



E6 Gyllan – Kvål

Fagrapport geoteknikk

20.03 | 23

Områdestabilitet Losen – Leberg N

Oppdragsnummer:	5207617
Oppdragsnavn:	Detaljregulering E6 Gyllan – Kvål
Dokumentnummer:	NV50E6GK-GTK-RAP-0007
Dokumentnavn:	Fagrapport geoteknikk, områdestabilitet Losen – Leberg N

Versjonsoversikt

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	20.03.2023	Til gjennomgang Nye Veier	KrRei	KnuKje	JHSve

SAMMENDRAG

Rapporten omhandler områdestabilitet for 2 faresoner for kvikkleire ved Losen og Leberg N, henholdsvis nord og sør for nordre tunnelpåhugg for Homyrkamtunnelen.

Losen vurderes til faregrad høy, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 2.

Stabilitetsberegninger viser at prosjektet vil ivareta nødvendige krav til geoteknisk stabilitet i det aktuelle kvikkleireområdet.

Leberg N vil ikke påvirkes av prosjektet, da den nye veien vil gå i tunnel forbi denne sonen.

Det anses likevel som hensiktsmessig å få meldt inn sonen som en del av prosjektet, da det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med utredninger for veiprosjektet. Det er også anbefalt rystelsesmålinger i dette området i forbindelse med tunnelspregning. Leberg N vurderes til faregrad middels, konsekvensklasse mindre alvorlig og risikoklasse 1.

INNHold

1	INNLEDNING	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Prosjektets formål og mål	5
1.3	Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål	5
1.4	Områdevurdering kvikkleire	6
2	PROSEDYRE FOR UTREDNING AV FARESONER	7
3	FORUTSETNINGER	8
3.1	Styrende dokumenter	8
3.2	Tiltakskategori	8
3.3	Krav til sikkerhet	8
3.4	Laster	9
3.5	Fylling	9
4	SONEUTREDNING FOR LOSEN	10
4.1	Kritiske skråninger og løsneområder	12
4.2	Befaring	14
4.3	Grunnundersøkelser	15
4.4	Klassifisering av faresone	16
4.5	Dokumentasjon av sikkerhet	18
5	SONEUTREDNING LEBERG N	24
5.1	Kritiske skråninger og løsneområder	26
5.2	Befaring	28
5.3	Grunnundersøkelser	29
5.4	Klassifisering av faresone	29
5.5	Dokumentasjon av sikkerhet	32
6	KONKLUSJON	33
7	REFERANSER	34

Tegningsnummer	Beskrivelse	Oppløsning
V150	Kvikkleiresone «Leberg N»	1:1500
V151	Kvikkleiresone «Losen»	1:1000

1 INNLEDNING

Nye Veier har ca. 175 km ny E6 i sin portefølje i Trøndelag. Målet til Nye Veier er å bedre trafiksikkerheten, forkorte reisetiden og styrke vekst og utvikling i landsdelen. E6 Gyllan – Kvål inngår som en del av denne store oppgraderingen av E6 gjennom Trøndelag fra Nedgård i sør (Rennebu kommune) til Asp i nord (Steinkjer kommune), som vist i Figur 1-1.



Figur 1-1 Nye Veiers portefølje i Trøndelag (Illustrasjon: Nye Veier)

1.1 Bakgrunn

E6 er hovedveien i Norge mellom nord og sør. Veien er hovedtransportåren for godstrafikk til og fra, samt gjennom Trøndelag. E6 er dessuten den viktigste persontrafikkåren for regionen. E6 Gyllan – Kvål er ca. 17 km lang og ligger i sin helhet i Melhus kommune. På strekningen er det tofelts vei med randbebyggelse gjennom tettstedene Ler og Lundamo. Årsdøgntrafikken (ÅDT) for strekningen i 2020 var mellom 8 600 og 11 400 kjøretøy. Strekninger med redusert hastighet og blandet trafikk kombinert med begrensa muligheter for forbikjøring reduserer fremkommeligheten. I perioden 2011–2020 er det registrert 34 ulykker på strekningen, hvorav åtte er påkjøring bakfra, ti er møteulykker og 12 er utforkjøringer. To personer har mistet livet og tre personer har blitt hardt skadde.

1.2 Prosjektets formål og mål

Formålet med planarbeidet er å skaffe et formelt grunnlag for erverv av grunn og bygging av ny E6 som en firefelts motorvei. Løsningene skal bidra til å oppnå målene i Nasjonal transportplan 2022–2030 [1], gjengitt i Figur 1-2.



Figur 1-2 Målene for transportsektoren fra Nasjonal transportplan (Illustrasjon: Nasjonal transportplan [1]).

1.3 Planprosess for detaljregulering med konsekvensutredning for E6 Gyllan – Kvål

Nye Veier startet en ny planprosess i 2020 med bakgrunn i et ønske om å øke den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, redusere kostnader, minimere jordbruksbeslag og redusere belastning på ytre miljø sammenlignet med gjeldende plan.

Det er i perioden 2021–2022 utarbeidet konsekvensutredning for flere alternativer på strekningen. Dimensjoneringsklasse H3, og fartsgrense 110 km/t lå til grunn for utredningen. En mulighetsstudie for fartsgrense 100 km/t inngikk også i beslutningsgrunnlaget for valg av trasé. Melhus kommune vedtok 25. oktober 2022 at alternativ 1.1A og 2.1 skulle legges til grunn for utarbeidelse av reguleringsplan på strekningen, se Figur 1-3.



Figur 1-3 Oversiktskart der alternativ som er lagt til grunn for planforslaget er vist med rød linje. Andre utredede alternativer er vist med lysere farge (Illustrasjon: Nye Veier).

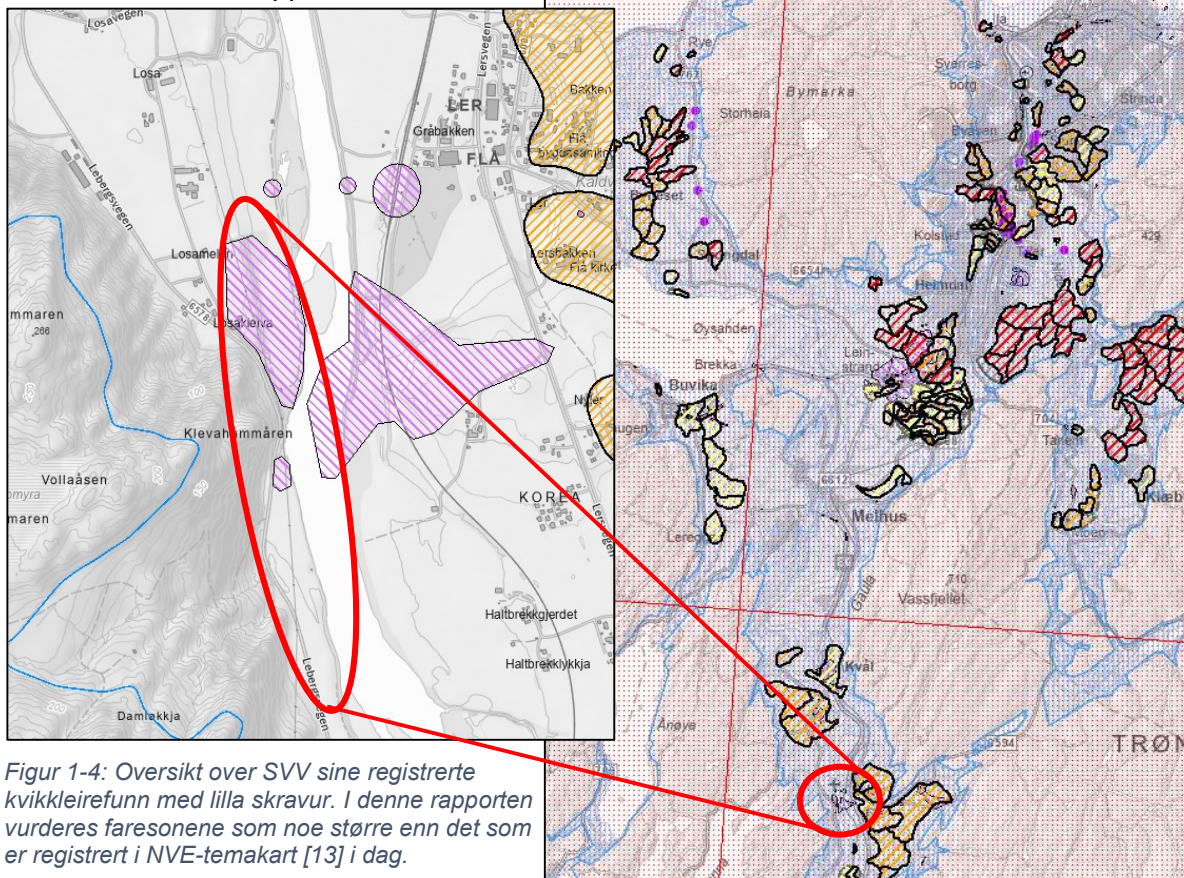
Planforslaget ligger hovedsakelig i samme trasé som gjeldende plan. De største endringene er følgende:

- Løsning og plassering av Fosskrysset.
- Løsningen på Røskaft der man unngår omlegging av jernbane og brusøyler i elv.
- Kryss på Losen/Ler er tatt ut.
- Løsningen ivaretar sikkerhet mot skred og flom bedre enn gjeldende plan.
- På deler av strekningen har E6 en høyere standard og høyere dimensjonerende fart.

1.4 Områdevurdering kvikkleire

Denne rapporten inneholder vurderinger for områdestabilitet for områder med påvist kvikkleire på strekningen Losen – Leberg N. Her er det påvist kvikkleire i 2 soner (se Figur 1-4). Faresoner for områdeskred i kvikkleire skal utredes som en del av grunnlaget for reguleringsplan på veiprojektet. Den ene sonen som kalles Losen ligger ved det nordlige tunnelutløpet for Homyrkamtunnelen (Delområde 1, Pel 13640-13900). Den andre sonen kalles Leberg N og ligger sør for Losen. De to områdene deles av en større bergblotning kalt Klevahåmmåren. Både Losen og Leberg N ligger inne i NADAG som områder med sprøbruddmateriale som Statens vegvesen (SVV) har påvist. Områdene tilfredsstiller terrengkriteriene for faresone for kvikkleire, da terrenghøyden fra elvebunn og opp på terrassen er større enn 5 meter og helningsgraden er større enn 1:20 i begge sonene.

