

ØSTFOLDBANEN VL

(SKI) - MOSS

Høyenhaldgata nr. 9
Anbefaling av nødvendige tiltak
Km 58,990 – 59,270

00E	Første utgave	28.05.2025	TJO	JOG	JBH	
Rev.	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av	
Tittel: Østfoldbanen VL (Ski) - Moss Høyenhaldgata nr. 9 Anbefaling av nødvendige tiltak Km 58,990-59,270		Ant. sider	Fritekst 1d			
		19+0	Fritekst 2d			
			Entreprise			
		Produsent	Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen			
		Prod. dok. nr.				
		Erstatning for				
		Erstattet av				
Prosjekt: 960168 Parsell: 20		Dokument nr. SMS-20-A-11371			Rev. 00E	
		Dokument nr.			Rev.	

1	INNLEDNING.....	3
2	GRUNNFORHOLD OG DEFORMASJONER	5
3	STABILITET	6
3.1	OMRÅDESTABILITETSVURDERINGER.....	6
3.2	SIKKERHETSPRINSIPP	7
3.3	BEREGNINGER.....	7
3.3.1	<i>Beregningssnitt 1</i>	<i>8</i>
3.3.2	<i>Beregningssnitt 2</i>	<i>9</i>
3.3.3	<i>Beregningssnitt 3</i>	<i>10</i>
3.3.4	<i>Effekt av geometri – 3D-effekter</i>	<i>13</i>
4	ALTERNATIVE STABILISERENDE TILTAK	14
4.1	MOTFYLLING	14
4.2	GRUNNFORSTERKNING	15
4.3	AVLASTING.....	16
5	VURDERING OG ANBEFALING AV TILTAK	18
6	REFERANSER	19

1 INNLEDNING

I forbindelse med byggingen av prosjektet Sandbukta-Moss-Såstad gjennom Moss sentrum, har det foregått grunnforsterkning som forberedelse for etablering av byggegrop for jernbanekulvert fra Mossetunnelen og ned til den nye stasjonen. Arbeidene har bestått i å etablere tverribber av jetpeler for å muliggjøre uttak av den framtidige byggegropa.

Under disse arbeidene ble det før sommeren 2024, gjennom eksisterende overvåkning av grunnen, registrert økende deformasjoner i dypereleggende lag med kvikkleire vest for boligblokkene i Høyenhaldegata 5 og 7.

Som en følge av dette ble arbeidene med etablering av jetpeler i området stoppet i oktober 2024, og det har etter dette vært arbeidet med å analysere og vurdere konsekvenser og tiltak for Høyenhaldegata 5, 7 og 9.

Grunnlaget for de geotekniske vurderingene av situasjonen vest for blokkene er vist i rapport: *Høyenhaldegata 5, 7 og 9, Grunnlag for anbefaling av nødvendige tiltak. /1/* og gjentas ikke her.

De geotekniske vurderingene endte opp i en anbefaling om riving av Høyenhaldegata 5 og 7 samt anbefaling til videre undersøkelser og vurderinger av tiltak for Høyenhaldegata 9: *Høyenhaldegata 5, 7 og 9, Anbefaling av nødvendige tiltak. /2/*.

Denne rapporten er en videreføring av overnevnte rapport og omhandler situasjonen for Høyenhaldegata 9 når blokkene i Høyenhaldegata 5 og 7 rives. Etablert grunnstabilisering og plassering av Høyenhaldegata 9 i forhold til denne er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1. Planoversikt for Høienhaldgata 9 med etablert grunnforsterkning. Høienhaldgate 5 og 7 skal rives i løpet av høsten 2025.

2 GRUNNFORHOLD OG DEFORMASJONER

Det er utført relativt omfattende grunnundersøkelser i Kransen Nord. Det er imidlertid ikke utført borer under selve blokkene. I tillegg har det vært svært vanskelig å ta opp uforstyrrede prøver av det øvre laget med blandingsjord. Blokkene ligger delvis på og vest for Raet (endemorene fra istiden) som gjør at grunnen varierer mye både i dybden og i utstrekning.

I forbindelse med vurderingene av Høienhaldgata 9 er det i mars og april i 2025 utført supplerende borer rundt Høienhaldgata 9 for å etablere et bedre grunnlag for stabilitetsvurderingene. Datarapporten er ikke ferdigstilt pr. dato, men resultatene er benyttet i de utførte vurderingene. Plassering av borer rundt Høienhaldgata 9 er vist i etterfølgende figur.



Figur 2-1. Borer rundt Høienhaldgata 9

Basert på en samlet tolkning av nye og gamle borer er det etablerte nye og reviderte skjærstyrkeprofiler for stabilitetsberegninger.

