moderat	MossIA: Ville vært til stor hjelp om man kunne utarbeide oversikt over instrumentenes dekningsgrad	A	PL Eirik Hansen (BN), NGI
1.14	Grunnforhold	Manglende grunnundersøkelser	-	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	1) Grunnundersøkelser er utført hovedsakelig på flatt område 2) Tredjepartskontroll av områdestabilitetsrapporten	Gjennomføre ytterligere grunnundersøkelser - spesielt i aktuelle skråninger.	-	Moderat	Supplerende grunnundersøkelser er nå gjennomført, i tillegg gjøres det undersøkelser i detaljprosjektering, og i forbindelse med instrumentering. Omfang av grunnundersøkelser er tatt opp og diskutert i fagrådet.	O	-
1.15	Organisasjon	Uklar organisering, roller og ansvar	-	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen	Moderat	Prosjekteringsmøter, byggemøter og koordineringsmøter + andre møter.	Utføre en helhetlig gjennomgang av hvordan organisasjonen er satt opp, inklusive evaluere rapporteringsveier og hvordan man sikrer at det enkelte prosjektmedlem mottar relevant og oppdatert informasjon.	-	Lav	Bane NOR har gjennomført en omfattende omorganisering som innebærer en tydeligere beskrivelse av roller og ansvar – og har kortet ned rapporteringsveier. I sum innebærer endringen at BN er	O	-

										operativt «tettere på» arbeidene som skjer ute på anleggsplassen.		
1.16	Erosjon	Erosjon under / i eksisterende terreng	Grunnvannsårer, samt ev. lekkasje fra VA-rør i nærområdet. Erosjon ved kaikant.	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	Erosjon ved Moss Havn kaikanten er planlagt ivaretatt gjennom områdestabilitetsrapporten, arbeid igangsatt.	Kartlegge grunnvannsforholdene nærmere, for man vet ikke om det finnes «underjordiske elver».	-	Moderat	Uklart om det er en antagelse, eller om det er fakta at det er slike grunnvannsårer gjennom anleggsområdet. Erosjon ved område Moss havn: Det er en del gamle VA-ledninger, brudd med lekkasje fra disse vil kunne gi problemer i kvikkleireskråninger.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.17	Utstyr	Utstyrssvikt	Manglende vedlikehold og kontroll	Forsinkelser	Lav	-	Utføre en kritikalitetsvurdering av involvert utstyr for å sikre back-up og reservedeler for kritisk utstyr og instrumentering.	-	Lav	HMS fare primært, kan i ytterste konsekvens bli rotårsak for kvikkleireskred. MossIA: Er usikre på hvilket utstyr det er tale om Safetec: Det er MossIA som best kan peke ut utstyr som de mener er kritiske for sine arbeidsoperasjoner	A	MossIA – v/navn
1.18	Kultur og språk	Misforståelser blant utførende personell og mellom prosjektering og utførende entreprenør	Forskjellig kultur og språk	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen og økt sannsynlighet for kvikkleireskred.	Rød	Tegningsunderlag. Sikker-jobb-analyser, "før-jobb-samtaler". (Slike tiltak har stått i kontrakten fra dag 1.)	Økt bruk av kontrollingeniører i felt. Vurdere behov for arbeidstillatelser.	1) BN skal ha tilstedeværelse ute på byggeplass så lenge det pågår arbeider 2) Geotekniker skal alltid være til stede på dagtid 3) Geotekniker skal være tilgjengelig 24t i døgnet	Moderat	Innføring av system for arb.tillatelser er valgt bort, og erstattet av andre organisatoriske tiltak. Manglende kommunikasjon mellom aktører i store prosjekt er generelt et vesentlig risikomoment. Særlig viktig med god samhandling mellom	A	PL Eirik Hansen (BN)

								<p>4) Minimum <i>en</i> gang per uke avholdes møte; «oppfølging områdetiltak»</p> <p>5) Ukentlig statusmøte med entreprenør og underentreprenører (oftere ved behov) – møtene skal dokumenteres</p>		<p>prosjekterende og utførende.</p> <p>Sikrer at man i alle arbeidslag har personer som kan kommunisere på norsk/skandinavisk, engelsk og/eller tysk.</p> <p>Før jobb-samtalen har et sterkt fokus, og er strengere formalisert og fulgt opp enn hva som har vært vanlig før.</p>		
1.19	Kapasitet	Manglende kapasitet – gjelder særlig innen geoteknikk	Sykdomsfravær	Økt tidspress og stress for det øvrige personellet – økt fare for menneskelig feilhandling.	Moderat	-	-	<p>1) BN har allerede kontinuerlig søkelys på å rekruttere geoteknikere</p> <p>2) Økt fokus på organisering av geotekniske ressurser og deres rolle inn i kontrollarbeidene</p>	Moderat	Kapasitetsmangel kan være en utfordring generelt i prosjektet. Det er knapphet på geoteknikerressurser.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.20	Ytre miljø	Utslipp av kjemikalier eller annen skade på ytre miljø og fauna	-	Forurensning og kontaminering	Lav	Hensyn til ytre miljø blir håndtert i SHA-plan og KU-rollen	-	-	Lav	Lite relevant for skred.	O	-
1.21	Samarbeid	Dårlig samarbeidsklima i prosjektet	-	Forsinkelser, misforståelser, feil beslutninger og generell usikkerhet i prosjektorganisasjonen.	Moderat	-	Ta initiativ til et forberedt møte med aktuelle parter og kontraktører for å ha en åpen og ærlig «utluftning» om ev. utfordringer. Outputen kan være noen enkle forpliktende «kjøreregler» for veien videre.	Vurdere felles «feiring» for oppnåelse av prosjektmilepæler	Lav	Moss kommune uttrykte ønske om bedre og mer informasjon om prosjektet som sådan.	A	PL Eirik Hansen (BN)

1.22	Beredskap	Manglende beredskapsplan	-	Økt fare for skade på mennesker, ytre miljø og eiendom	Lav	Beredskapsplan for anleggsfasen er etablert	-	-	Lav	Beredskapsplan er oppdatert	O	-
1.23	Fremdrift	Oppdrevet tempo i fremdriften	Diverse ytre press på ferdigstillelse av byggeprosjektet	Økt fare for skade på mennesker, ytre miljø og eiendom – økt sannsynlighet for kvikkleireskred.	Moderat	-	Vurdere «taket» i fremdriftsplanen – om milepæler bør revurderes for å tilrettelegge for en enda sikrere prosjektgjennomføring. En har tatt seg tid til å gjøre en rekke grundigere undersøkelser og ev. omprosjektering siste året.	Planlegge fremdriftsplan / tempoplan som tilrettelegger for tilstrekkelig tid til å oppdatere arbeidsgrunnlag, samt utføre kvalitetssikring som gjelder endringer	Moderat	For eksempel: Ikke for mange jetpæler hver dag, ikke «vått-i-vått» etc., en skal ta seg tid til å gjøre grundige arbeider, det skal ikke være tidspress eller penger å spare på å jobbe raskt. Dette er håndtert i kontraktene.	A	PL Eirik Hansen (BN)
1.24	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Moss kommune utfører arbeid utenfor definert BN-anleggsområde – og som kan påvirke områdestabiliteten.	Misforståelser og/eller manglende kommunikasjon mellom Moss kommune og BN IC SMS-prosjekt. De samtidige arbeidene kan hver for seg være trygge å utføre, men kan i kombinasjon utløse eller medvirke til utløsning av kvikkleireskred.	Økt fare for kvikkleireskred	Høy	Dialog – ukentlige/hver 14-dag er det møter mellom prosjektet og kommunen.	-	Vurdere hvem som bør delta i møtene, samt fokus i de regelmessige møtene mellom kommunen og prosjektet – risiko knyttet til fare for kvikkleireskred bør være fast punkt på alle(?) møtene. Referat, deltakelse og dokumentasjon fra disse møtene skal kunne fremlegges.	Moderat	Tett og fortløpende kommunikasjon mellom IC SMS-prosjektet og Moss kommune vurderes som viktig – særlig for tidsperioden inntil alle stabilitetsforbedrende fysiske tiltak er gjennomført. Stikkord: VA-ledninger/gravetillatelser, arbeidsvarsling offentlig veg (vegeier som er kommunen, fylkeskommunen eller Statens vegvesen) Dette må håndteres både når det er kommunen selv som er tiltakshaver/byggerherre/eier prosjektet, og når det er andre som ønsker å utføre f.eks. et	A	PL Eirik Hansen (BN) / Moss kommune

									gravearbeid i eller i nærheten av aktuelt område. Blir det en byggesak , så er det systemer for å fange det opp. Der plan- og bygningsloven regulerer hva som skal gjøres og hvordan det skal gjøres , så vil man normalt være godt dekket ved å følge kravene der.			
1.25	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Private aktører utfører arbeid/tiltak utenfor BN sitt definerte anleggsområde og som kan bidra til kvikkleireskred.	Privat tiltakshaver ikke godt nok kjent med kvikkleirefarer og kommunens restriksjoner.	-	Moderat	-	-	Det må undersøkes om man har hjemmel i regelverket til å innføre strengere restriksjoner for private. <i>Hjemmel er på plass.</i> Moss kommune har bestemmelser som tillater å innføre strengere restriksjoner for en gitt periode	Moderat	Områdestabilitetsrapporten angir noen områder hvor det anbefales å etablere strengere restriksjoner enn det som gjelder iht. PBL. Noen steder kan det f.eks. være problematisk å fylle inntil 1,5 meter uten å søke byggetillatelse.	O	-
1.26	Grensesnitt	NY 21.09.2021: Brudd i ledningsnett, VA-ledninger	Gammelt ledningsnett, noe fra 1990-tallet, også noe fra 1940-tallet.	-	Moderat	-	-	1) Det vil her kunne være nødvendig å rådføre seg med geotekniker før man utfører gravearbeid, og strakstiltak for å reparere et akutt ledningsbrudd. 2) Vurdere å definere / identifisere «trygge» områder der vannledningene ikke ligger lenger nede enn 1-1,5 meter i grunnen, mens der det ligger dypere, må man kanskje gjøre	Moderat	Gammelt ledningsnett er et mulig skred-påvirkende forhold, men det gjelder generelt og uavh. av IC SMS-prosjektet.	A	Moss kommune

							grundigere vurderinger. Den kartleggingen kan geotekniker gjøre i forkant.				
1.27	Grensesnitt	NY 21.09.2021: «Kabelaktører» som graver på konsesjon, kun på gravetillatelse, som kan sette i gang uten at «regimet» med byggetillatelse er i bruk.	-	-	Moderat	-	Kartlegge hvem disse aktørene kan være og ev. etablere en dialog med dem for å unngå at disse iverksetter gravearbeider som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav		A	Moss kommune
1.28	Grensesnitt	NY 21.09.2021 Statens vegvesen, fylkeskommunen, som vegeiere utfører arbeid som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	-	-	Moderat	-	Etablere en dialog med dem for å unngå at det iverksettes gravearbeider som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav	Moss kommune: Skal Bane NOR sette opp dialog i allerede eksisterende møteserier, eller hvordan løser vi dette både i og utenfor prosjektet?	A	Moss kommune
1.29	Grensesnitt	NY 21.09.2021 Mellomdeponering av masser eller varer ved Rockwool og Moss havn.	-	-	Moderat	-	Etablere en dialog med dem for å unngå mellomdeponering som kan påvirke områdestabiliteten i den mest kritiske tidsperioden.	Lav	Må ha kontroll på omfang og unngå at det blir for mye, for da kan en få lokale grunnbrudd etc., og det kan påvirke stabiliteten, og i verste fall utløse kvikkleireskred. Moss kommune: Havnen må også ha ansvar for sine aktiviteter som en egen bedrift	A	PL Eirik Hansen (BN) / Moss kommune / Moss havn

Type dokument:

Vedlegg B – Hendelsestrær

Rapporttittel:

Geoteknisk risikoanalyse, prosjektering og utførelse, Bane NOR IC SMS-utbyggingsprosjekt

Kunde:

Bane NOR

Dokument nr. ST-16413-1				
Forfattere Preben Fjellanger				
<i>Referanse til deler/utdrag av dette dokumentet som kan føre til feiltolkning, er ikke tillatt.</i>				
Rev.	Dato	Versjon	Utført	Kontrollert
1.0	11.02.2022	Oppdatert rapport	Preben Fjellanger	Øystein Skogvang