Eventuelle andre naturfarer er ikke behandlet i denne rapporten.



Figur 1-4: Oversikt over SVV sine registrerte kvikkleirefunn med lilla skravur. I denne rapporten vurderes faresonene som noe større enn det som er registrert i NVE-temakart [13] i dag.

2 PROSEDYRE FOR UTREDNING AV FARESONER

Dette dokumentet følger NVE veileder «Sikkerhet mot kvikkleireskred» 1/2019 [2], se Tabell 2-1, og oppdatert fare- og konsekvensevaluering fra NVE ekstern rapport «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» 9/2020 [3].

Punkt 1-3 i NVE-veileder 1/2019 gjelder påvisning og avgrensning av aktsomhetsområder, mens de videre punktene gjelder utredning av faresoner.

I dette dokumentet vil det bli presentert en sonekartlegging for Losen, som ligger i det aktuelle tiltaksområdet for prosjektet, og en for Leberg N som ikke ligger innenfor prosjektets tiltaksområde. Sonevurderingen for Leberg N vil derfor ikke vurderes opp mot tiltaket, men utføres med hensikt på å registrere og synliggjøre sonen.

Innmelding av soner gjøres når uavhengig kontroll er utført på rapporter som omhandler geoteknisk prosjektering i prosjektet. Dette er en kontroll av både system, metodikk og parametervalg for stabilitetsberegninger.

Tabell 2-1: Prosedyre fra NVEs veileder 1/2019 [2] kap. 3.2.

Punkt	Krav
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.
2	Avgrens områder med mulig marin leire.
3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.
4	Bestem tiltakskategori.
5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde.
6	Befaring.
7	Gjennomfør grunnundersøkelser.
8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder.
9	Klassifiser faresoner.
10	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet.
11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser.

3 FORUTSETNINGER

3.1 Styrende dokumenter

- NVEs kvikkleireveileder 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [2]
- NVE ekstern rapport «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» 9/2020 [3].

3.2 Tiltakskategori

Tiltakskategori bestemmes ut ifra konsekvens for tiltaket ved skred. Det er angitt tiltakskategorier for ulike typer tiltak i tabell 3.2 i kvikkleireveilederen [2]. I denne tabellen står det ikke spesifikt hvilken kategori man skal legge denne type veiprosjekt. For faresonen kalt Losen er det valgt at tiltaket som er et veiprosjekt, og som skal bli en trafikkert nasjonal hovedferdselsåre i området med kvikkleire, havner i tiltakskategori K4.

For faresonen kalt Leberg N er det derimot valgt å ikke sette en tiltakskategori, da tiltaket ikke påvirkes av sonen. Formålet er å klassifisere og avgrense sonen slik at det i neste planfase er mulig å gjøre risikovurdering for sonen med hensyn til vibrasjoner fra tunneldrift ca. 150 meter inn i berget.

3.3 Krav til sikkerhet

3.3.1 Stabilitet

Kravene i NVE sin kvikkleireveileder [2] for tiltakskategori K4 er som følger:

Dersom tiltaket forverrer stabiliteten, kreves det absolutt sikkerhetsfaktor $F_{CU} \geq 1,40 \cdot f_s$ for totalspenningsanalyse, der f_s = sprøhetsforholdet på 1,15, og $F_{C\phi} \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyse.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten faller sprøhetsforholdet bort, og kravet er $F_{CU} \geq 1,40$ og $F_{C\phi} \geq 1,25$. Ved lavere sikkerhet må F_{CU} og $F_{C\phi}$ forbedres prosentvis i henhold til tabell 3.3 i kvikkleireveilederen [2].

Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/ eller bruk av lette masser.

I de fleste beregningssnitt vil krav til lokalstabilitet for veiltaket, etter Statens vegvesens regelverk [4], være gjeldende. Dette omtales i egen rapport [5].

3.3.2 Klassifisering av faresone

Faresoner klassifiseres med en faregrad og skadekonsekvens som vist i tabell 1 og tabell 2 i NVEs Ekstern rapport Nr. 9/2020 [6].

3.4 Laster

Terrengtiltakene vil i hovedsak gjelde mindre oppfyllingstiltak, dermed vil man få en tilleggslast på fyllingen. I beregningene er det også lagt til en anleggslast på 19,5 kPa ut mot kanten av fyllingen. Laster benyttet i geotekniske beregninger er omtalt i prosjektets rapport «Designbasis» med nummer NV50-E6KK-ADM-RAP-0004 [7].

3.5 Fylling

Fyllingen kommer av etablering av lokalvei forbi Klevahåmmåren i forbindelse med bygging av ny E6-trasé, der tunnelpåhugget kommer ut i nordenden av berghammeren.

4 SONEUTREDNING FOR LOSEN

Sonen Losen ligger ved det nordlige tunnelutløpet for Homyrkamtunnelen (Delområde 1, Pel 13640-13900). Statens vegvesen har tidligere registrert kvikkleirefunn i området, som er synlig med lilla skravur i NADAG. Losen er beskrevet og beregnet i Geoteknisk fagrapport. Homyrkamtunnelen N-Kvål [5].

Sprøbruddmateriale er påvist via utførte grunnundersøkelser i det aktuelle tiltaksområdet. Det medfører at offentlige regler for utredning av aktsomhetsområder og faresoner er relevant for Losen. NVE sin veileder nr. 1/2019 [2] angir punktvis prosedyre for slik utredning. Nummerering i Tabell 4-1 refererer til veilederens prosedyrebeskrivelse.

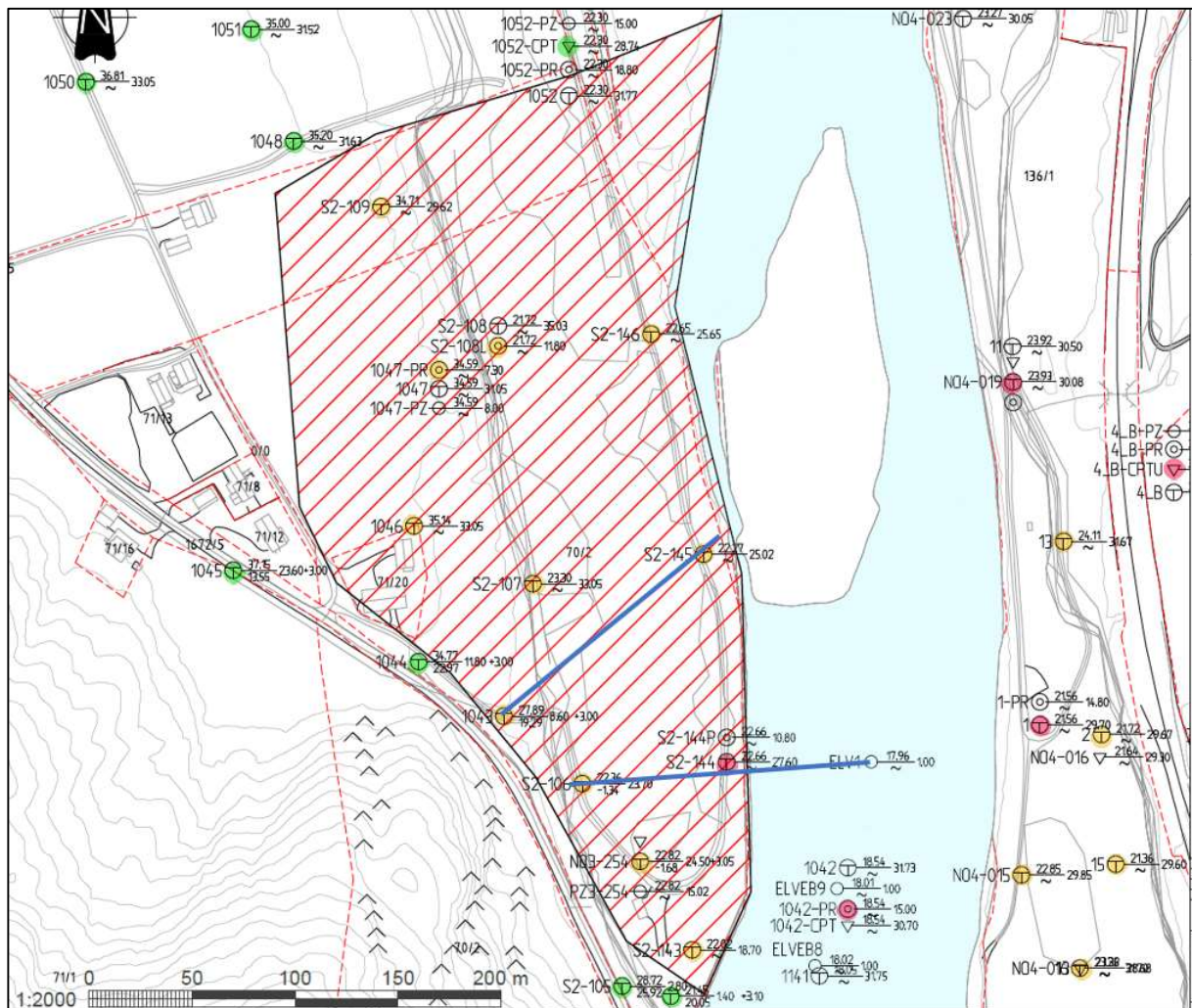
Tabell 4-1 Tabellen har samme nummerering som Tabell 3.2 i NVE veileder «sikkerhet mot kvikkleireskred», for prosedyre for utredning av områdeskredfare. (Kilde: Norconsult)