Generelt har de nye boringene bekreftet tidligere antagelser om at leirlaget stikker inn under Høienhaldgata 9 og at leiren har sprøbruddegenskaper i forkant av blokken, men ikke i bakkant.

Målinger av setninger og deformasjoner på blokkene er i detaljert dokumentert i grunnlagsrapporten, ref. /1/.

Generelt er det målt små setninger og deformasjoner på Høienhaldgata 9. Blokken har så langt vært lite påvirket av anleggsarbeidene.

3 STABILITET

3.1 Områdestabilitetsvurderinger

Det er tidligere blitt utarbeidet en områdestabilitetsrapport for Moss, se rapport SMS-00-A-59002 /3/.

Det er beregnet 2 snitt ved Høyenholdgata 9, se snitt 18 og 20 i Figur 3-1.



Figur 3-1. Planoversikt for beregnede stabilitetssnitt. Snitt 18 og 20 er relevante for Høyenholdgate 9 og vist med grønne linjer.

Beregningssnitt 18 går gjennom Høyenholdgate 9, mens snitt 20 går rett i syd for blokken og har ikke med vekt av bygget.

Beregningene ga lavere sikkerhetsfaktor enn kravet i NVE Veileder 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred /4/ og det ble utarbeidet stabiliserende tiltak i form av motfylling i foten av snitt 18 og kalksementpeler i snitt 20. Disse tiltakene brakte beregnet sikkerhetsfaktor opp til kravene i NVE veilederen og Bane NOR Teknisk regelverk.

Beregnet stabilitet av selve blokken er for snitt 18 $F_{cu} = 1,37$ og for snitt 20 uten vekt av blokken $F_{cu} = 1,42$ etter utførte tiltak.

Nye beregninger våren 2025 viser imidlertid noe lavere sikkerhet enn tidligere dokumentert i områdestabilitetsrapporten. Dette skyldes reviderte tolkninger av styrke etter supplerende grunnundersøkelser.

3.2 Sikkerhetsprinsipp

Høienhaldgate 5 og 7 skal rives for å sikre at det ikke vil gå et områdesskred i Kransen nord. Byggene ligger på toppen av en skråning og lasten fra dem er negativ i forhold til stabiliteten til skråningen. På grunn av uforutsette deformasjoner oppover i skråningen ved utførelse av jetpelararbeider er sikkerheten blitt redusert da passivt mothold i skråningen er påvirket.

Per i dag er det ikke registrert noen deformasjoner av betydning på Høienhaldgata 9, Deformasjonene som er blitt registrert vest for Høienhaldgata 5 og 7 er ikke kommet lenger sør og påvirket dette bygget. Det er også etablert jetpeler og KS-peler vest for bygget uten at det er registrert noen deformasjoner.

Skråningen som Høienhaldgate 9 er bygget på ligger i teorien utenfor influensområdet til tiltaket (jernbaneanlegget) og skråningens sikkerhet kan da vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet (drenerte analyser) og med en robusthet for mindre uforutsette spenningsendringer, $F_{cu} \geq 1,2$ (pkt. 3.3.6 i NVEs veileder /4/). I dagens situasjon tilfredsstiller beregnet stabilitet for Høienhaldgata 9 kravene i veilederen.

Men med planlagte arbeider for en fremtidig tunnel er det derimot ikke mulig å utelukke at det vil kunne komme deformasjoner også vest for Høienhaldgate 9. Dette med bakgrunn i målte deformasjoner vest for nummer 5 og 7. Hvis det kommer deformasjoner også vest for Høienhaldgata 9, vil sikkerheten bli redusert også her. For at prosjektet skal kunne gjennomføres må denne risikoen håndteres og blokken må sikres med en absolutt sikkerhetsfaktor som hensyntar sprøbruddeffekt.

Beregnet sikkerhet for Høienhaldgata 9 skal da i henhold til NVE veilederen være $F_{cu} \geq 1,61$.

3.3 Beregninger

For å kontrollere stabiliteten for Høienhaldgata 9 er det utført nye beregninger i 3 snitt, se oversikt i Figur 3-2. Snitt 1 og 2 er beregnet med konvensjonelle beregningsmodeller uten å ta hensyn til deformasjoner og modeller som hensyntar softening (se grunnlagsrapporten /1/).



Figur 3-2. Beregningssnitt for stabilitetsberegninger Høyenhaldgata 9.

3.3.1 Beregningssnitt 1



Figur 3-3. Snitt 1

For snitt 1 vil det etter riving av Høyenhaldgate 7 graves ned til kjellernivåer og deretter etableres jetpeler for å sikre skråningen ned mot byggegroppen. I denne situasjonen er beregnet sikkerhetsfaktor $F_{cu} = 1,67$ som er tilfredsstillende. Under disse arbeidene kan det ikke utelukkes at det vil kunne utvikles deformasjoner i massene vest for Høyenhaldgata 9.