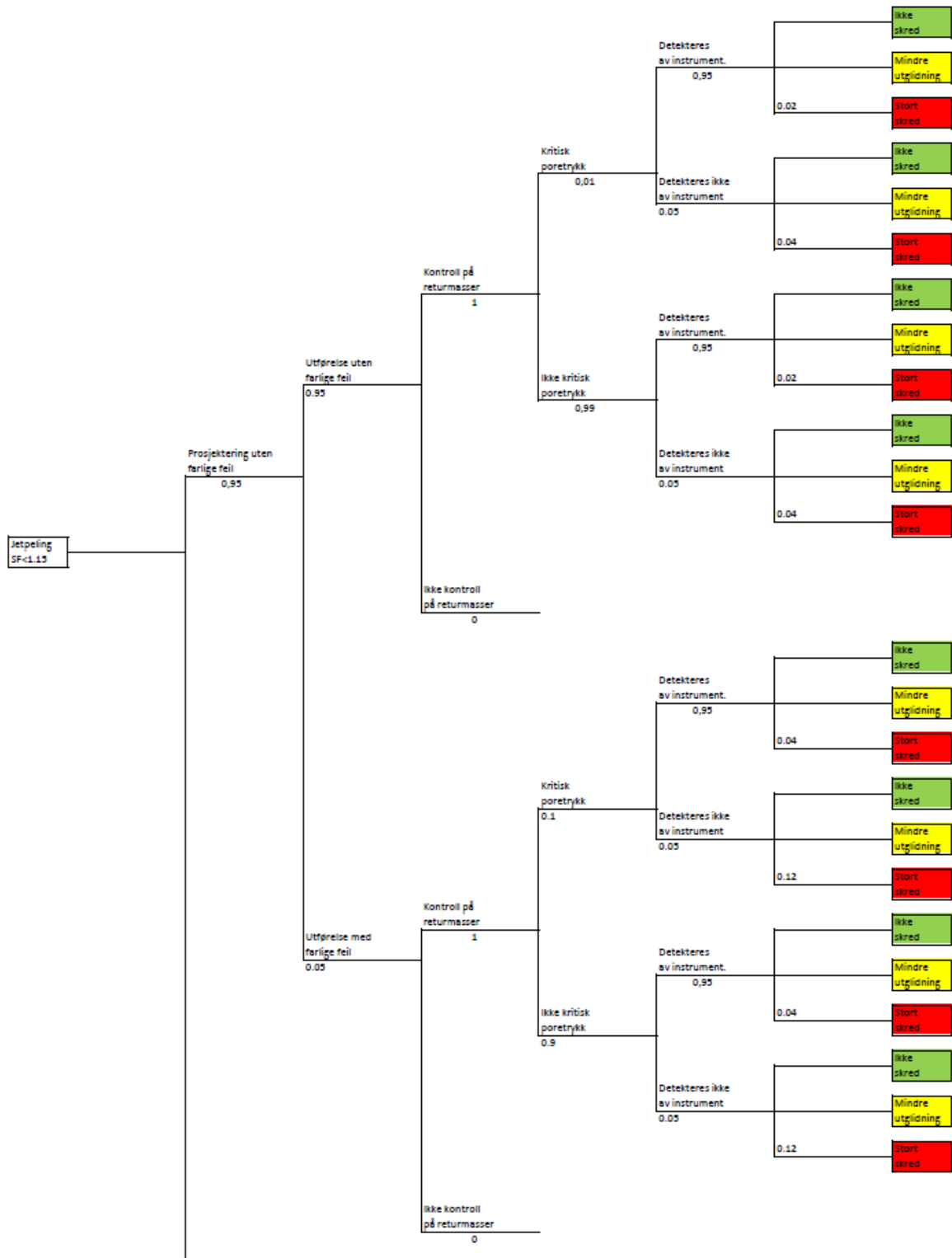
Innhold

1	JETPELING	3
1.1	SF <1.15	3
1.2	SF 1.15-1.6	5
2	PERM. STØTTEKONSTR. FJORDV. Ø	7
2.1	SF <1.15	7
2.2	SF 1.15-1.6	9
3	SPUNTROCKWOOL	11
3.1	SF <1.15	11
3.2	SF 1.15-1.6	13
4	OMLEGGING VA OG EKS. LEDN. NETT	15
4.1	SF <1.15	15
4.2	SF 1.15-1.6	17
5	MOTFYLLING	19
5.1	SF <1.15	19
5.2	SF 1.15-1.6	21
6	GRUNNSTABILISERING	23
6.1	SF <1.15	23
6.2	SF 1.15-1.6	25
7	TUNNELPÅHUGG	27
7.1	SF <1.15	27
7.2	SF 1.15-1.6	29