Punkt	Krav (forkortet)	Beskrivelse
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er ingen registrerte kvikkleiresoner i det aktuelle området, ifølge NVEs temakart for kvikkleire [8]. Nærmeste registrerte kvikkleiresone er 449 Forset, 450 Botn, 451 Flå Krk, 453 Eggen og 455 Helgamo. Alle disse, unntatt 449 Forset, ligger på motsatt side av elva Gaula. 449 Forset ligger ca. 2 km lengre nord for delområde 1. Statens vegvesen har registrert et kvikkleireområde basert på funn i sine grunnundersøkelser, men det er ikke utført en soneutredning.
2	Avgrens områder med marine avsetninger	Hele delområdet 1 ligger under marin grense ifølge NVEs temakart [8].
3	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred	Området er ikke et registrert/kartlagt aktsomhetsområde, men området er under marin grense. Grunnundersøkelser har avdekket forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale og mulig sprøbruddmateriale i flere posisjoner i det aktuelle tiltaksområdet. Tegning V151 og Figur 4-1 viser hvor det er påvist eller potensielt kan være sprøbruddmateriale (i henholdsvis rød og gul fargekode), samt undersøkte posisjoner hvor det ikke er påvist sprøbruddmateriale (grønn fargekode). I samme kart er det også skissert en avgrensing av område med terreng som kan være utsatt for områdeskred. Aktsomhetsområdet avgrenses mot berg for sør-vestlig del av den foreslåtte sonen. a) For et valgt kritisk snitt (gjennom borposisjon S2-106, S2-144 og ELV1) er total

		skråningshøyde ved elvebredden målt til å være ca. 6,6 meter, og terrenghelningen er større enn 1:20. Løsmassetykkelsen er noe varierende. I det undersøkte området varierer løsmassetykkelsen fra 1,4 meter helt i sør til over 30 meter lengre nord. b) Det skisserte aktsomhetsområdet avgrenses i sør, vest og nord av boringer hvor det ikke er påvist sprøbruddmateriale. I sørlig del er den også avgrenset mot berg. Mot øst avgrenses sonen mot elva Gaula. Terrenget heller ned mot elven, og potensielt utløpsområde vurderes som avgrenset med samme skravur som vist i tegning V151.
--	--	---

4.1 Kritiske skråninger og løснеområder

Utbredelsen av sonen er vurdert ut ifra totalsonderinger og enkelte prøveserier, se Figur 4-1. Hele sonen vurderes å være potensielt løснеområde. Det er skråningen fra elvebredden og ned til elvebunn som anses som kritisk og potensielt utløsende faktor for sonen. De flate elveslettene langs elva er innenfor aktsomhetsområde for flom. Ny vei ligger flomsikkert, kritisk last og snitt ut mot elva er vurdert tilknyttet endringer på lokalvei. Beregninger er gitt i kapittel 4.5 Dokumentasjon av sikkerhet.



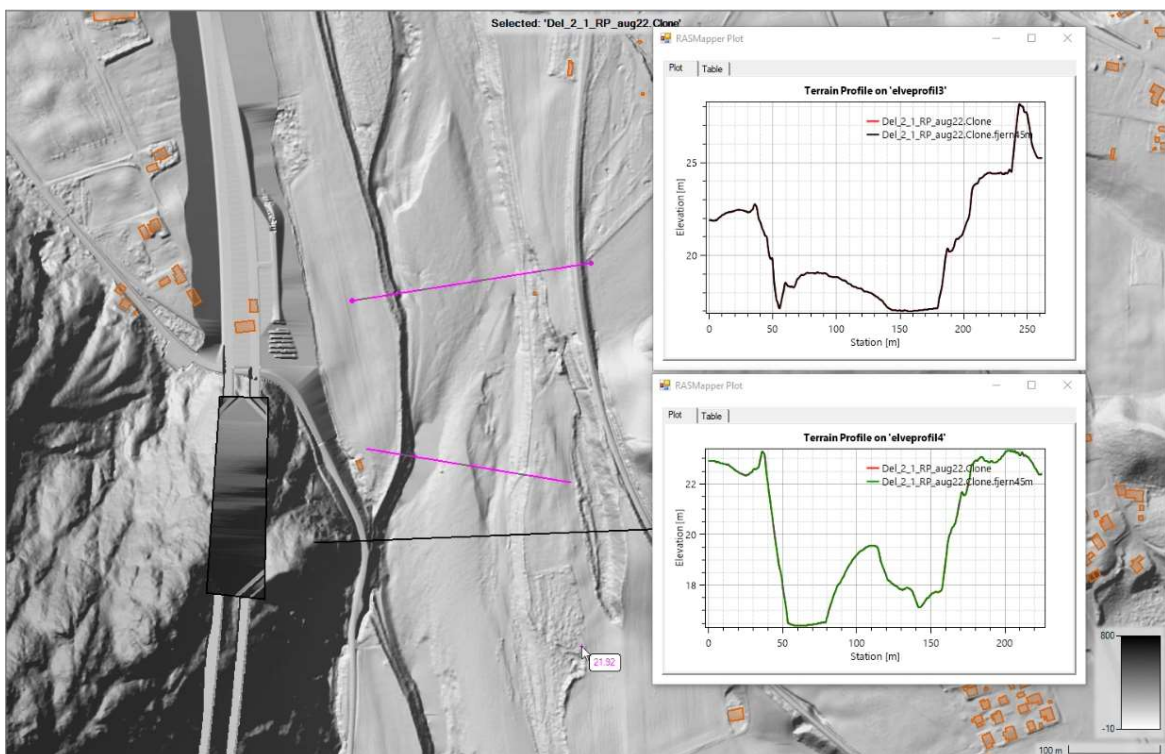
Figur 4-1 Utsnitt av Tegning V151 inkl. profiler som er vurdert i forbindelse med områdeskredvurderingen, inntegnede snitt i blått. (Kilde: Norconsult)

Ifølge NVE-atlas [9] ligger det en erosjonssikring fra 1939 og 1949 langs elva. Basert på bilder fra norgeibilder.no [10] har denne sikringen hatt stor innvirkning på elvas utbredelse, se Figur 4-2.



Figur 4-2: T.v. ser man et bilde fra 1947 og t.h. et bilde fra 2021, fra norgebilder.no [10]

Man kan se av bildene at elvas utbredelse er kraftig redusert etter at erosjonssikringstiltakene var gjennomført. Men når man ser på ferske innmålinger av elvebunnen kan man se tendenser til at elva har begynt å erodere/undergrave erosjonssikringen, se Figur 4-3. Det foreligger ingen sikre innmålinger på hvor dypt erosjonssikringen ligger, men hydrologiske vurderinger tilsier at begge profilene (tatt vilkårlig i elva) kan ha typisk undergraving av sikringen langs elvebredden ved Losen.



Figur 4-3: To vilkårlige snitt over elva, med oppdaterte dybdekart, viser en tendens på typisk undergraving av erosjonssikring langs elvebredden ved Losen (Kilde: ???).

4.2 Befaring

Området er befart gjennom prosjektperioden, både for vannmiljø, plan og geoteknikk. Bilde 4-1 viser del av elvebredden.



Bilde 4-1: Bilde fra elvebredden ved Losen tatt oppstrøms mot sør. (Foto: Norconsult)



Figur 4-4: Ca. plassering for hvor Bilde 4-1 ble tatt fra. (Kilde:??)

Det vurderes ellers at det er god kontroll på terreng ut fra høydemodeller av land og elvebunn som brukes i prosjektering av veien.

4.3 Grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser i området for denne delstrekningen for andre tidligere traséalternativer. Multiconsult og Statens vegvesen utførte grunnundersøkelser i 2014, og disse utgjør stor grad en god del av vårt grunnlag. Norconsult har utført grunnundersøkelser for arbeider med ny trasé og supplert med spissede grunnundersøkelsesmetoder der det er funnet hensiktsmessig. For oversikt over de utførte og relevante grunnundersøkelsene langs denne delstrekningen henvises det til Norconsults geotekniske datarapport [11]. Tidligere geotekniske grunnundersøkelser og vurderinger oppsummeres i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Oversikt over tidligere grunnundersøkelser og vurderinger ved Losen.

Rapport nr.	Utførende	Oppdragsnavn	Datert
416746-RIG-RAP-003	Multiconsult AS	Datarapport grunnundersøkelser tverrforbindelse Losen - Ler	16. oktober 2015 /00
416746-RIG-RAP-004	Multiconsult AS	Geoteknisk vurdering tverrforbindelse Losen – Ler	15. mars 2016 /01
416746-RIG-RAP-005	Multiconsult AS	Datarapport grunnundersøkelser Losen – Kvål sør	2. november 2015 / 01
416746-RIG-RAP-006	Multiconsult AS	Geoteknisk vurdering Losen – Kvål sør	16. mars 2016 / 01
416746-RIG-RAP-010	Multiconsult AS	Vurdering av omradestabilitet for kvikkleiresonene Flå kirke, Ler, og Losen	25. februar 2016 / 01
NV50E6GK-GTK-RAP-0001	Norconsult AS for Nye Veier AS	E6 Korporalsbrua – Prestteigen og E6 Gyllan - Kvål	13.08.2021

4.3.1 Aktuelle skredmekanismer og utløpsområder

Aktuell skredmekanisme er at en får et rotasjonsbrudd i foten av skråningen forårsaket av lokal erosjon og deretter et retrogresivt brudd. Det er små høydeforskjeller og grunnundersøkelsene viser relativt like avsetninger, men med noe variasjon i styrke på leiravsetningene. Det er flatt innover elvesletta, noe som minimerer en eventuell risiko for flaskred. Rotasjonsskred kan også være aktuell skredmekanisme i vestre del av sonen, eventuelt forårsaket av anleggsvirksomhet. Kvikkleiren ligger dypt i vestre del. Terreng et planlegges betydelig avlastet, men uten graving ned i kvikkleire. Tiltak er ytterligere beskrevet i fagrapport for delstrekningen Homyrkamtunnelen N-Kvål [5].

4.4 Klassifisering av faresone

Tabell 4-3 og Tabell 4-4 nedenfor viser faregrad høy og konsekvensklasse alvorlig, som igjen gir risikoklasse 2. Faregraden er høy spesielt pga. poreovertrykk, kvikkleiremektighet og erosjon. Konsekvensklassen er alvorlig pga. nærliggende bebyggelse og høy ÅDT. Et skred kan potensielt gå inn til E6 og man vil da måtte stenge en nasjonal hovedferdselsåre frem til nedsiden er stabilisert og sikret. Det vurderes likevel mer sannsynlig at kun lokalvei vil bli berørt, uten at en slik avgrensning kan gjøres sikker. Dette grunngis ved at sannsynlig punkt for et initialskred vurderes å være helt i sør av sonen, og avstand fra dette punktet til ny E6 mot nordvest blir betydelig.

Tabell 4-3: Faregradsvurdering (Kilde: Norconsult)

Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Ingen tegn til skredaktivitet i henhold til NVE-atlas, eller i NGUs løsmassekart og kart med lidar-data skyggerelieff fra høydedata.	Ingen	0	1	0
Skråningshøyde (m)	Høydeforskjell fra bunnen av elva og opp på elvebredden er ca. 6,6 meter.	Ingen	0	2	0
Forkonsolidering	Antatt overkonsolidert leire, basert på ødometerforsøk, som tilsier at tidligere terrengnivå har ligget på ca. kote +80 til +90. Dagens terreng er ca. på kote +30.	Ingen	0	2	0
Poretrykk	Det er utført poretrykksmåling tre steder i sonen, der PZ3-254 viser et overtrykk på 40 kPa i leira.	Høy	3	3	9
Kvikkleiremektighet	Mektigheten på kvikkleirelaget antas å være >20 meter. Høydeforskjell fra bunnen av elva og til punkt S2-144 oppe på elvebredden i faresonen er ca. 6,5 m. Dette gir mektighet $<H/2$.	Høy	3	2	6
Sensitivitet	Sensitiviteten varierer mye i det aktuelle området. Høyeste målte sensitivitet er 207 kPa.	Høy	3	1	3
Erosjon	Det er et elvestryk forbi den aktuelle sonen. Elvebredden har en gammel erosjonssikring fra 1939 og 1949, som ser ut til	Noe	2	3	6

	å holde erosjonspotensialet relativt lavt. Man ser tendenser til undergraving av erosjonssikringen.				
Inngrep	Det skal etableres en fylling i toppen av beregnet profil, denne fyllingen vil påvirke de drivende kreftene. Så selve fyllingen vil gi en forverring av stabiliteten, men liten grad da terrenget flater ut over 70 meter før elvebredden.	Lav	1	3	3
Total poengsum					27
Prosent av maks					52,9%
Sist oppdatert	19.01.2023				

Tabell 4-4: Evaluering av skadekonsekvens (Kilde: Norconsult)

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	6 eneboliger.	Spredt >5	2	4	8
Næringsbygg	1 næringsbygg/ gård. Nord for sonen.	<10	1	3	3
Annen bebyggelse	Garasjer ved boligene anses som del av en bolig.	Ingen	0	1	0
Veier	ÅDT for nyveien er 8600-11400.	>5000	3	2	6
Toglinje	Ingen	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Det går en trase klassifisert som distribusjonsnett gjennom sonen.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning og flodbølge	Oppdemming har miljøkonsekvens, men et brudd vil neppe demme opp mer enn 200-års flom. Sannsynligvis vil det demmes opp utover elvesletta slik at man får utvasking av materiale relativt fort.	Liten	1	2	2
Total poengsum					21
Prosent av maks	20.01.2023				46,7%

Risikoklasse = faregrad x skadekonsekvens = 27 x 21= 567 → Risikoklasse 2

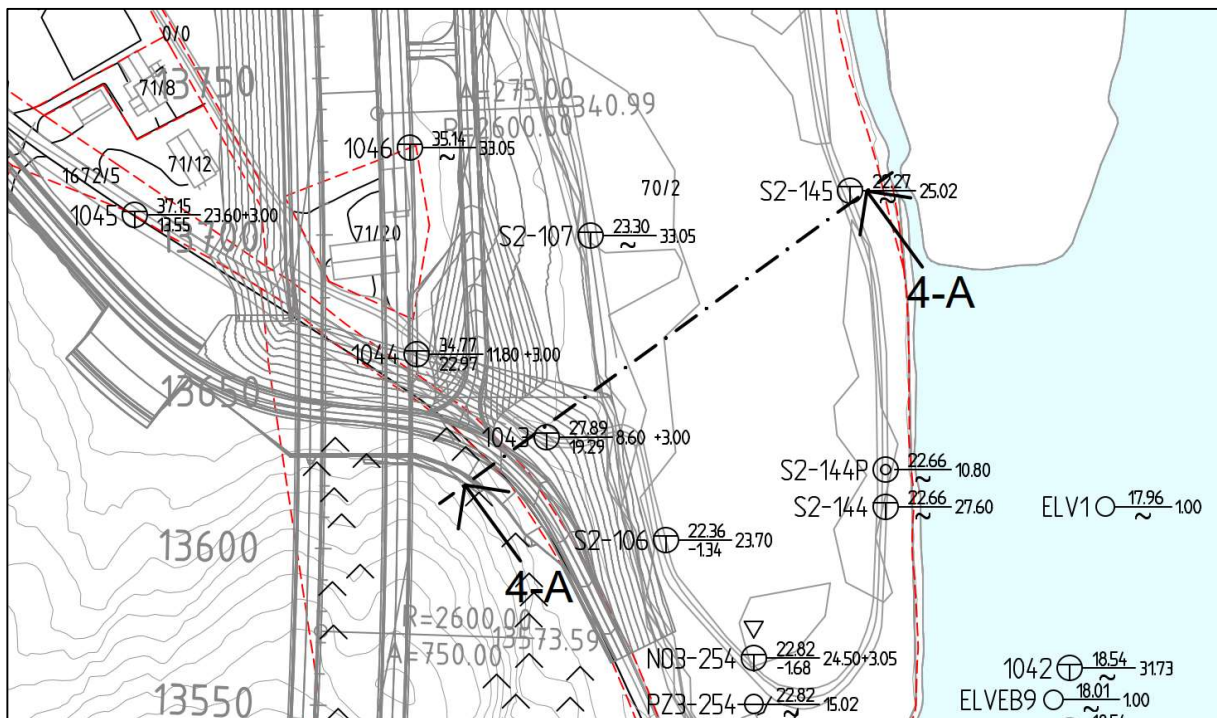
4.5 Dokumentasjon av sikkerhet

Stabilitet og dokumentasjon av sonene både for dagens situasjon og ny situasjon er dokumentert i Geoteknisk fagrapport. Homyrkamtunnelen N – Kvål [5].

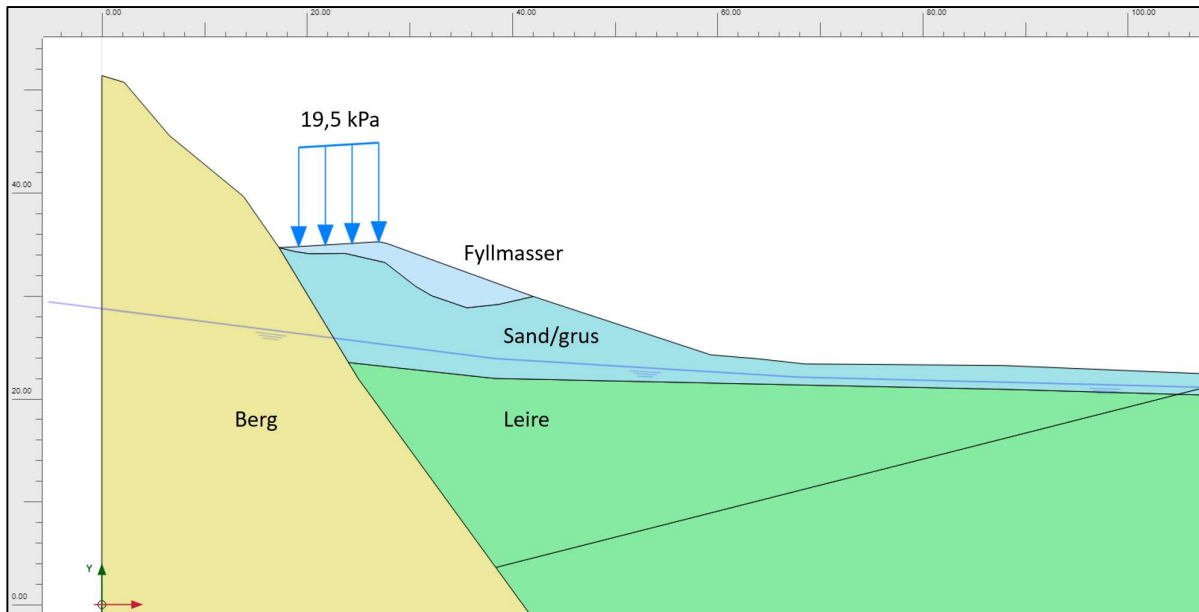
I og med at lokalveien heves forventes det at ny situasjon vil forverre stabiliteten. Det vil da kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,40 \cdot f_s$ for totalspenningsanalyse, der f_s = sprøhetsforholdet på 1,15, og $F_{c\phi} \geq 1,25$ for effektivspenningsanalyse.