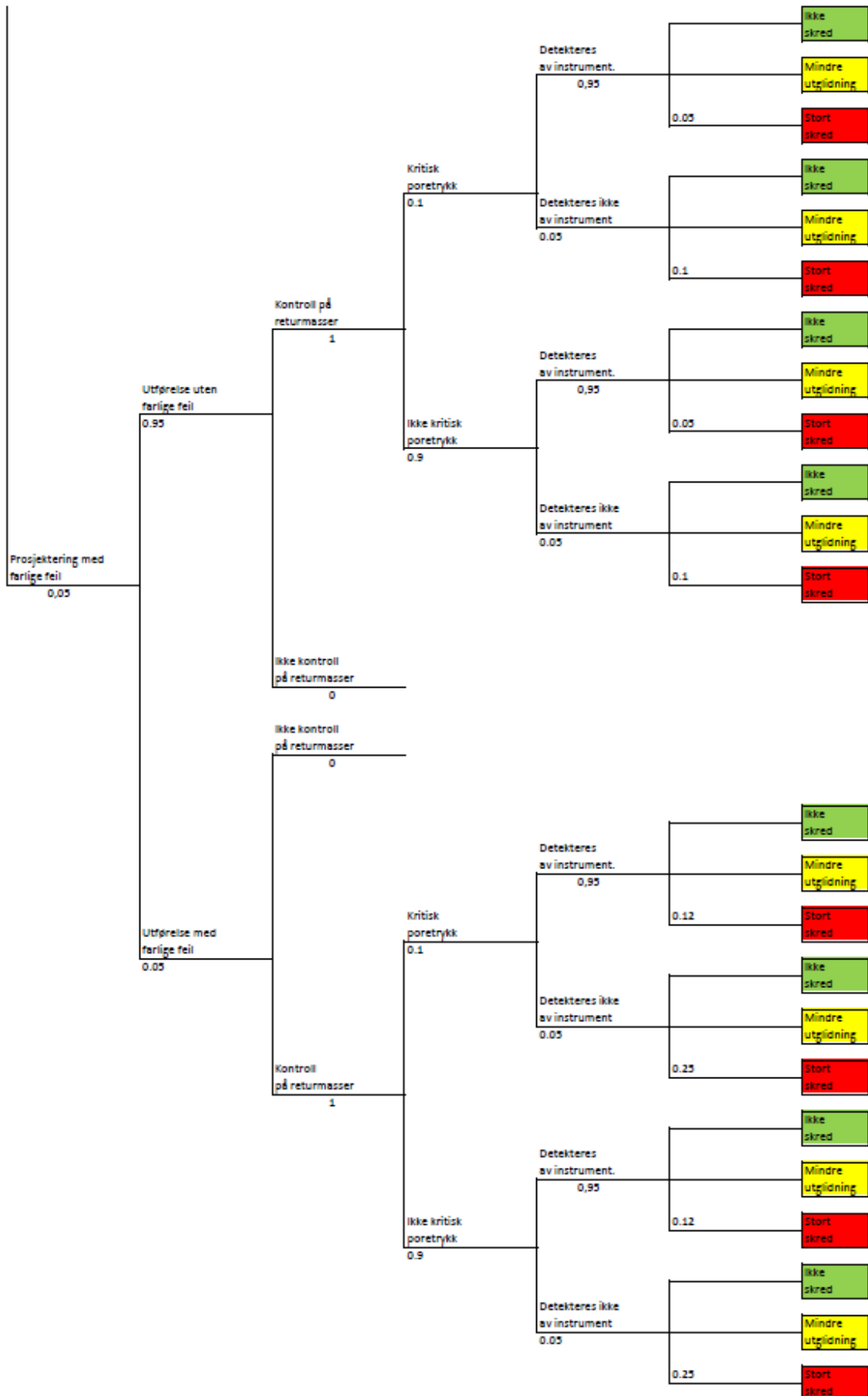
1 JETPELING

1.1 SF <1.15

Jetpeling

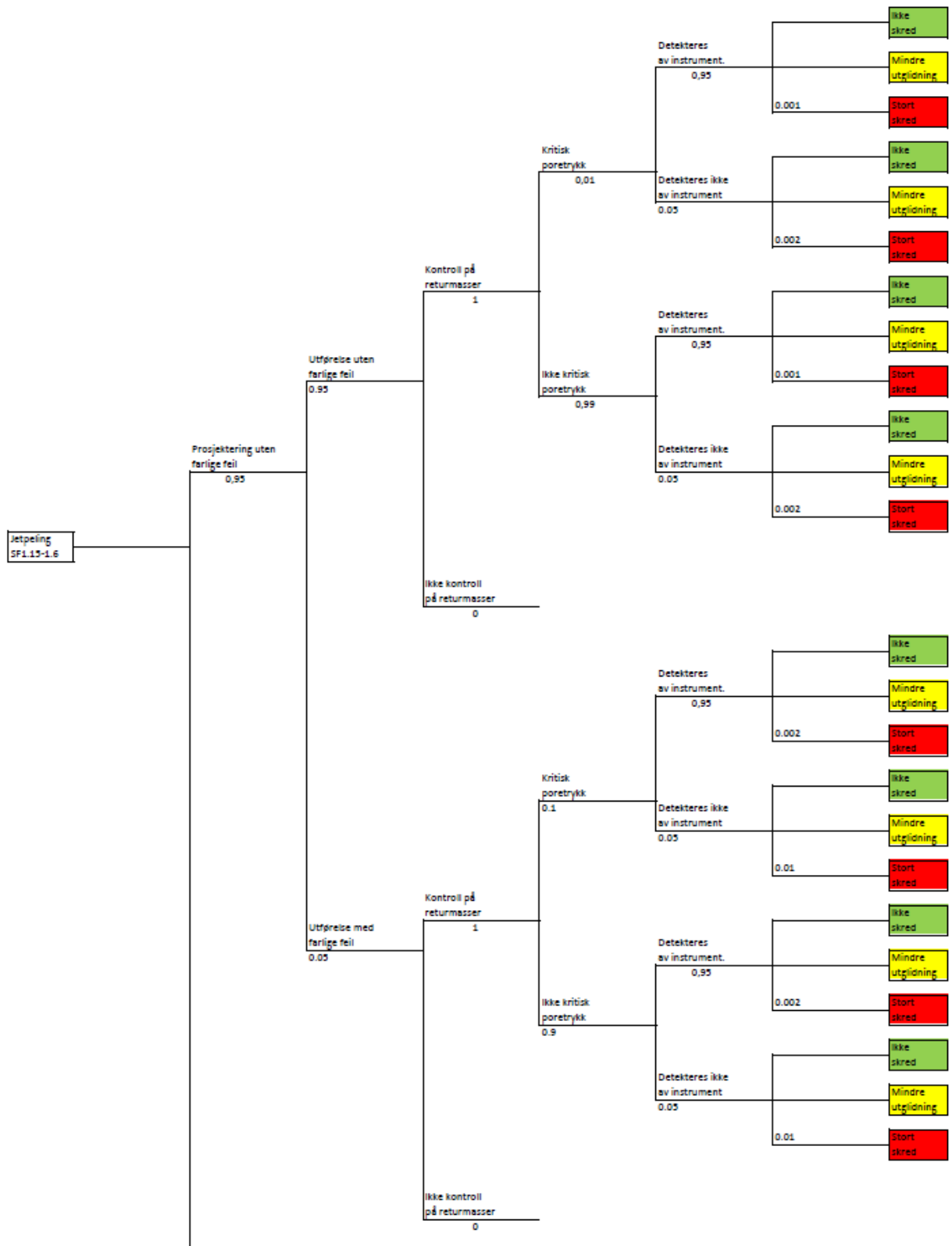


Jetpeling

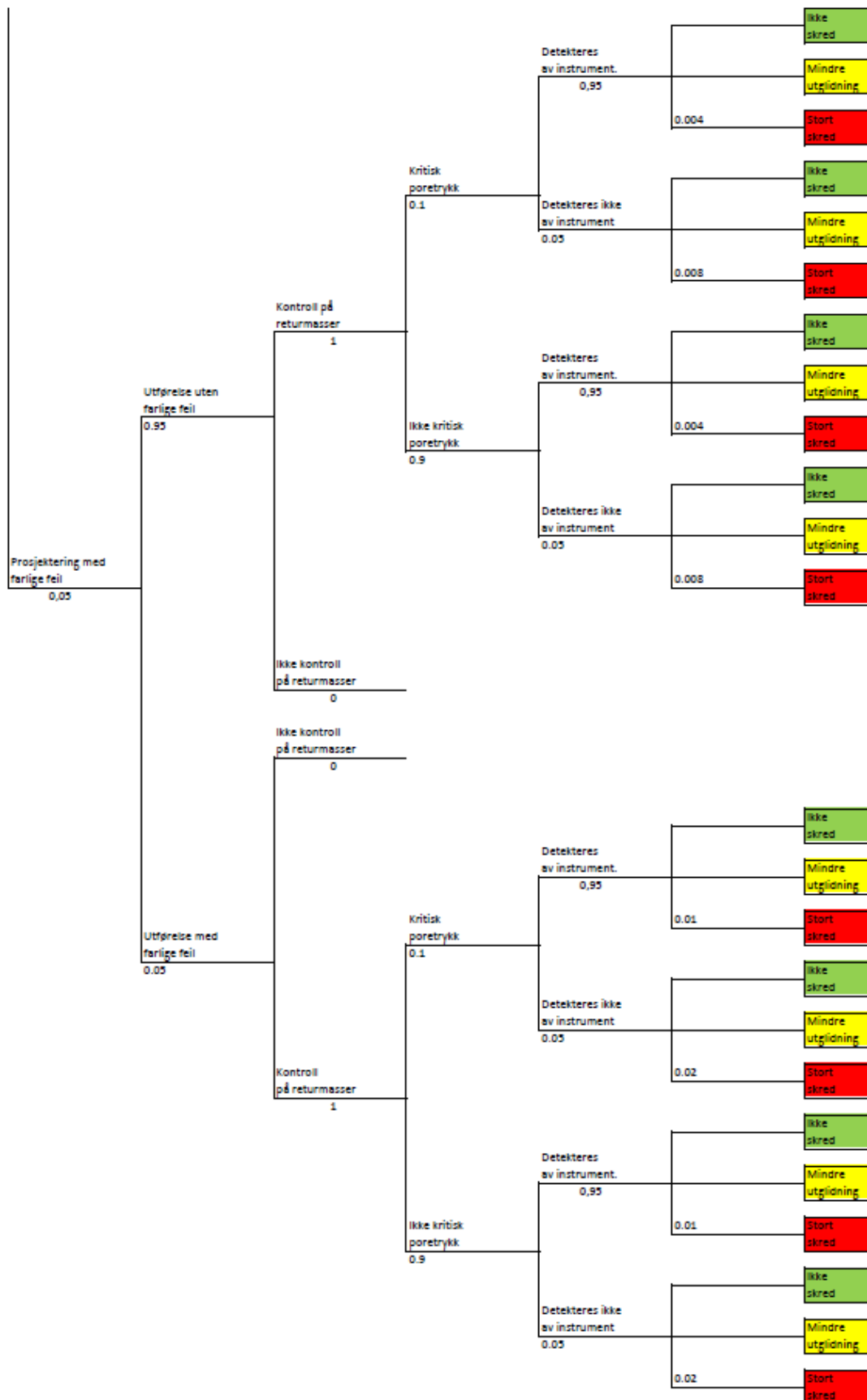


1.2 SF 1.15-1.6

Jetpeling



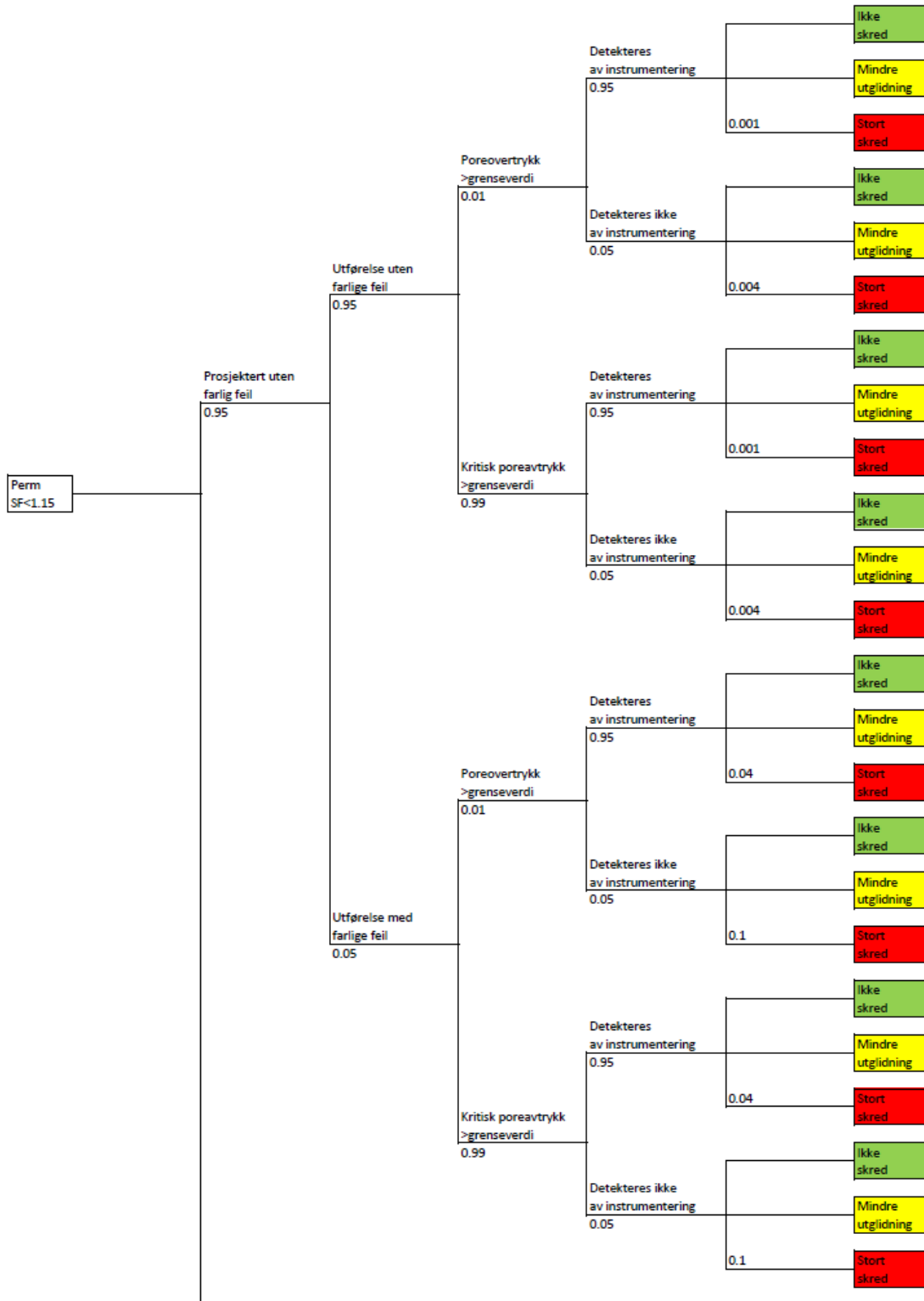
Jetpeling



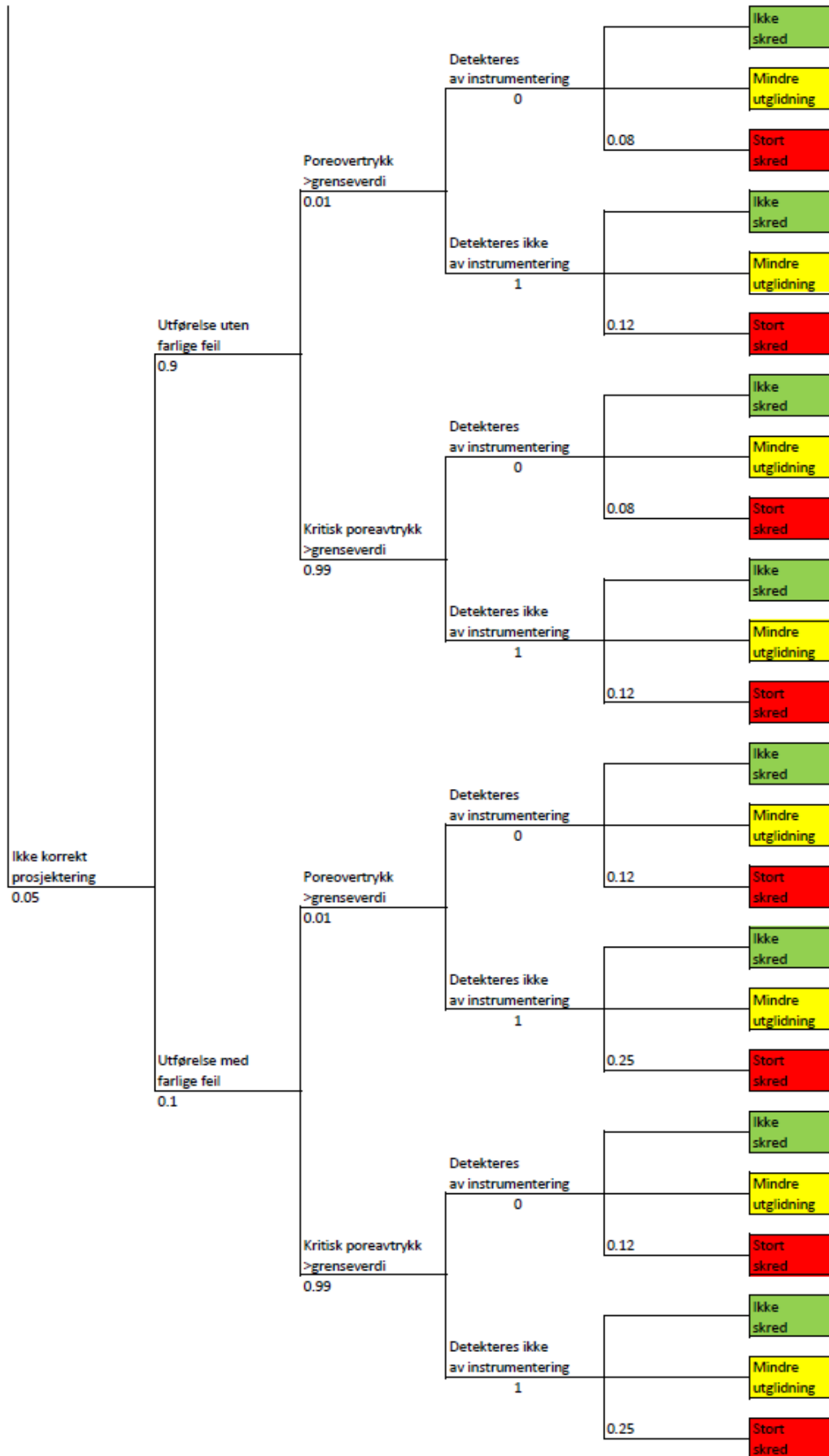
2 PERM. STØTTEKONSTR. FJORDV. Ø

2.1 SF <1.15

Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.

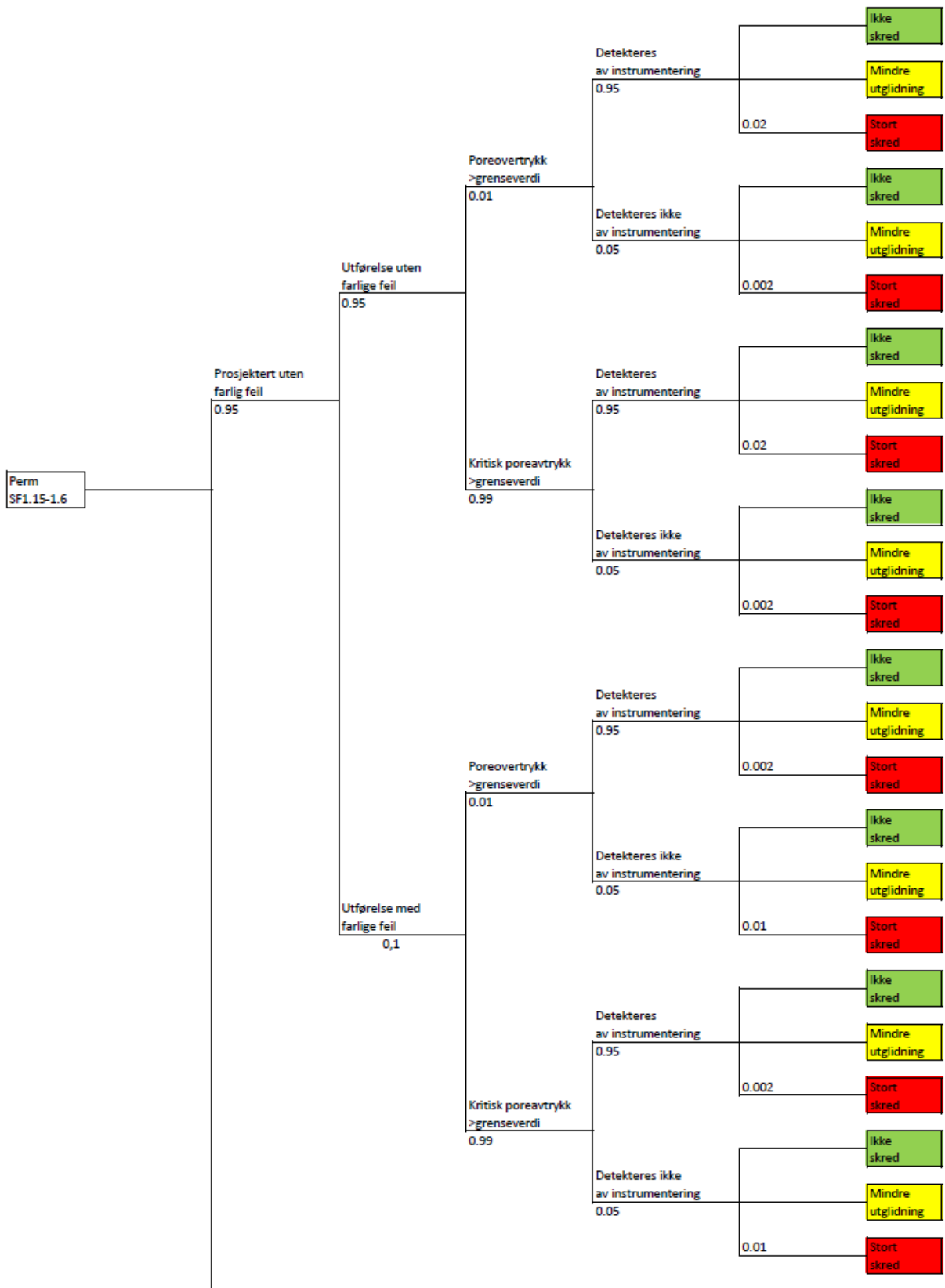


Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.

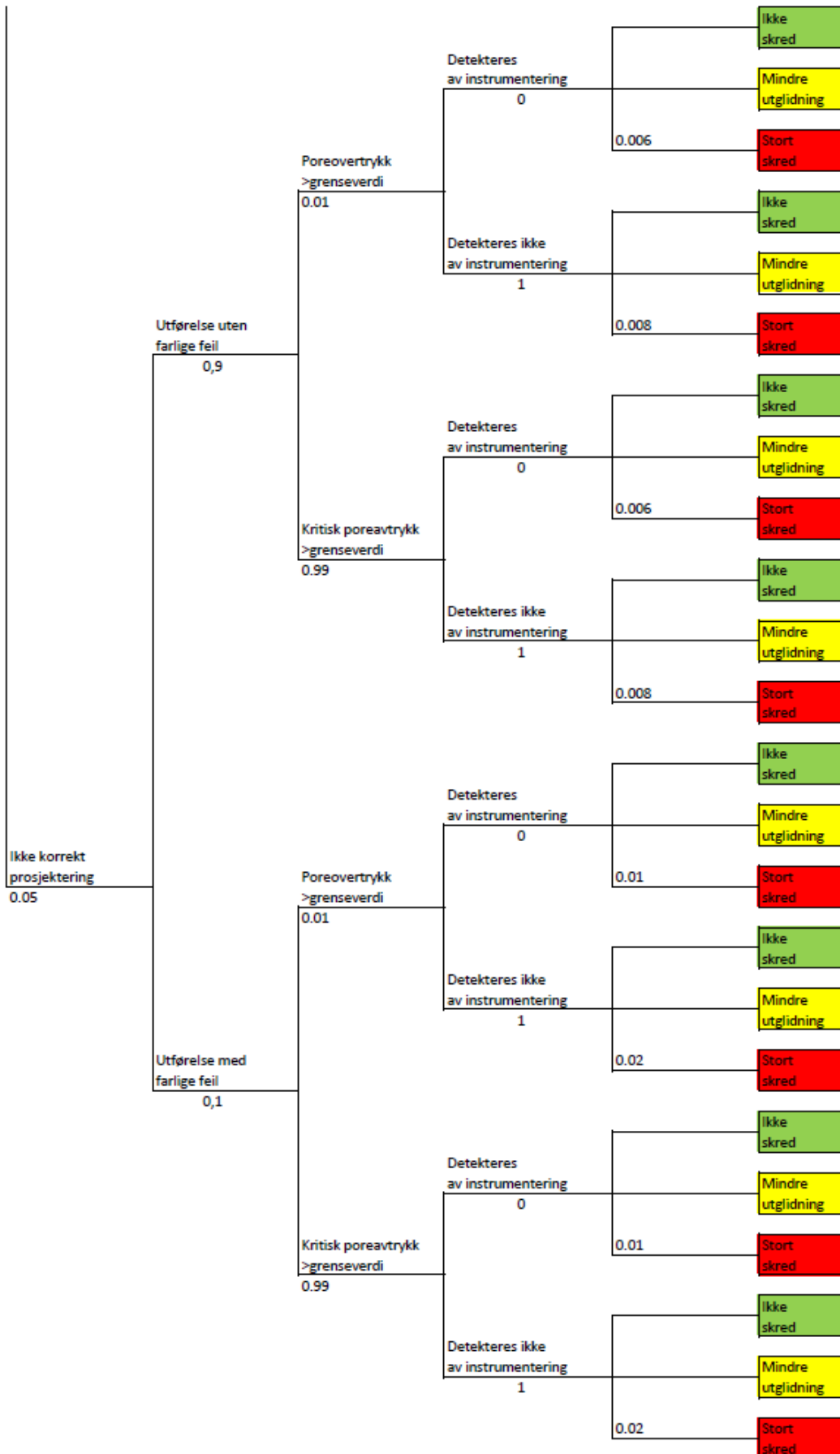


2.2 SF 1.15-1.6

Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.