4.5.1 Stabilitetsberegninger profil 4-A

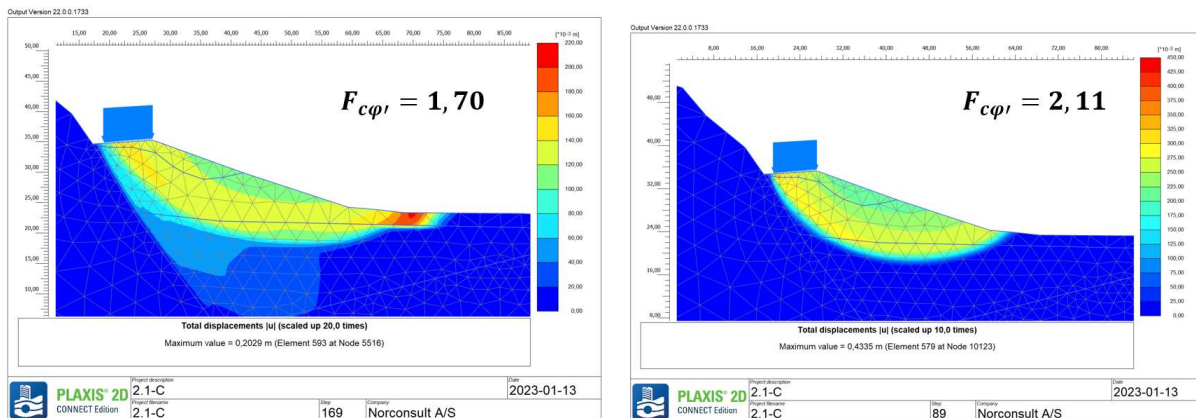
Det er gjort stabilitetsberegninger i et profil fra Lebergsvegen og i østlig retning mot Gaula, se Figur 4-5 for plassering. Det er registrert et overtrykk i PZ3-254 på 40 kPa i leira som er hensyntatt i beregninger. Figur 4-6 viser tolket lagdeling i profilet og Figur 4-7 bruddmekanisme i sikkerhetsfasen. Stabilitet er beregnet til $F_{cu} = 2,11$ og $F_{c\phi} = 1,70$ og den er dermed over kravet.



Figur 4-5: Plassering av beregningsprofil 4-A (Kilde: Norconsult).



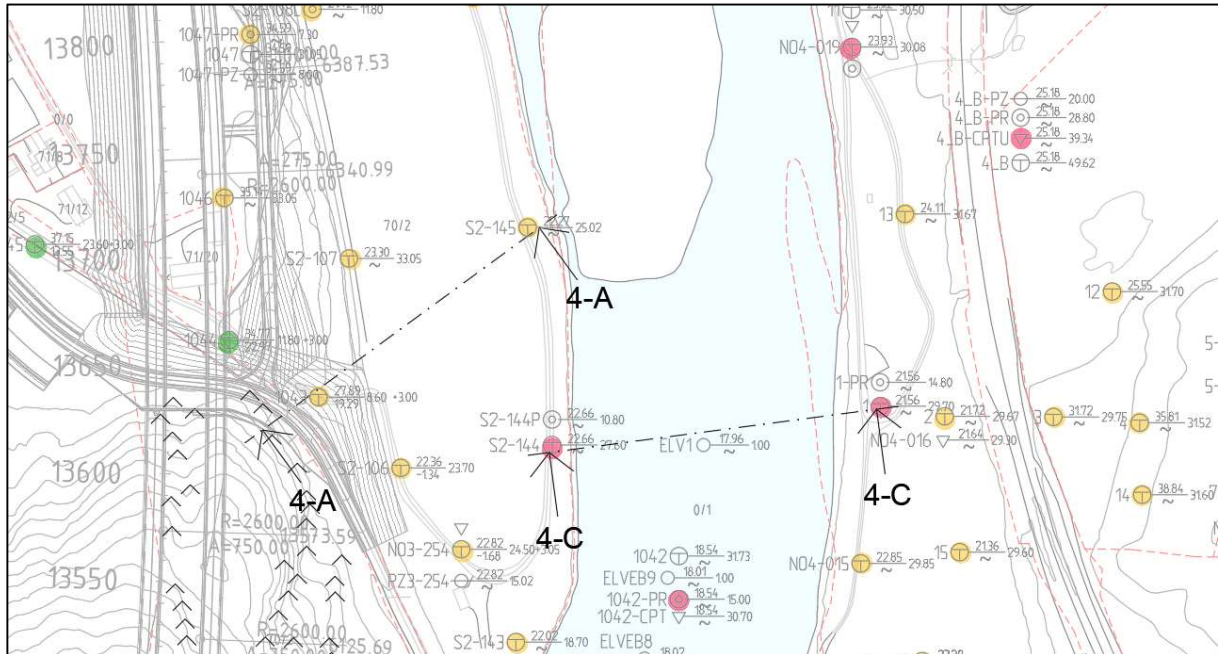
Figur 4-6: Beregningsprofil 4-A. Lagdeling. Grunnvannet viser globalt nivå, mens det for leire er modellert et grunnvannsspeil fire meter over dette. (Kilde: Norconsult)



Figur 4-7: Profil 4-A. Bruddfigur for kritisk skjærflate. Drenert beregning til venstre og udrenert til høyre. (Kilde: Norconsult)

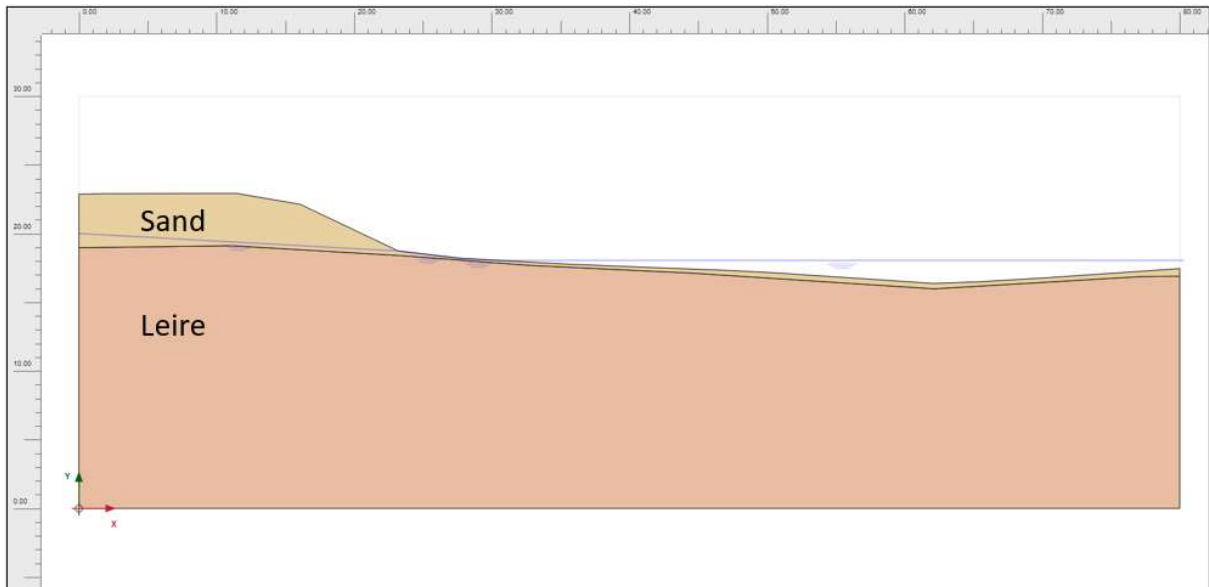
4.5.2 Stabilitet Losen kvikkleiresone (Profil 4-C)

I forbindelse med utredning av Losen kvikkleiresone er det gjort stabilitetsberegninger for å undersøke behov for eventuelle tiltak. Plassering av snitt er vist i Figur 4-8.



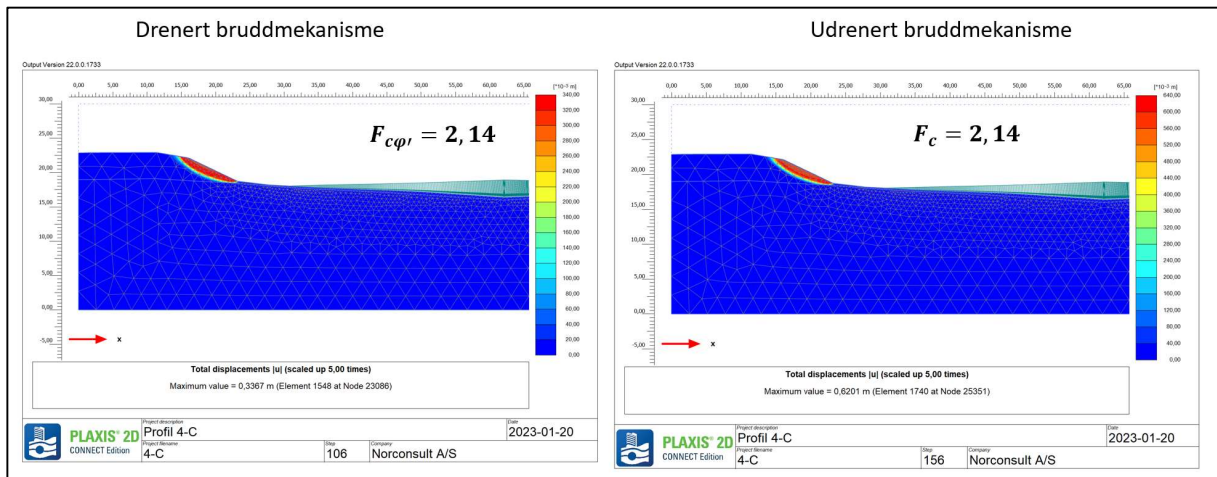
Figur 4-8: Utklipp fra tegning V041 som viser plassering av beregningssnitt 4-C. Røde punkter viser påvist kvikkleire/sprøbrudd. Gult viser antatt kvikkleire/sprøbrudd og grønt viser punkter uten sprøbrudd/kvikkleire. (Kilde: Norconsult)

Lagdeling og beregningsmodellen er vist i Figur 4-9. Poretrykksmåler i PZ3-254 viser et artesisk poreovertrykk i leira tilsvarende 40 kPa i dybde 8 og 15 meter over det som er antatt grunnvannsnivå. Denne poretrykksmåleren ligger rett nedenfor en skråning og høydedraget/berghammeren i vest, så det er antatt at dette overtrykket ikke er like høyt ved og i Gaula. Grunnvannet (globalt nivå) er antatt å ligge i overgangen mellom leire og sand. I leira er det skjønnsmessig valgt å modellere et grunnvann som ligger 2 meter over det globale nivået.



Figur 4-9: Lagdeling og grunnvann, beregningsprofil 4-C (Kilde: Norconsult).

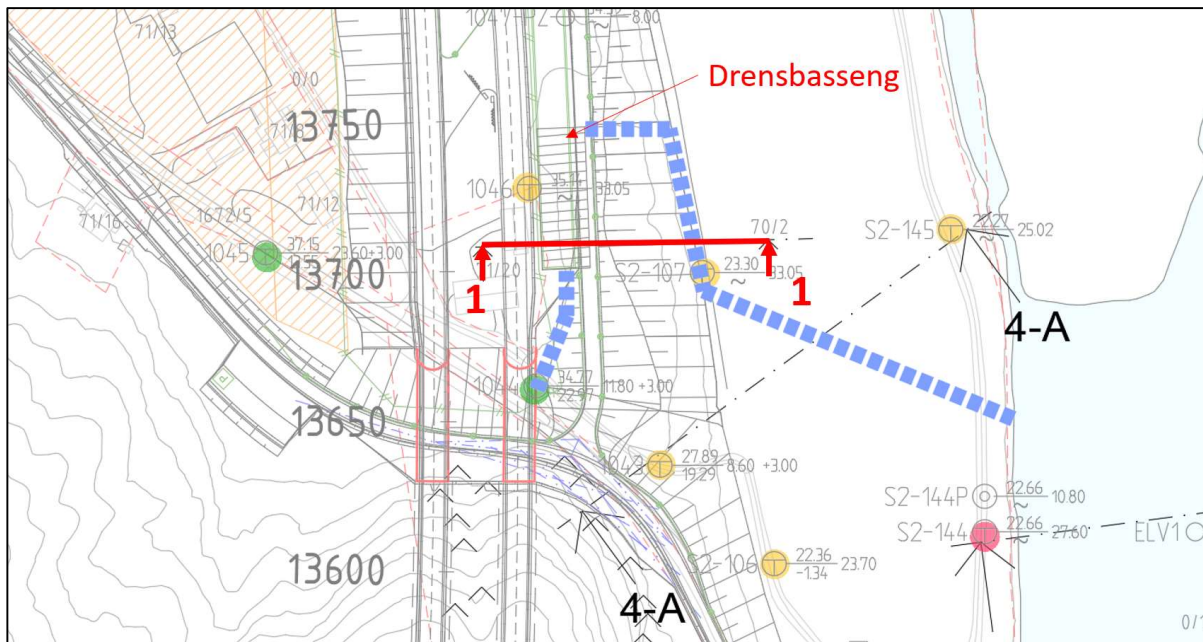
Resultater fra stabilitetsberegningene viser høy sikkerhetsfaktor, godt over kravene. Stabiliteten er beregnet for både total- og effektivspenningsbasis. Kritisk skjærflate går gjennom topplaget av sand/grus, som er modellert med drenerte parametere. Laveste sikkerhetsfaktoren er derfor lik for de to analysene. Figur 4-10 viser et fargeplot av bruddmekanismen. Det vurderes at det ikke er behov for tiltak i forbindelse med kvikkleiresonen.



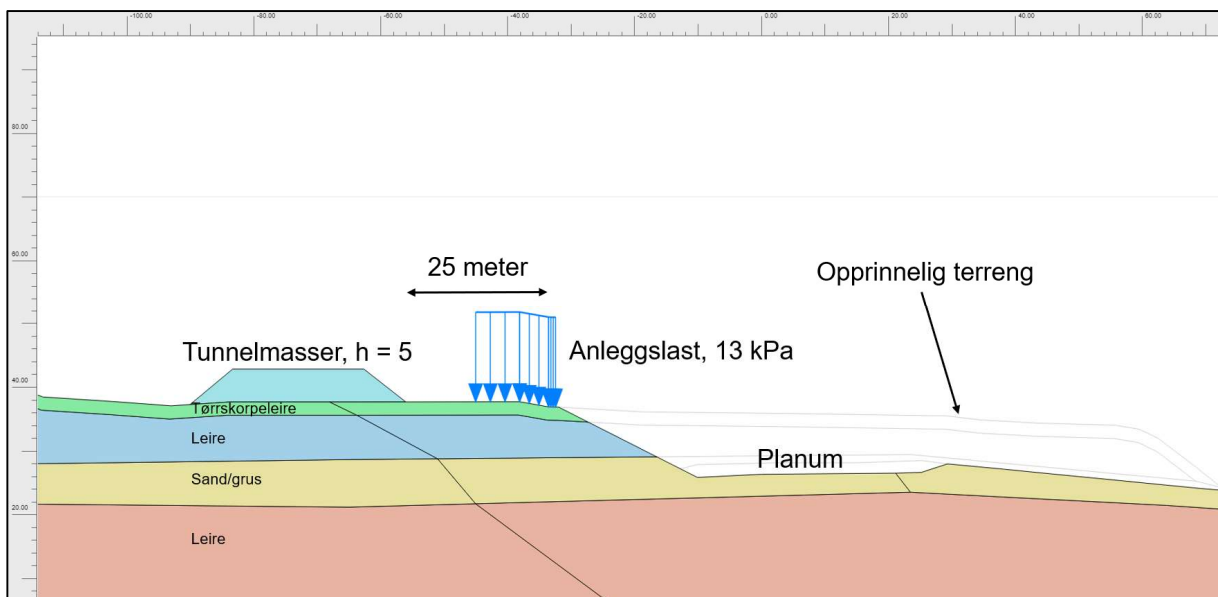
Figur 4-10: Profil 4-C. Bruddfigur for kritisk skjærflate. Drenert beregning til venstre og udrenert til høyre (Kilde: Norconsult).

4.5.3 Stabilitetsberegninger, P13670

Det er utført stabilitetsberegninger for å undersøke effekten en eventuell mellomlagring av tunnelmasser vil ha på skjæringen. Massene vil kun være til stede under anleggsperioden og det er antatt en høyde på maksimalt 5 meter. Et utklipp fra plasseringen av beregningsprofilen er vist i Figur 4-11 og beregningsmodellen fremgår av Figur 4-12.

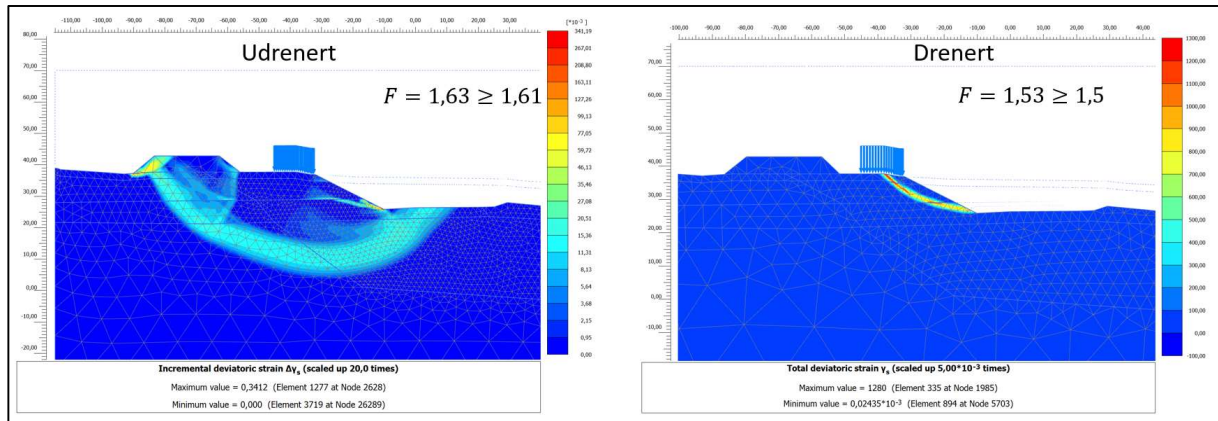


Figur 4-11: Utklipp fra NV50E6GK-GTK-RAP-0004 Geoteknisk fagrapport. Homyrkamtunnelen N – Kvål [5], som viser plassering av beregningsprofil markert med rødt: 1-1 (Kilde: Norconsult).



Figur 4-12: Beregningsmodell P13670 ved riggområdet med tunnelmasser, utklipp fra PLAXIS-modell (Kilde: Norconsult)

For udrenerte forhold går skjærsirklene dypt og på grunn av at det er funnet leire med kvikke egenskaper i det dypeste laget (i punkt S2-108) er det krav om å dokumentere stabilitet $F_c \geq 1,61$. For drenerte forhold går bruddet i beregninger gjennom tørrskorpen og topplaget av leire og sand/grus-laget. Poretrykksmålere i topp av skråning står til 8 meters dybde og viser tørre rør. Vi har tatt utgangspunkt i nøytral bruddform, som gir krav til sikkerhetsfaktor $F_{\varphi c} \geq 1,5$. Beregnede sikkerhetsfaktorer for henholdsvis udrenerte og drenerte forhold er $F=1,63$ og $1,57$ som er tilfredsstillende, se Figur 4-13.



Figur 4-13: Profil P5550. Skjærtøyninger i sikkerhetsfase. Udrenert beregning til venstre, drenert til høyre (Kilde: Norconsult)

5 SONEUTREDNING LEBERG N

Sonen Leberg N ligger sør for Losen og de to sonene skilles av en større bergblotning kalt Klevahåmmåren. Statens vegvesen har tidligere registrert kvikkleirefunn helt nord i området, som er synlig med lilla skravur i NADAG. Leberg N er beskrevet og vurdert i Geoteknisk fagrapport. Homyrkamtunnelen N – Kvål [5].

Sprøbruddmateriale er påvist via utførte grunnundersøkelser i det aktuelle tiltaksområdet. Det medfører at offentlige regler for utredning av aktsomhetsområder og faresoner er relevant for Leberg N. NVE sin veileder nr. 1/2019 [2] angir punktvis prosedyre for slik utredning. Nummerering i Tabell 4-1 refererer til veilederens prosedyrebeskrivelse. Unntaket for denne sonen er at det ikke påvirker prosjektet/tiltaket, men det vurderes som hensiktsmessig at sonen meldes inn med tanke på neste planfase. Det må da utføres en risikovurdering for sonen med hensyn til vibrasjoner fra tunneldrift ca. 150 meter inn i berget.