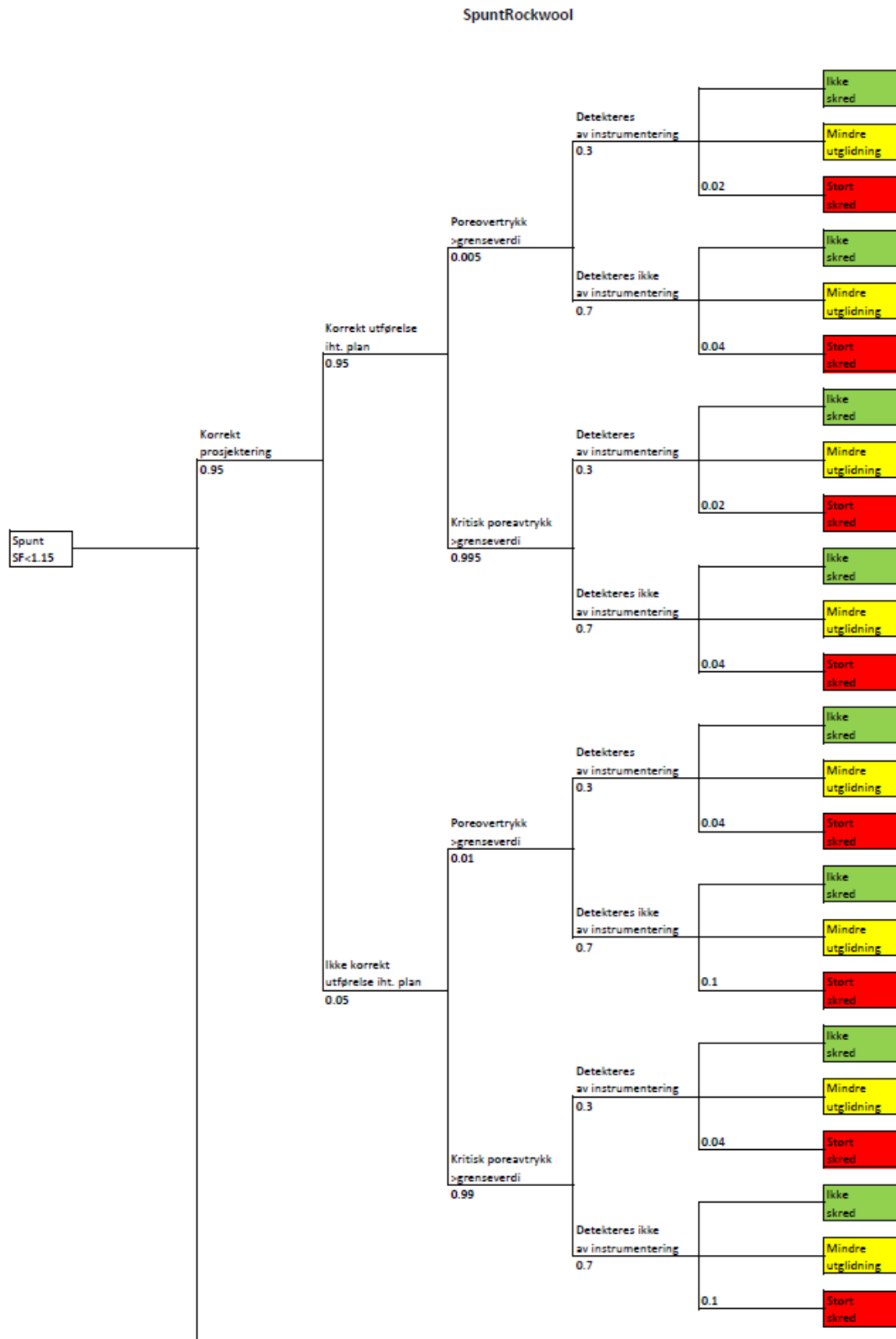


Perm.støttekonstr.Fjordv.ø.