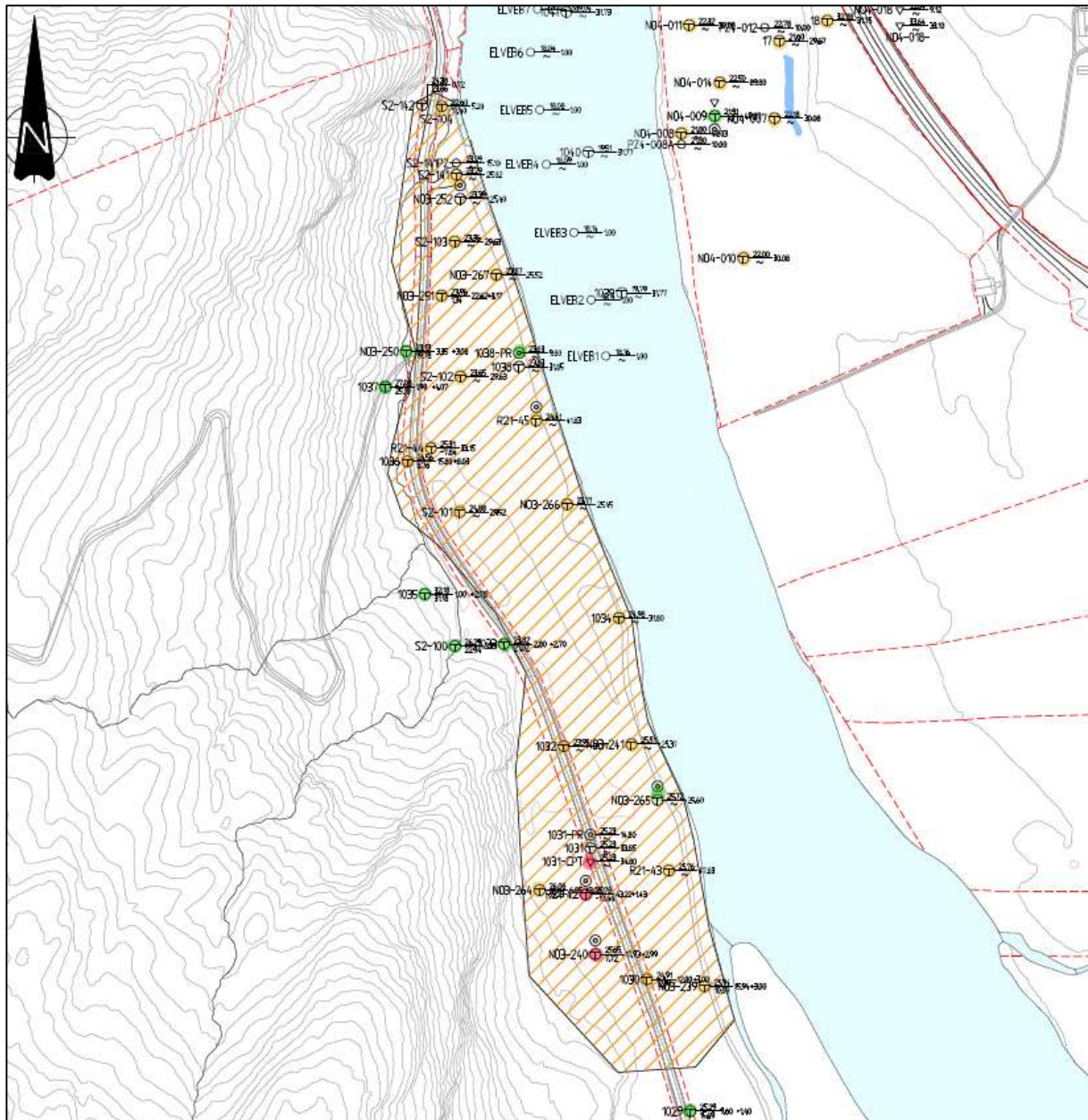
Tabell 5-1 Tabellen har samme nummerering som Tabell 3.2 i NVE veileder «sikkerhet mot kvikkleireskred», for prosedyre for utredning av områdeskredfare. Kilde: Norconsult)

Punkt	Krav (forkortet)	Beskrivelse
1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er ingen registrerte kvikkleiresoner i det aktuelle området ifølge NVEs temakart for kvikkleire [8]. Nærmeste registrerte kvikkleiresone er 449 Forset, 450 Botn, 451 Flå Krk, 453 Eggen og 455 Helgamo. Alle disse, unntatt 449 Forset, ligger på motsatt side av elva Gaula. 449 Forset ligger ca. 3,5 km lengre nord. Statens vegvesen har registrert et kvikkleireområde basert på funn i sine grunnundersøkelser, men det er ikke utført en soneutredning.
2	Avgrens områder med marine avsetninger	Hele delområdet 1 ligger under marin grense ifølge NVEs temakart [8].
3	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilsier mulig fare for områdeskred	Området er ikke et registrert/kartlagt aktsomhetsområde, men området er under marin grense. Grunnundersøkelser har avdekket forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale og mulig sprøbruddmateriale i flere posisjoner i det aktuelle tiltaksområdet. Tegning V150 og Figur 5-1 viser hvor det er påvist eller potensielt kan være sprøbruddmateriale (i henholdsvis rød og gul fargekode), samt undersøkte posisjoner hvor det ikke er påvist sprøbruddmateriale (grønn fargekode). I samme kart er det også skissert en avgrensing av område med terreng som kan være utsatt for områdeskred. Aktsomhetsområdet

		avgrenses mot berg for sør-vestlig del av den foreslåtte sonen. a) For et valgt kritisk snitt gjennom borposisjon 1031 og NO3-265 er total skråningshøyde ved elvebredden målt til å være ca. 9 meter, og terrenghelningen er større enn 1:20. Løsmassetykkelsen er noe varierende. I det undersøkte områdene varierer løsmassetykkelsen fra 1,9 meter til over 47 meter. Den generelle tendensen er at det er grunnest mot vest og tykkere avsetninger mot øst. b) Det skisserte aktsomhetsområdet avgrenses i sør, vest og nord av boringer hvor det ikke er påvist sprøbruddmateriale. I sørlig del er den også avgrenset mot berg. Mot øst avgrenses sonen mot elva Gaula. Terrenget heller ned mot elven, og potensielt utløpsområde vurderes som avgrenset med samme skravur som vist i tegning V151.
--	--	--

5.1 Kritiske skråninger og løsneområder

Utbredelsen av sonen er vurdert ut ifra totalsonderinger og enkelte prøveserier, se Figur 5-1. Hele sonen vurderes å være et potensielt løsnemråde. Det er skråningen fra elvebredden og ned til elvebunn som anses som kritisk, med et initialskred som utløsende faktor for sonen. De flate elveslettene langs elva er for det meste innenfor aktsomhetsområde for flom.

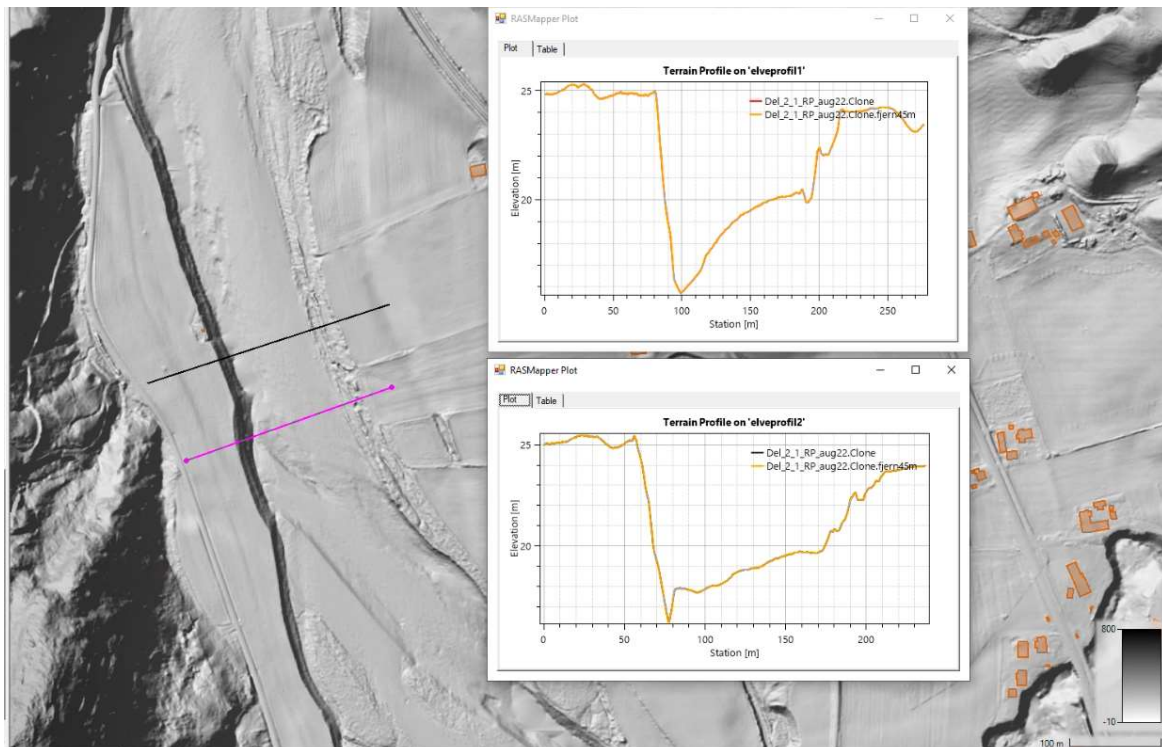


Figur 5-1: Utsnitt av Tegning V150 (Kilde: Norconsult).