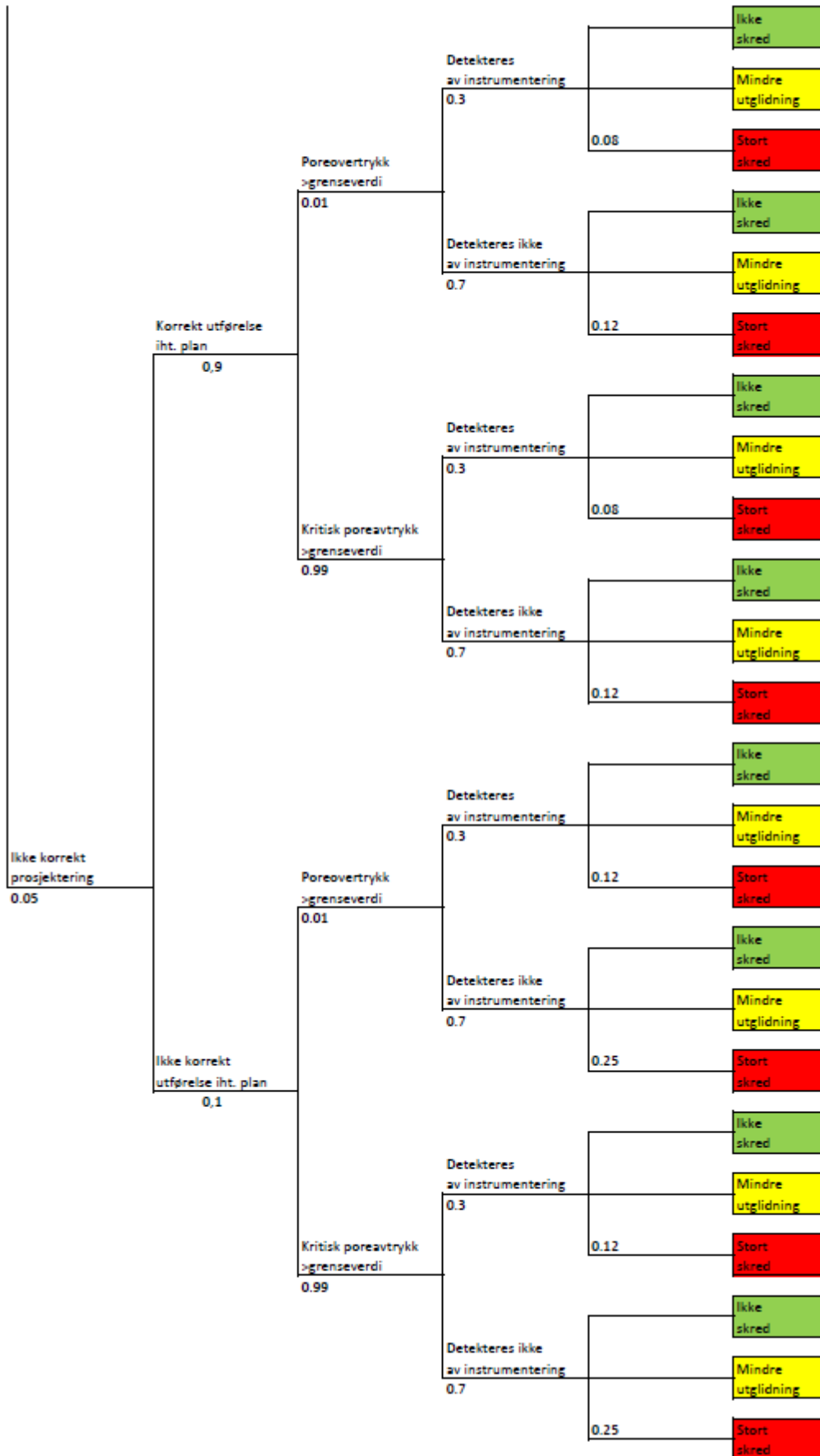


3 SPUNTROCKWOOL

3.1 SF <1.15

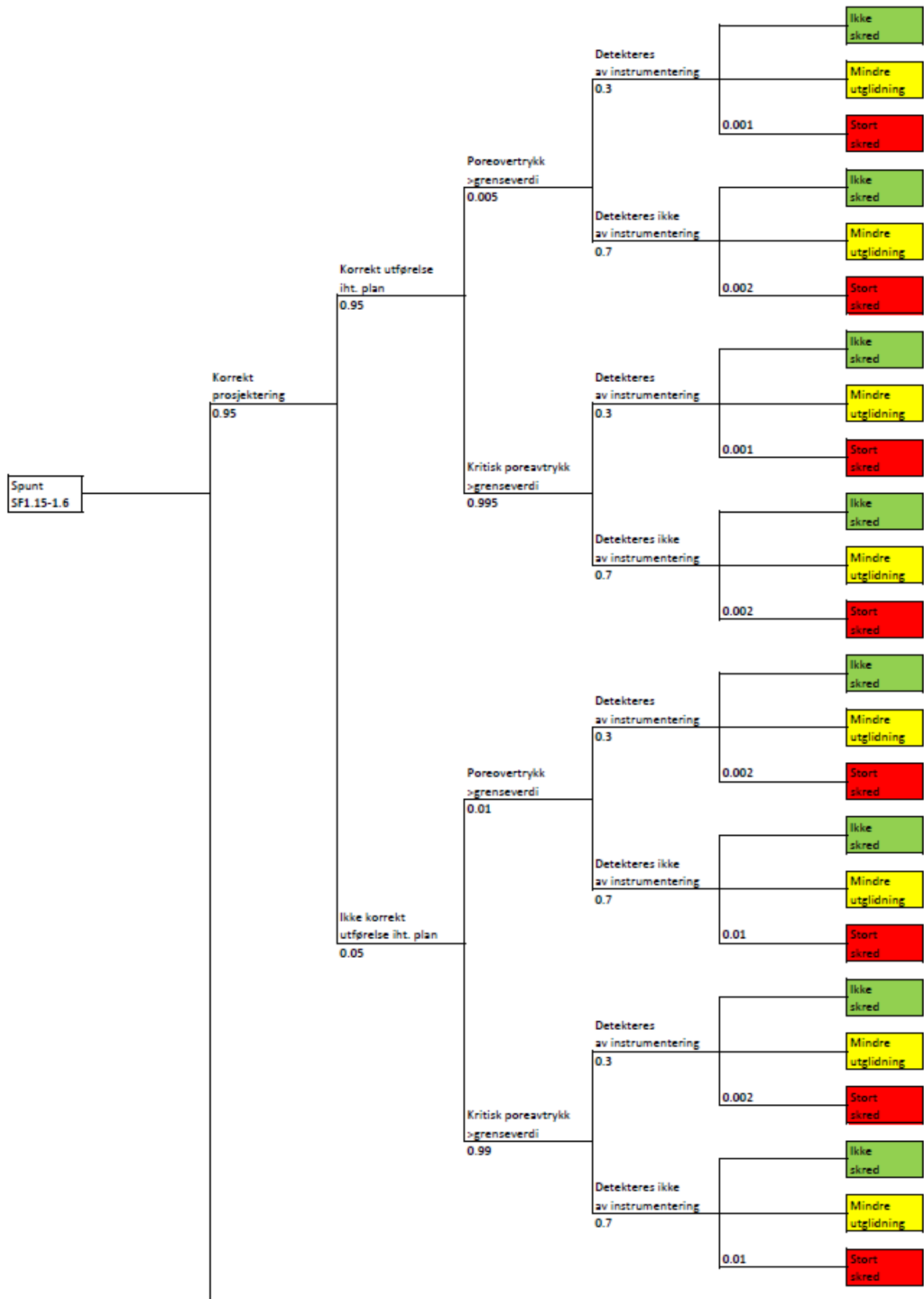


SpuntRockwool

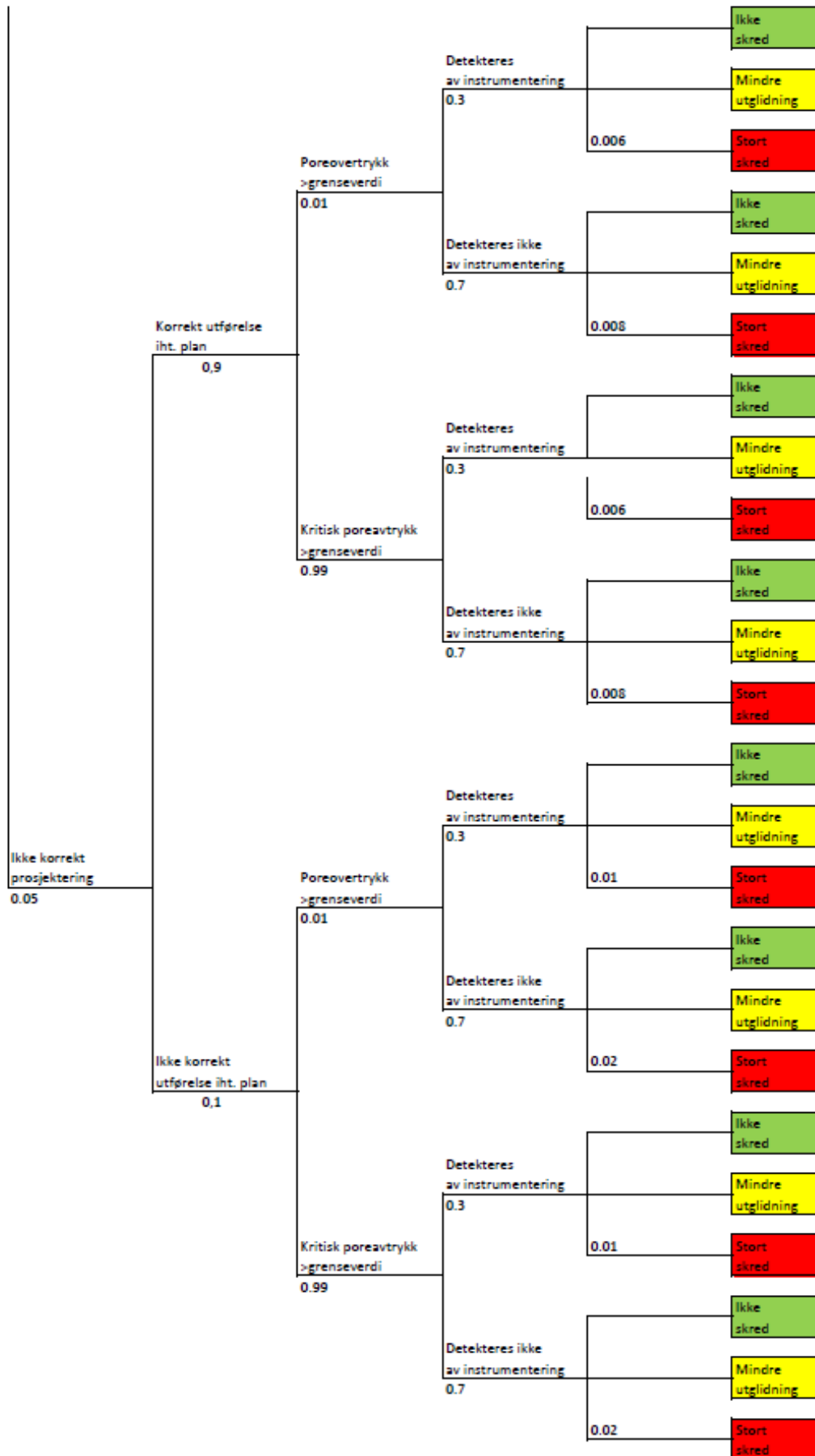


3.2 SF 1.15-1.6

SpuntRockwool



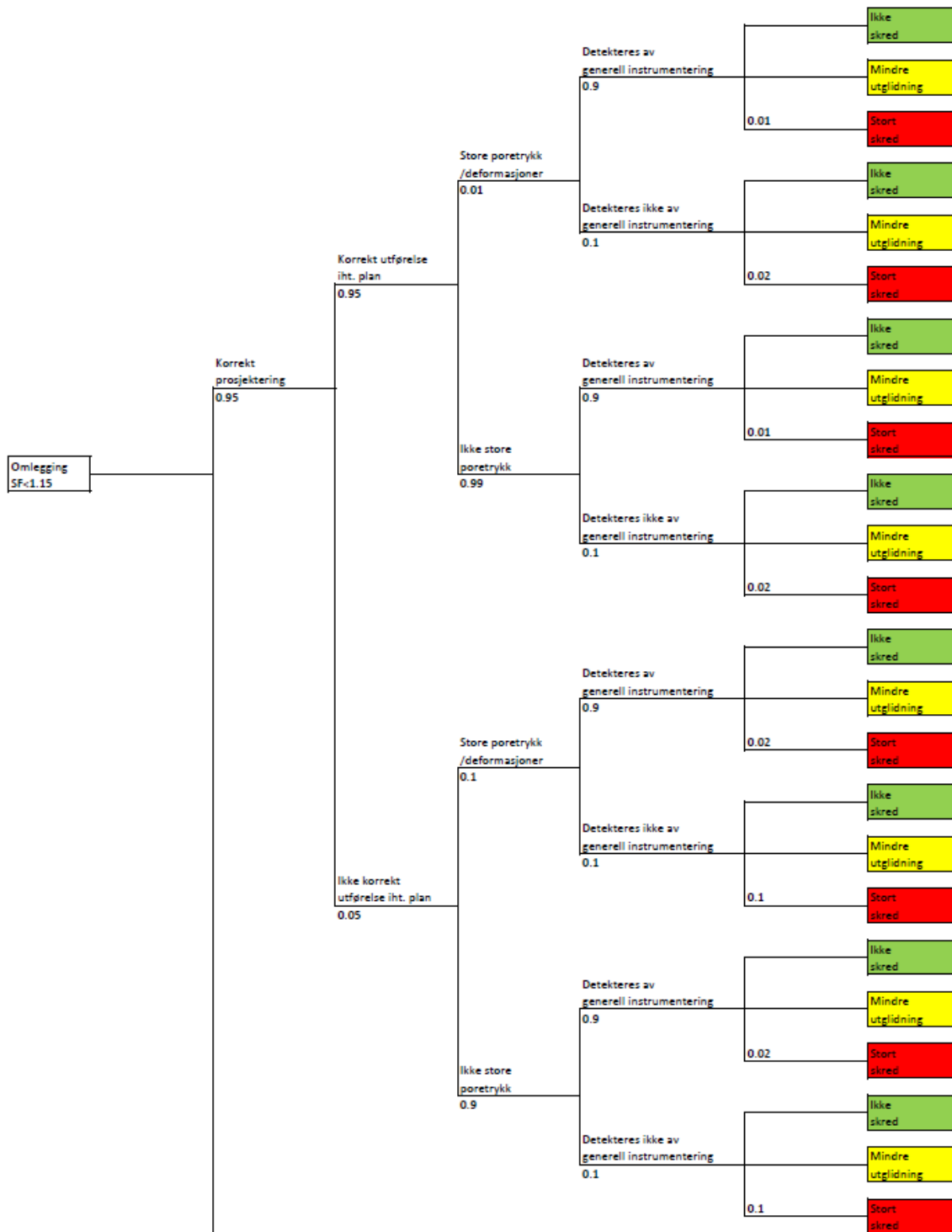
SpuntRockwool



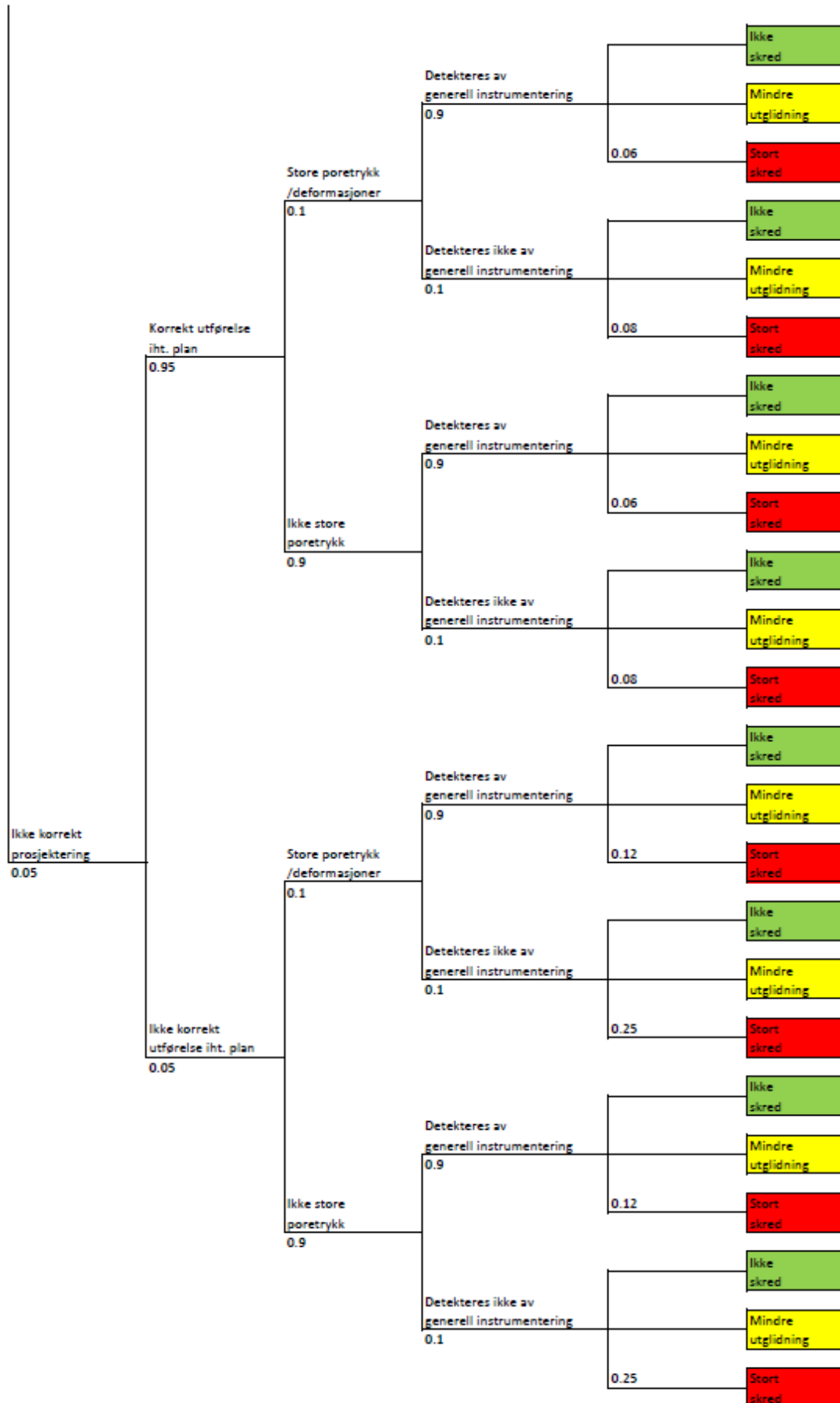
4 OMLEGGING VA OG EKS. LEDN. NETT