Ifølge NVE-atlas [9] ligger det en erosjonssikring fra 1935 langs elva i dette området. Det foreligger ingen bilder før 1947, så man kan ikke sammenligne før og etter bilder for Leberg N, men man kan se av flyfoto fra 1947, vist i Figur 5-2 fra norgebilder.no [10], at elva har fått en tydelig avgrensning mot land på vestsiden av elva sammenlignet med elvas østlige side. Når man ser på ferske innmålinger av elvebunnen, kan man se tendenser til at elva har begynt å erodere/undergrave erosjonssikringen, se Figur 5-3. Det foreligger ingen sikre målinger på hvor dypt erosjonssikringen ligger, men hydrologiske vurderinger tilsier at begge profilene (tatt vilkårlig i elva) kan ha typisk undergraving av sikringen langs elvebredden ved Leberg N.



Figur 5-2: Bilde av elva i 1947, 12 år etter etablering av erosjonssikringen [10]. (Kilde: norgebilder.no)



Figur 5-3: To vilkårlige snitt over elva, med oppdaterte dybdekart, viser en tendens på typisk undergraving av erosjonssikring langs elvebredden ved Leberg N. (Kilde: Norconsult)

5.2 Befaring

Det er utført befaring i forbindelse med poretrykksavlesninger helt nord i sonen, men befaringen fokuserte i hovedsak på området fra poretrykksmåleren og nordover langs med Losen. Forholdene langs kanten av elva er ikke kartlagt, men erosjonsforhold i elva kommer godt fram av terrengmodell for elvebunnen som benyttes i prosjektet. Disse er vurdert sammen med prosjektets hydrolog. Terrengforholdene ellers vurderes oversiktlig ut fra detaljerte terrengmodeller som er tilgjengelig i prosjektet.

Det vurderes ellers at det er god kontroll på terreng ut fra høydemodeller av land og elvebunn som brukes i prosjektering av veien.

5.3 Grunnundersøkelser

Det har blitt utført grunnundersøkelser i området for dette området for andre og tidligere traséalternativer. Både Statens vegvesen, Multiconsult og Rambøll har tidligere utført undersøkelser. Norconsult har utført grunnundersøkelser for arbeider med ny trasé og det er supplert med spissede grunnundersøkelsesmetoder der det er funnet hensiktsmessig. For oversikt over de utførte og relevante grunnundersøkelsene langs denne delstrekningen henvises det til Geotekniske datarapport [11]. Tidligere geotekniske grunnundersøkelser og vurderinger oppsummeres i en oversikt i Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Oversikt over tidligere grunnundersøkelser og vurderinger ved/ nær Leberg N.

Rapport nr.	Utførende	Oppdragsnavn	År	Borpunkt
5207617- E6GK-RIG-003	Norconsult	E6 Korporalsbrua – Prestteigen og E6 Gyllan – Kvål	2021	NO3-x
1350022987-7	Rambøll	E6 Ulsberg – Åsen, delstrekning Røskaft – Kvål	2018	R21-x
416746-RIG-RAP	Multiconsult	E6 Røskaft – Skjerdingsstad	2015	10xx, 12xx, 1-20
Ud1000C-03	Statens vegvesen	E6 Haga – Skjæringsstad. Fra tunnel til Kvål	2013	S2-x

5.3.1 Aktuelle skredmekanismer og utløpsområder

Aktuell skredmekanisme er at en får et rotasjonsbrudd i foten forårsaket av lokal erosjon og deretter et retrogressivt brudd. Det er små høydeforskjeller og grunnundersøkelsene viser relativt like avsetninger, men med noe variasjon i styrke på leiravsetningene. Det er så å si flatt innover elvesletta som minimerer en eventuell risiko for flakskred.

Elva anses som den største potensielle utløsningsfaktoren for et skred, med tanke på erosjonen i elva.

5.4 Klassifisering av faresone

Tabell 5-3 og Tabell 5-4 viser faregrad middels og konsekvensklasse mindre alvorlig, som igjen gir risikoklasse 1. Faregraden er vurdert som høy for kvikkleiremektighet og erosjon. Konsekvensklassen er mindre alvorlig da det ikke er noen bebyggelse og lav ADT. Det som trekker opp noe er en distribusjonslinje og en liten mulighet for oppdemming.

Tabell 5-3: Faregradsvurdering (Kilde: Norconsult).

Fareberegning					
Faktor	Beskrivelse	Faregrad	Score	Vekt	Poeng
Skredaktivitet	Ingen tegn til skredaktivitet i henhold til NVE-atlas, eller i NGUs løsmassekart og i kart med lidar-data skyggerelieff fra høydedata.	Ingen	0	1	0
Skråningshøyde (m)	Høydeforskjell fra bunnen av elva og opp på elvebredden er ca. 9 meter.	Ingen	0	2	0
Forkonsolidering	Antar tilsvarende forkonsolidering som ved Losen. Der var det antatt overkonsolidert leire, basert på ødometerforsøk, som tilsier at tidligere terrengnivå har ligget på ca. kote +80 til +90. Dagens terreng er ca. på kote +25.	Ingen	0	2	0
Poretrykk	Det er ikke satt ned poretrykksmålere i området, men i beregningene er det antatt at grunnvannet vil ligge ved overgang sand/grus og leire. For leire er det modellert et grunnvann som ligger to meter over dette på land, mens det i elva er likt som for modellen ellers. Overtrykket er skjønnsmessig lagt inn på grunn av nærheten til høydedraget vest for beregningssnittet.	Middels	2	3	6
Kvikkleiremektighet	Mektigheten på kvikkleirelaget antas å være >20 meter. Høydeforskjell fra bunnen av elva og til punkt NO3-265 oppe på elvebredden i faresonen er ca. 9 meter. Dette gir mektighet <H/2.	Høy	3	2	6
Sensitivitet	Sensitiviteten varierer mye i det aktuelle området. Høyeste målte sensitivitet er 119 kPa.	Høy	3	1	3
Erosjon	Det er et elvestryk forbi den aktuelle sonen. Elvebredden	Noe	2	3	6

	har en gammel erosjonssikring fra 1935, som ser ut til å holde erosjonspotensialet lavt, men man kan se tendenser til undergraving av erosjonssikringen.				
Inngrep	Det er ingen tiltak som skal utføres for aktuelle sone for prosjektet.	Ingen	0	3	0
Total poengsum					21
Prosent av maks					41,2%
Sist oppdatert	08.02.2023				

Tabell 5-4: Evaluering av skadekonsekvens (Kilde: Norconsult).

Konsekvensberegning					
Faktor	Beskrivelse	Konsekvens	Score	Vekt	Poeng
Boligheter	Ingen boliger.	Ingen	0	4	0
Næringsbygg	Ingen næringsbygg.	Ingen	0	3	0
Annen bebyggelse	Ingen	Ingen	0	1	0
Veier	ÅDT for eksisterende vei er ca. 60. Det kan potensielt komme noe økt trafikk i forbindelse med prosjektet.	<100	0	2	0
Toglinje	Ingen	Ingen	0	2	0
Kraftnett	Det går en trasé klassifisert som distribusjonsnett gjennom sonen.	Distribusjon	1	1	1
Oppdemning og flodbølge	Oppdemming har miljøkonsekvens, men et brudd vil neppe femme opp mer enn 200-års flom. Sannsynligvis vil det demmes opp utover elvesletta slik at man får utvasking av materiale relativt fort.	Liten	1	2	2
Total poengsum					3
Prosent av maks	20.01.2023				6,7%

Risikoklasse = faregrad x skadekonsekvens = 21 x 3 = 63 → Risikoklasse 1

5.5 Dokumentasjon av sikkerhet

Sonen har ingen negativ påvirkning på tiltak, og er derfor kun vurdert/ avgrenset for senere risikovurdering knyttet til sprengning og vurderinga av rystelser ifm. tunneldriving.

6 KONKLUSJON

Losen klassifiseres med faregrad høy, konsekvensklasse alvorlig og risikoklasse 2. Stabilitetsberegninger viser at prosjektet vil ivareta nødvendige krav til geoteknisk stabilitet i det aktuelle kvikkleireområdet. Leberg N vil ikke påvirke prosjektet/tiltaket negativt, da den nye veien vil gå i tunnel forbi denne sonen. Det anses likevel som hensiktsmessig å få meldt inn sonen som en del av prosjektet, da det er utført grunnundersøkelser i forbindelse med utredninger for veiprosjektet, og det er foreslått rystelsesmålinger i dette området i forbindelse med driving av tunnel. Leberg N klassifiseres med faregrad middels, konsekvensklasse mindre alvorlig og risikoklasse 1.

7 REFERANSER

- [1] Regjeringen, «Nasjonal transportplan,» 2020-2021. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/fab417af0b8e4b5694591450f7dc6969/no/pdfs/stm202020210020000dddpdfs.pdf>.
- [2] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred,» *NVE-veileder Nr. 1/2019*, p. 83, 2020.
- [3] NVE, «"Ekstern rapport Nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred",» NVE, 2020.
- [4] Statens vegvesen, «Håndbok N200, Vegbygging,» Statens vegvesen, 2014.
- [5] Norconsult AS, «NV50E6GK-GTK-RAP-0004 Geoteknisk fagrapport. Homyrkamtunnelen N-Kvål,» Nye Veier AS, 2023.
- [6] NVE, «"Ekstern rapport Nr. 9/2020. Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred",» NVE, 2020.
- [8] «NVE-temakart kvikkleiresoner,» 14 06 2021. [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/kvikkleire>.
- [9] «NVE-atlas,» 06 02 2023. [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>.
- [10] Kartverket, «Norge i bilder,» 2016. [Internett]. Available: <https://www.norgeibilder.no/>. [Funnet 06 02 2023].
- [11] Norconsult AS, «NV50E6GK-GET-RAP-0002 Geoteknisk datarapport,» Nye Veier AS, 2023.
- [12] «Løsmassekart,» 08 juni 2022. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.
- [13] NVE, «NVE-temakart,» 16 01 2023. [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no>.
- [14] «Høydedata,» 20 01 2023. [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.
- [15] «Høydedata,» 14 06 2021. [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [16] Norconsult AS, «NVE50E6GK-GTK-RAP-0007 Vurdering av områdestabilitet, Losen-Leberg».