4.1 SF <1.15

Omlegging VA og eks. ledn.nett

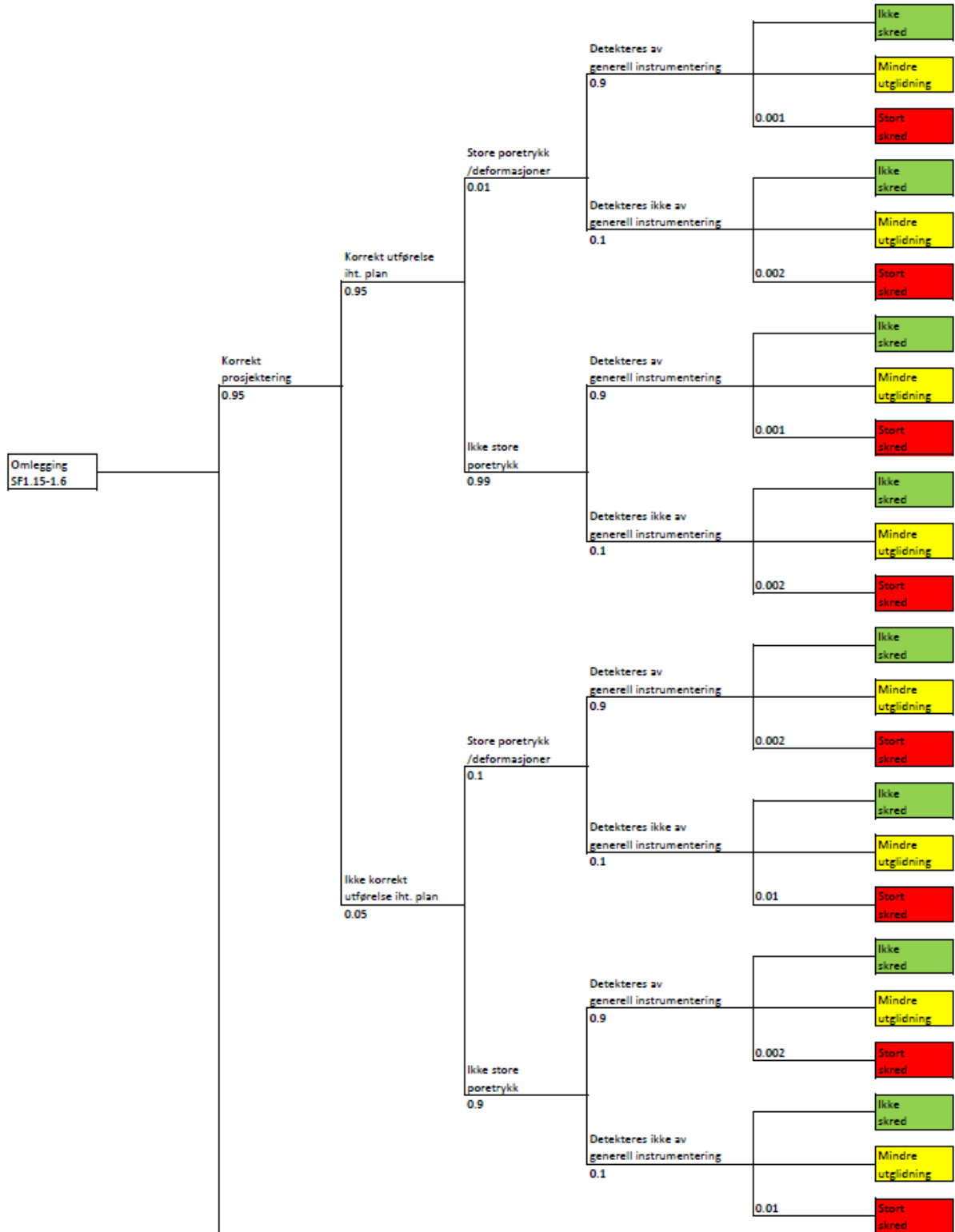


Omlegging VA og eks. ledn.nett

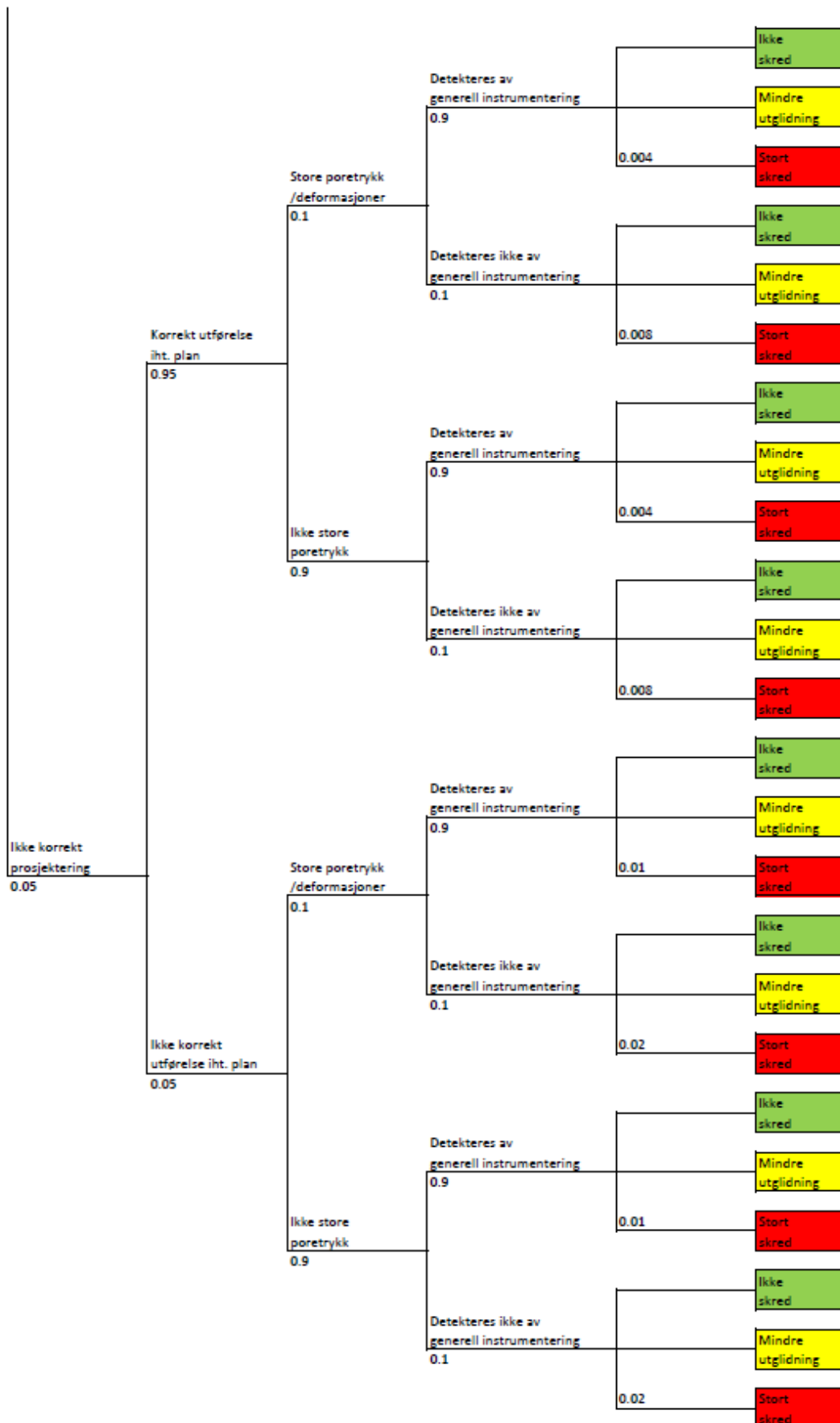


4.2 SF 1.15-1.6

Omlegging VA og eks. ledn.nett



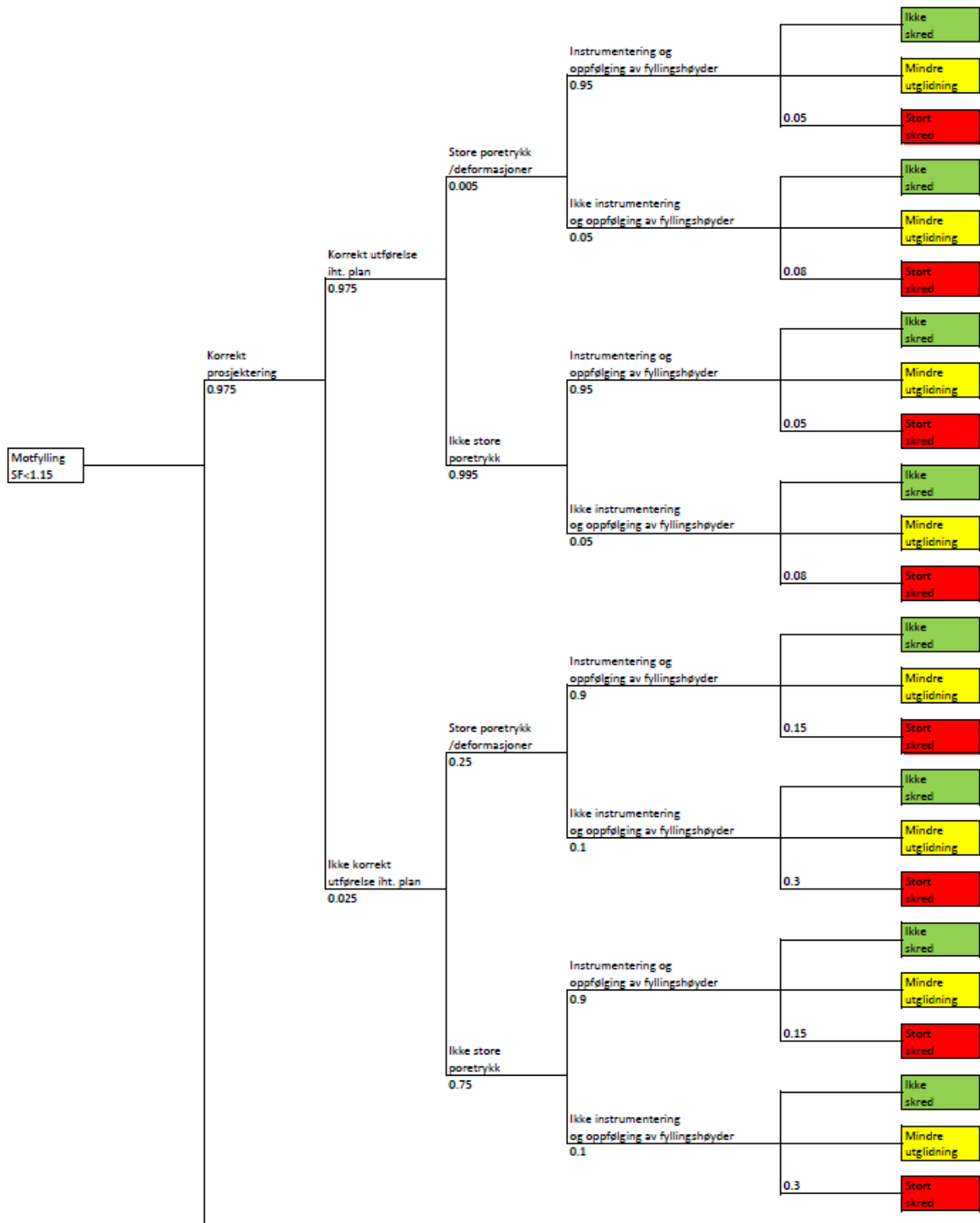
Omlagging VA og eks. ledn.nett



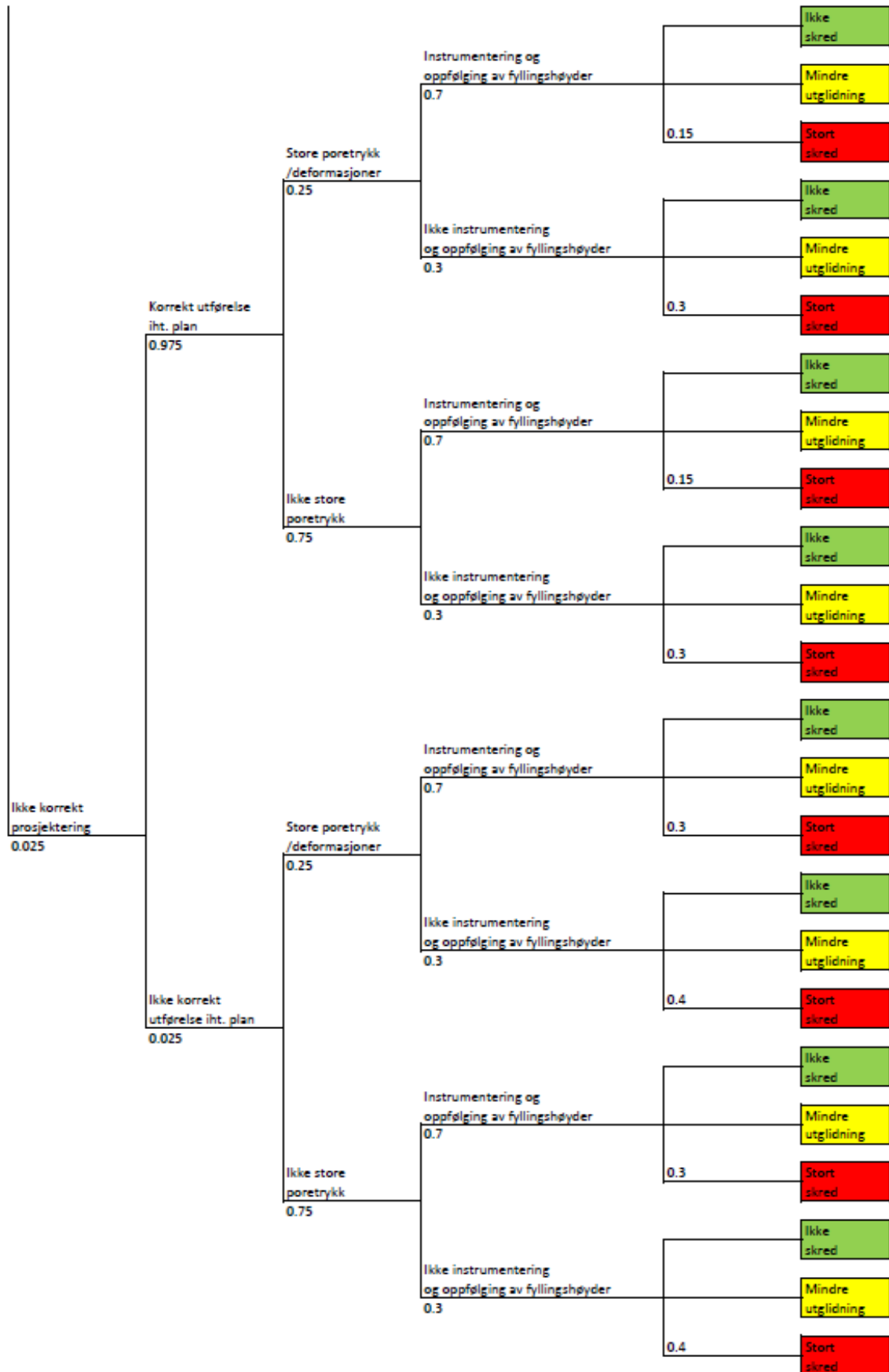
5 MOTFYLLING

5.1 SF <1.15

Motfylling

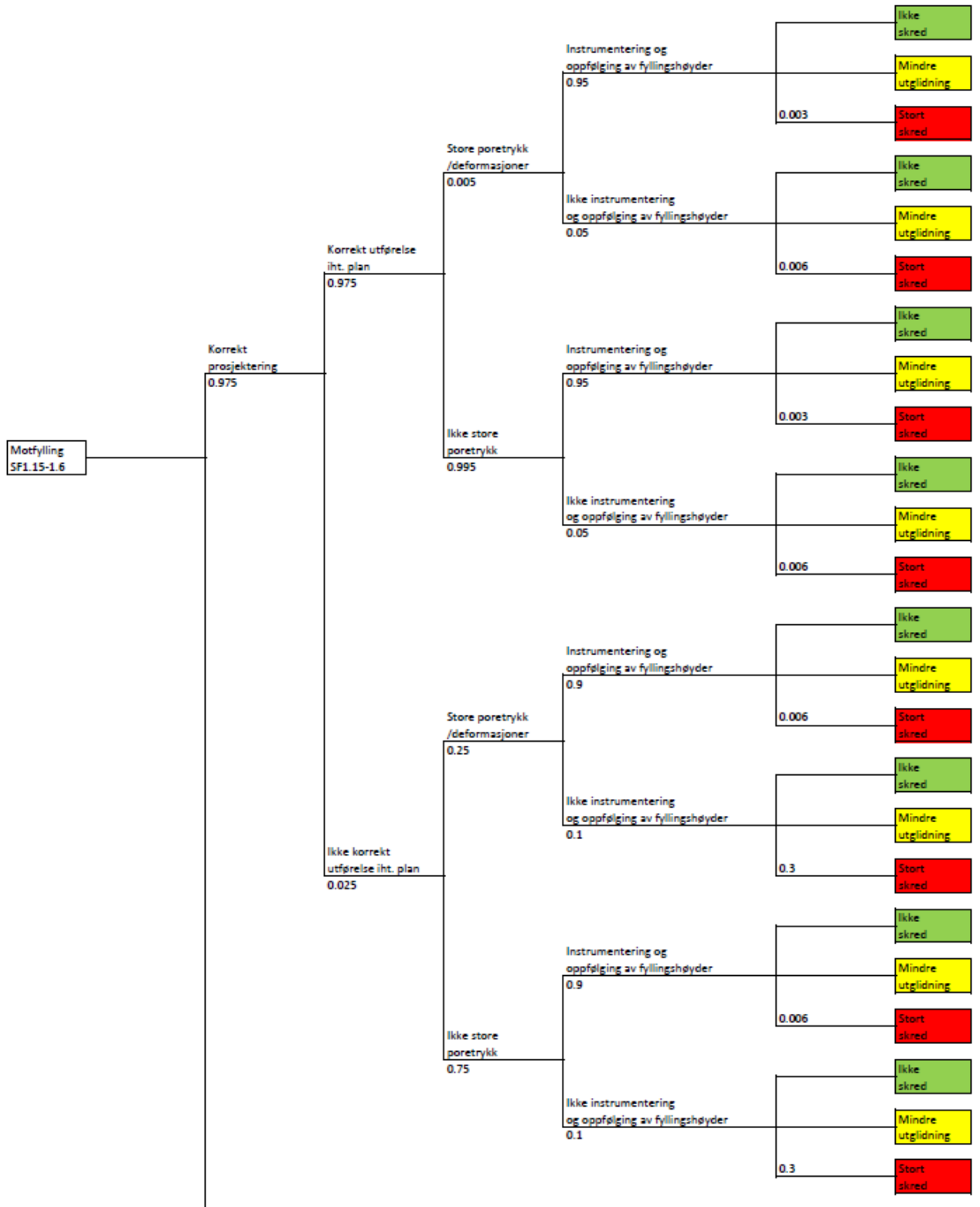


Motfylling

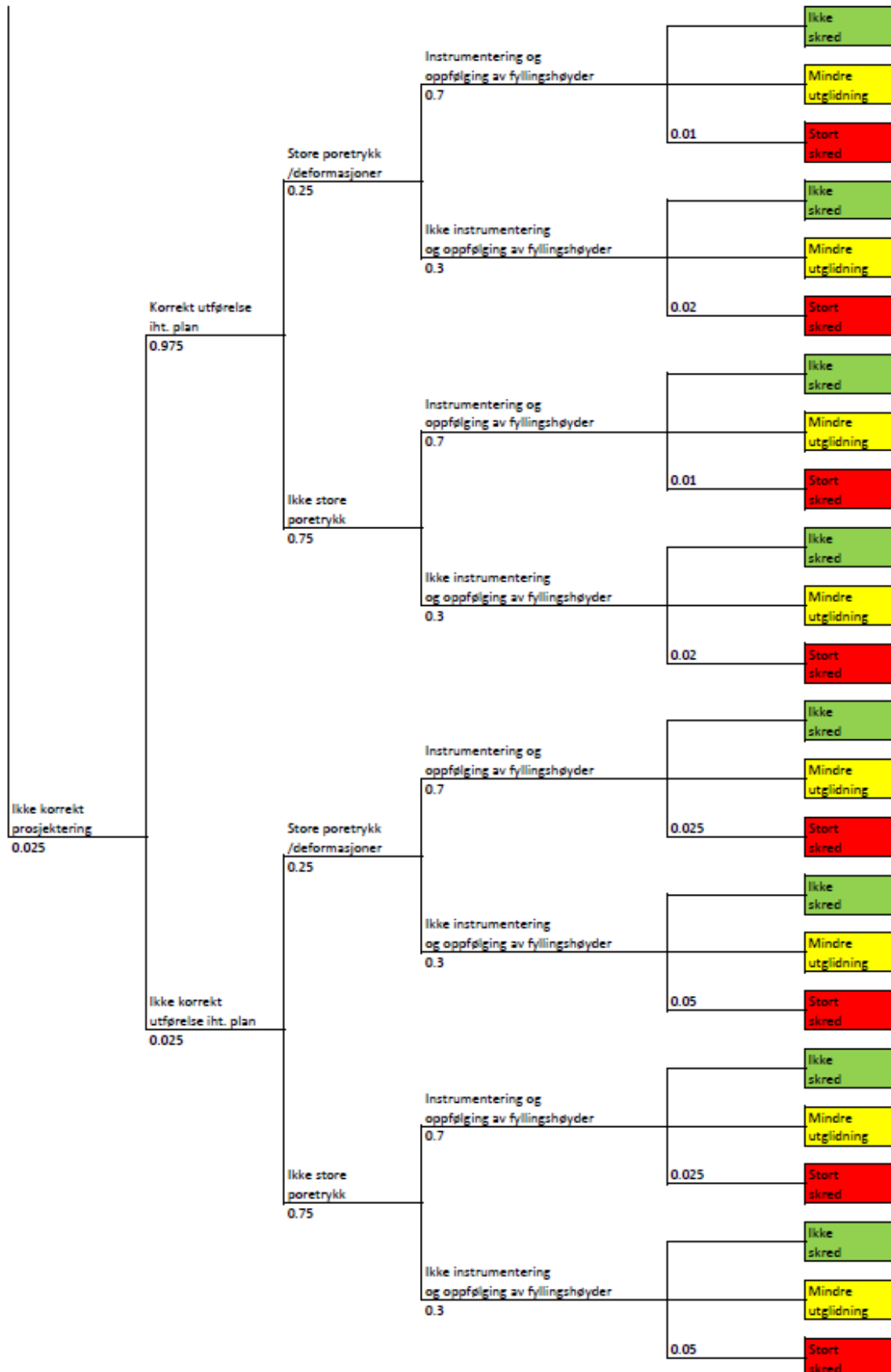


5.2 SF 1.15-1.6

Motfylling

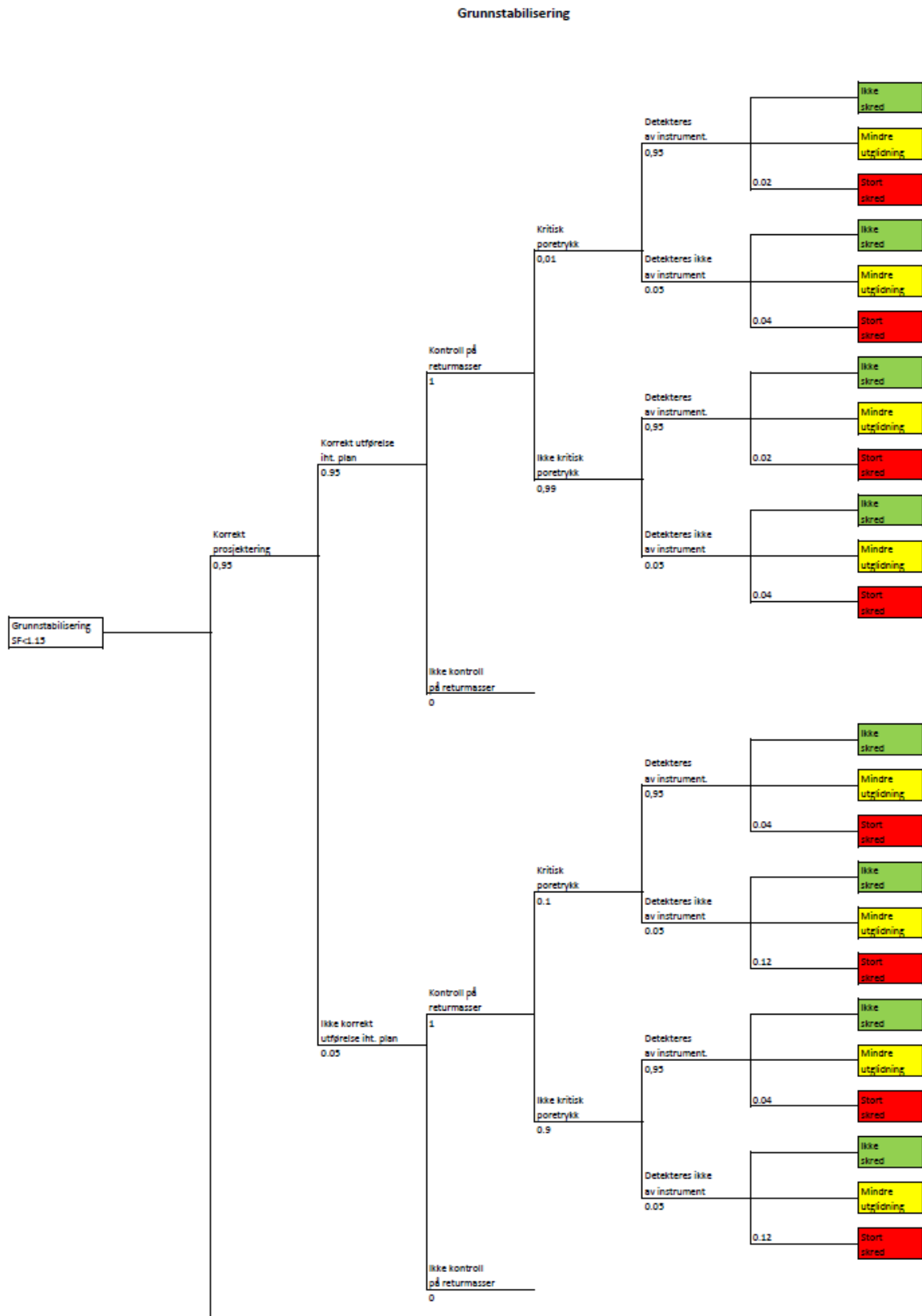


Motfylling

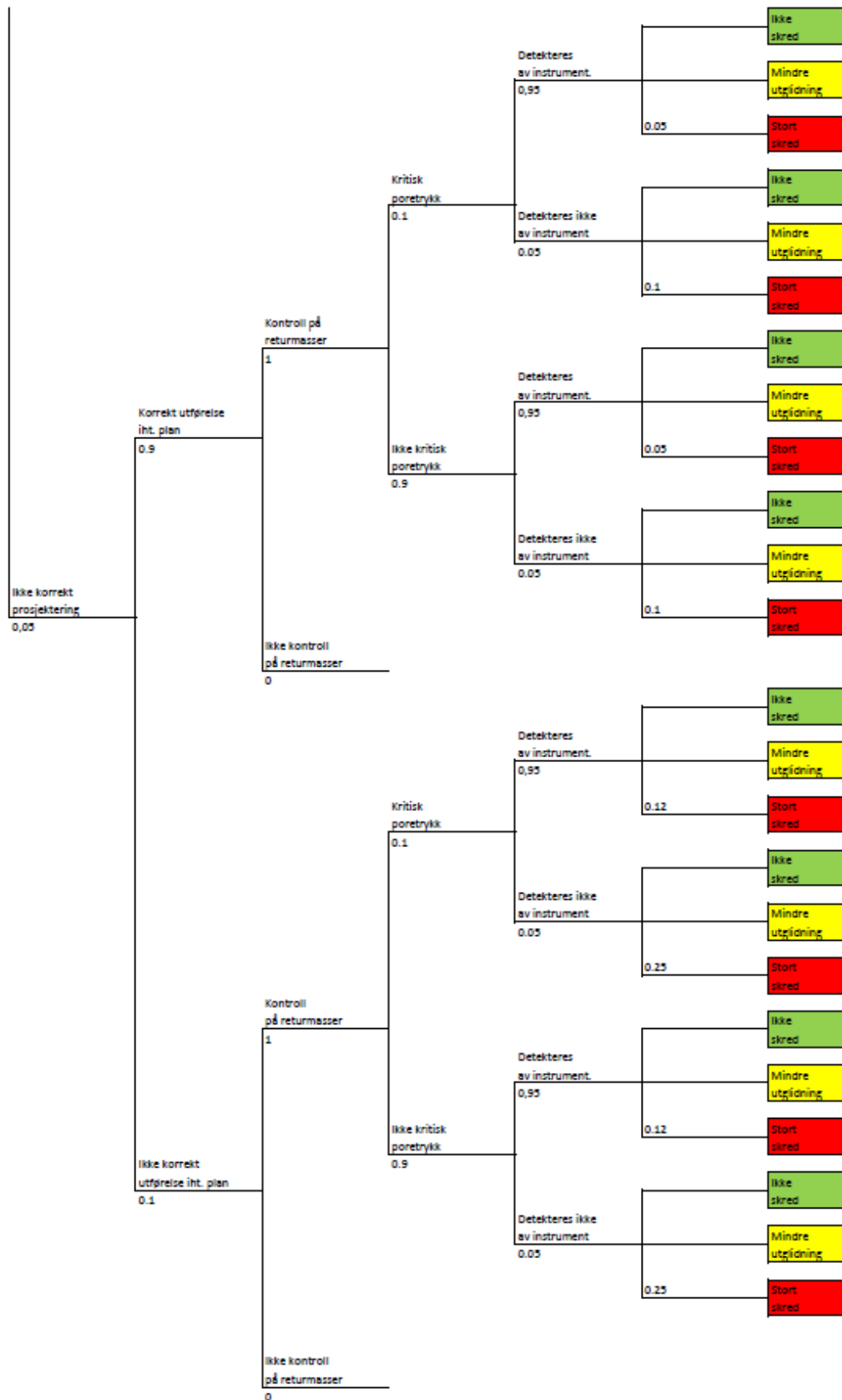


6 GRUNNSTABILISERING

6.1 SF <1.15

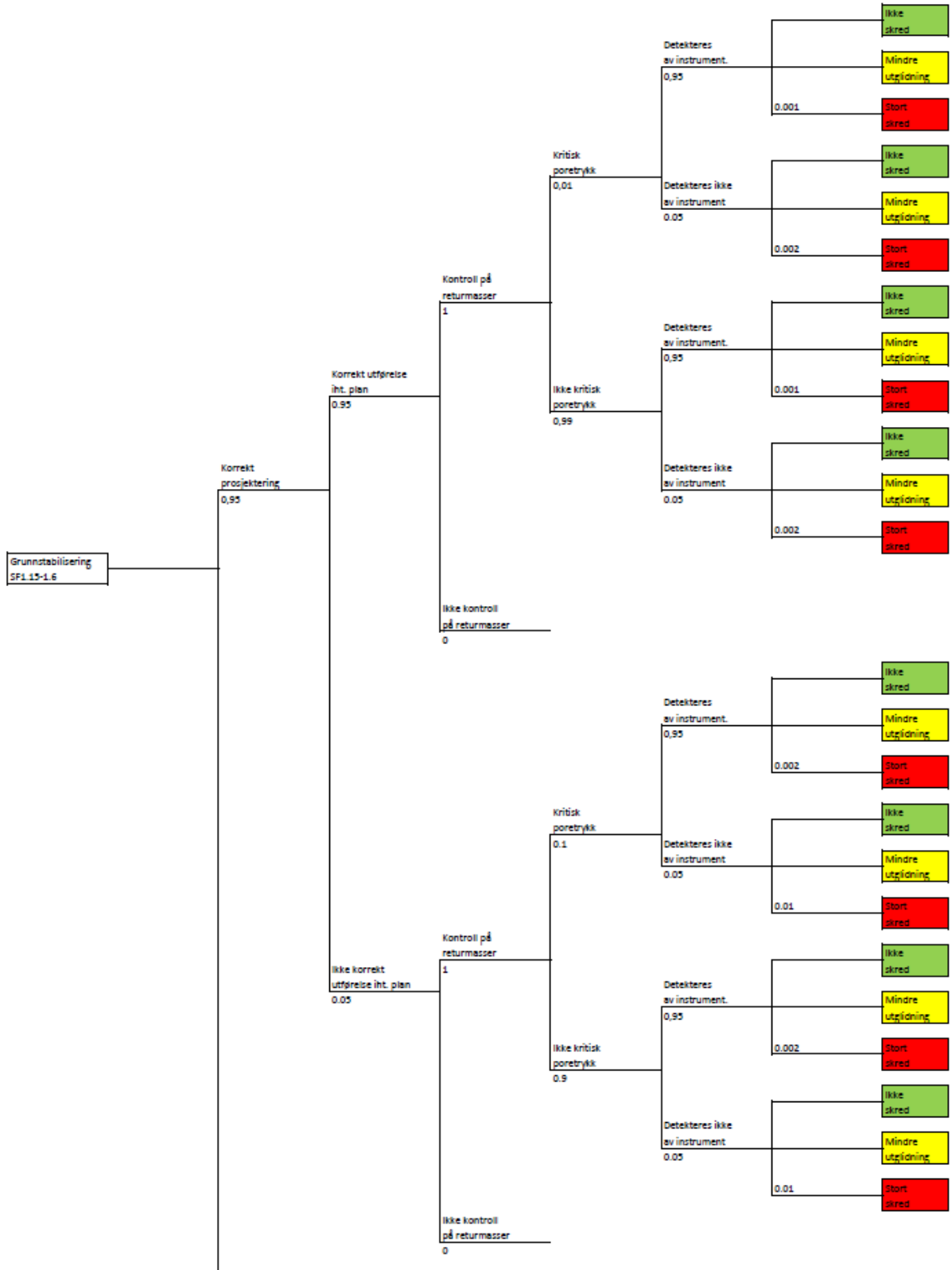


Grunnstabilisering

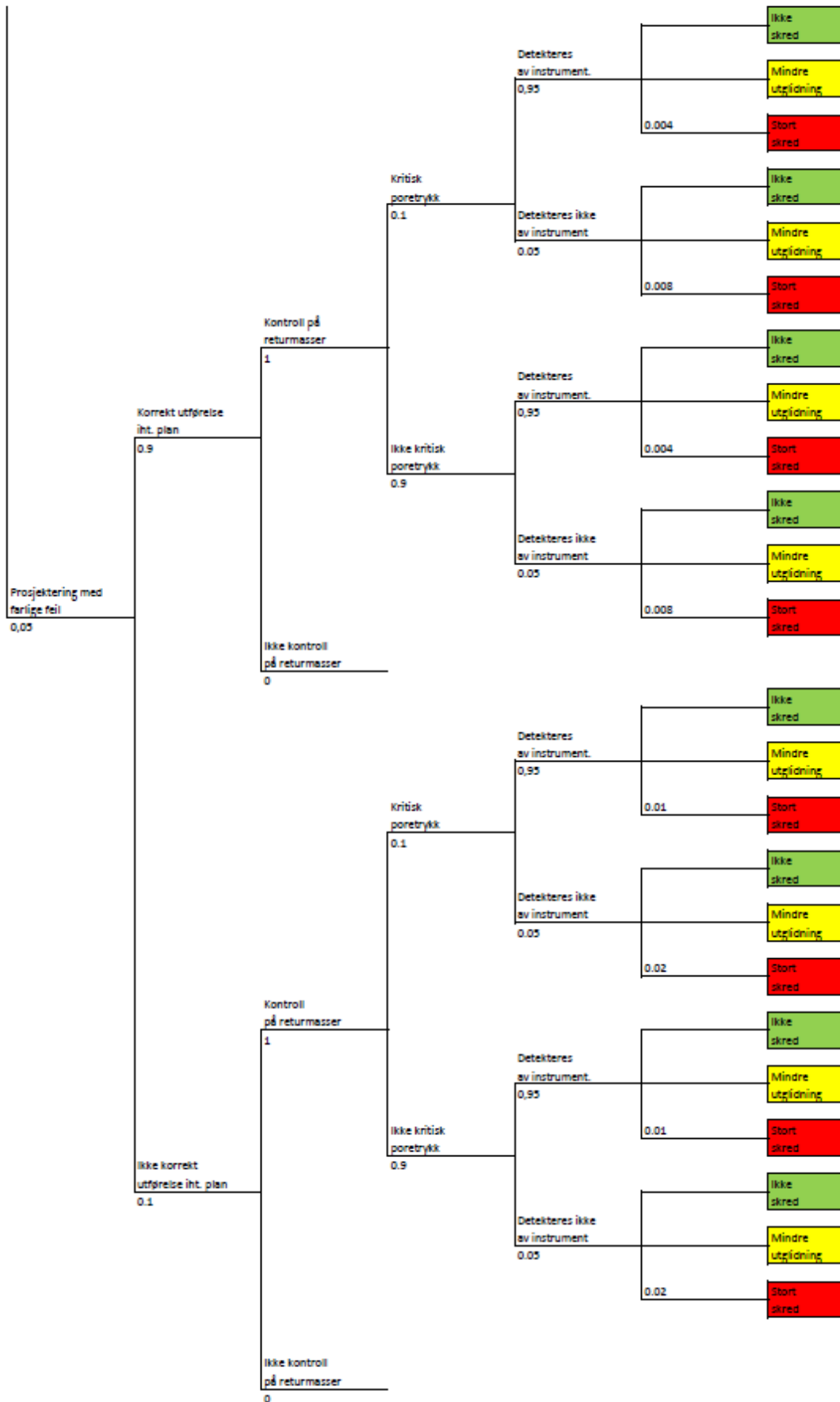


6.2 SF 1.15-1.6

Grunnstabilisering

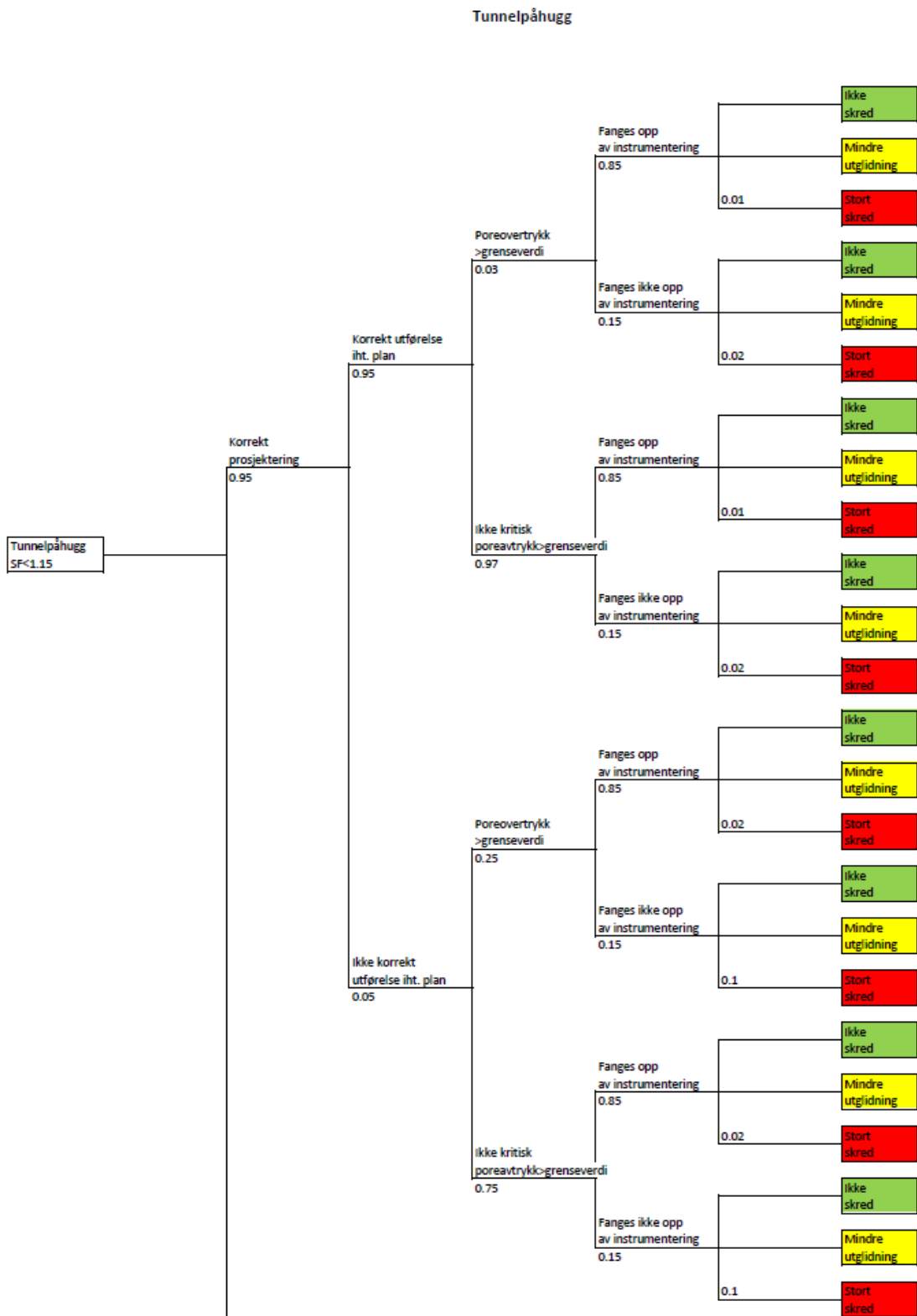


Grunnstabilisering

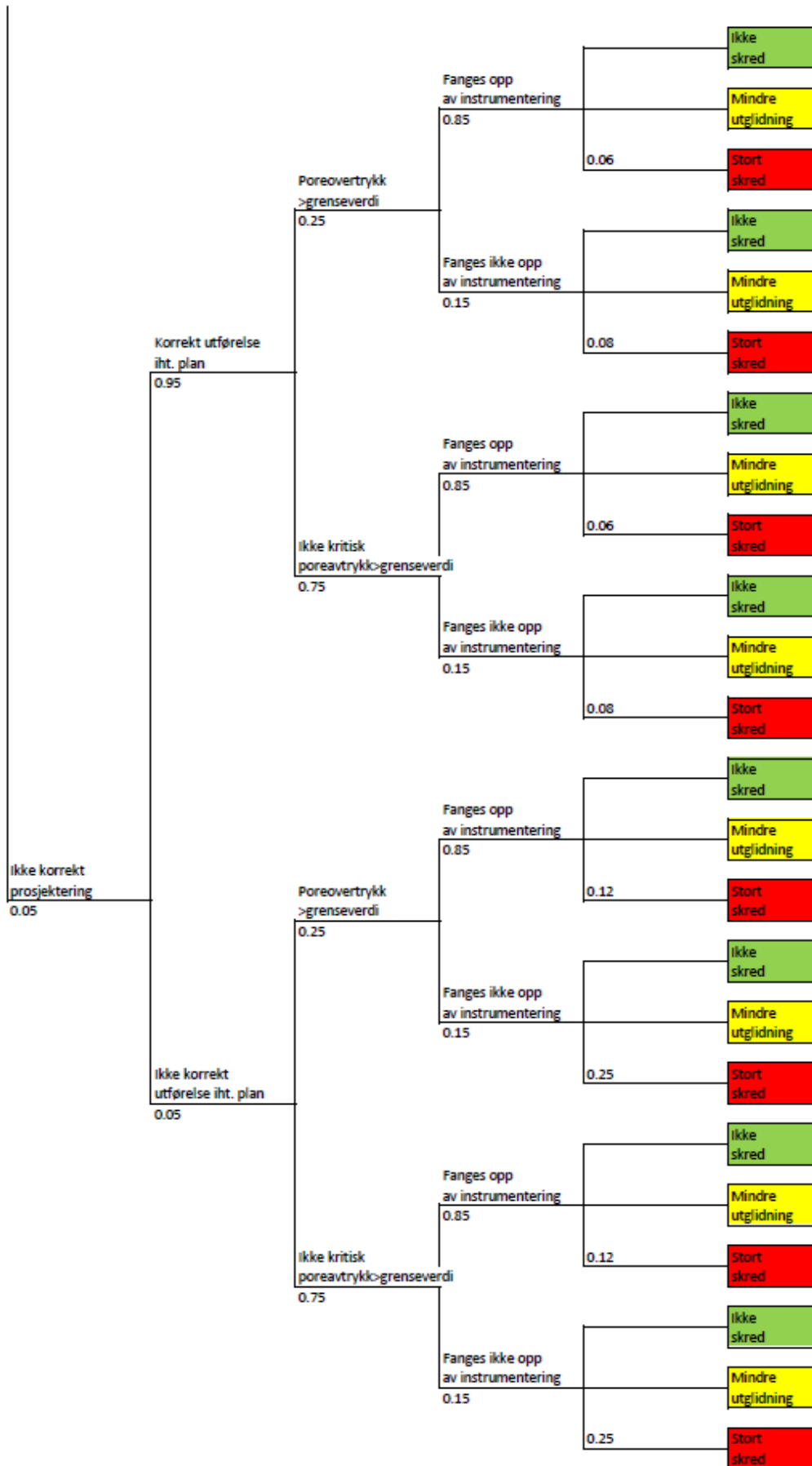


7 TUNNELPÅHUGG

7.1 SF <1.15

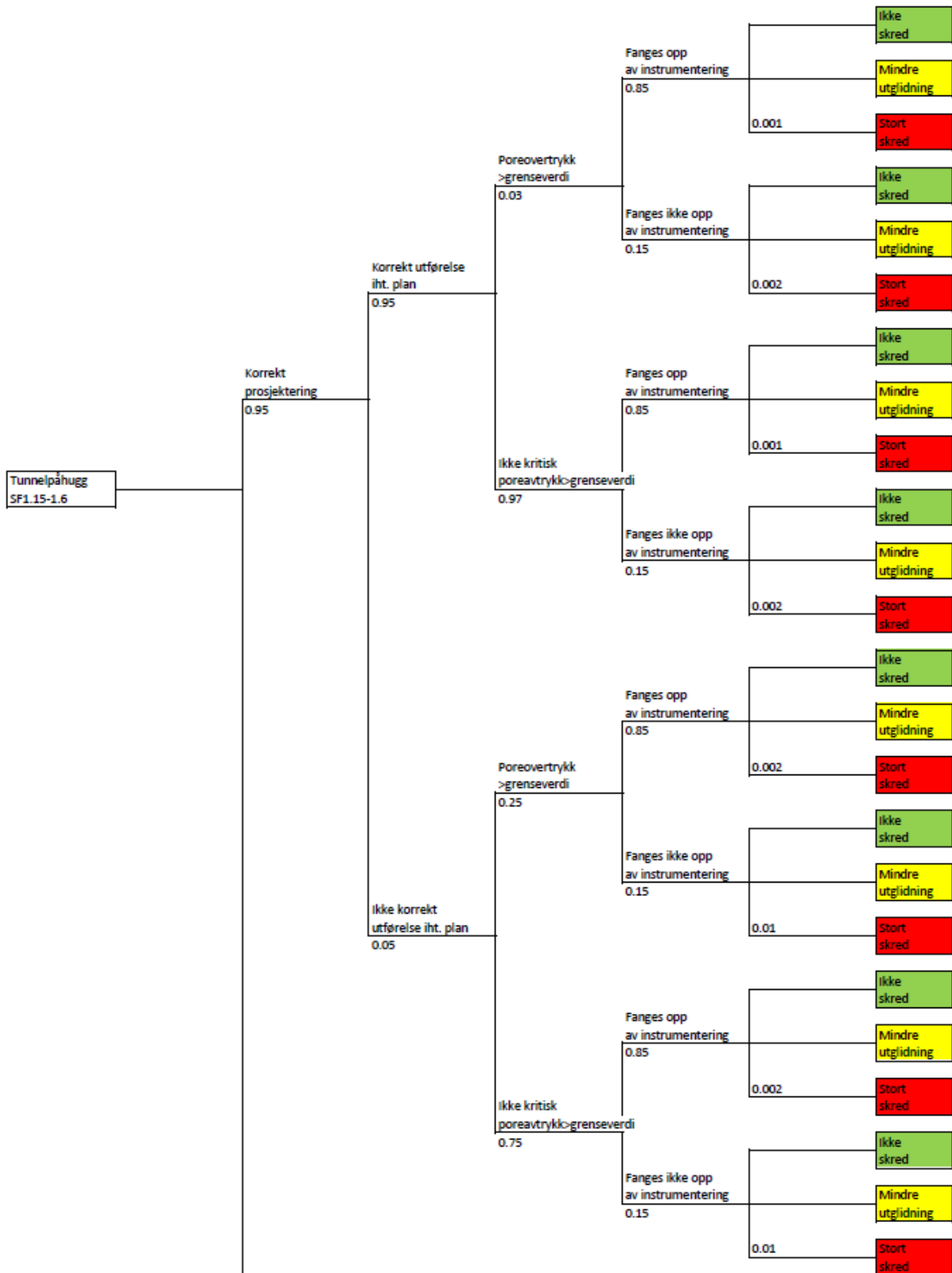


Tunnelpåhugg



7.2 SF 1.15-1.6

Tunnelpåhugg



Tunnelpåhugg