Jetpelene vil imidlertid installeres i passiv sone av kritisk sirkel der de bidrar til økt stabilitet. I installasjonsfasen vil arbeidene med jetpeler kunne gi midlertidige negative effekter på stabilitet opp mot nr. 9, og selv med streng styring av tempo og

framdrift og den i utgangspunktet gode stabiliteten, er det fortsatt en ikke ubetydelig risiko for at deformasjonene blir så store at stabiliteten blir kritisk og bygget må evakueres.

Etter at jetpelene under nr. 7 er ferdig installert, er stabiliteten i snitt 1 god.

3.3.2 Beregningssnitt 2



Figur 3-4. Snitt 2

Snitt 2 går normalt på Høienhaldgate 9 og i retning Nyquist gate 5A. Det er antatt at det ikke vil komme deformasjoner fra grunnarbeider i dette snittet. Dette på grunn av at det allerede er etablert en jetpelblokk i forkant av Nyquist gate 5A og det ikke er målt deformasjoner på Høienhaldgate 9 ved etablering av disse.

Beregnet sikkerhetsfaktor er $F_{cu} = 1,37$. Isolert sett er dette tilfredsstillende basert på at arbeidene ikke har svekket stabiliteten i denne retningen.

Men det er en mulighet for at arbeidene i retning byggegropa (tiltakene knyttet til snitt 3) kan ha en negativ påvirkning på snitt 2. I så fall endres kravene til beregnet sikkerhetsfaktor til $F_{cu} \geq 1,61$. Det vil da kreve tiltak.

Eventuelle tiltak sammen med jetpelblokken vest for Nyquist gate 5A vil fungere som en barriere mot fremtidige deformasjoner som kan komme fra utgraving av fremtidig byggegrop.

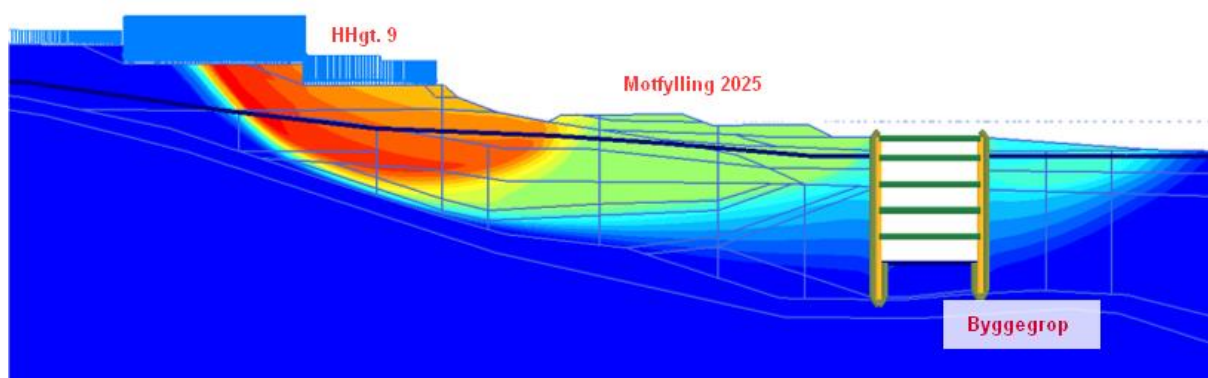
Utfordringene med stabiliteten til Høienhaldgate 9 påvirker ikke Nyquist gate 5A direkte.

3.3.3 Beregningssnitt 3



Figur 3-5. Snitt 3

Snitt 3 går diagonalt i retning byggegropen for jernbanen. Snittet går gjennom motfyllingen vest for nr. 7 som er lagt ut vinteren og våren 2025 for å midlertidig stabilisere situasjonen mot nr. 5 og 7.



Figur 3-6. Beregningssnitt 3

Beregnet sikkerhetsfaktor ved konvensjonelle beregninger viser at utleggingen av motfyllingen vest for nr. 7 også har en positiv effekt i snitt 3, da beregnet sikkerhetsfaktor økte fra $F_{cu} = 1,18$ til $F_{cu} = 1,32$.

Når snitt 3 beregnes med beregninger som tar hensyn til tøyninger og styrkereduksjon i kvikkleire tilsvarende som beregninger for nr. 5 og 7 (NGI ADP Soft), så er stabilitetssituasjonen mer kompleks. En beskrivelse av metoden og koblingen mot styrke og deformasjoner i kvikkleire er vist i notat /1/.

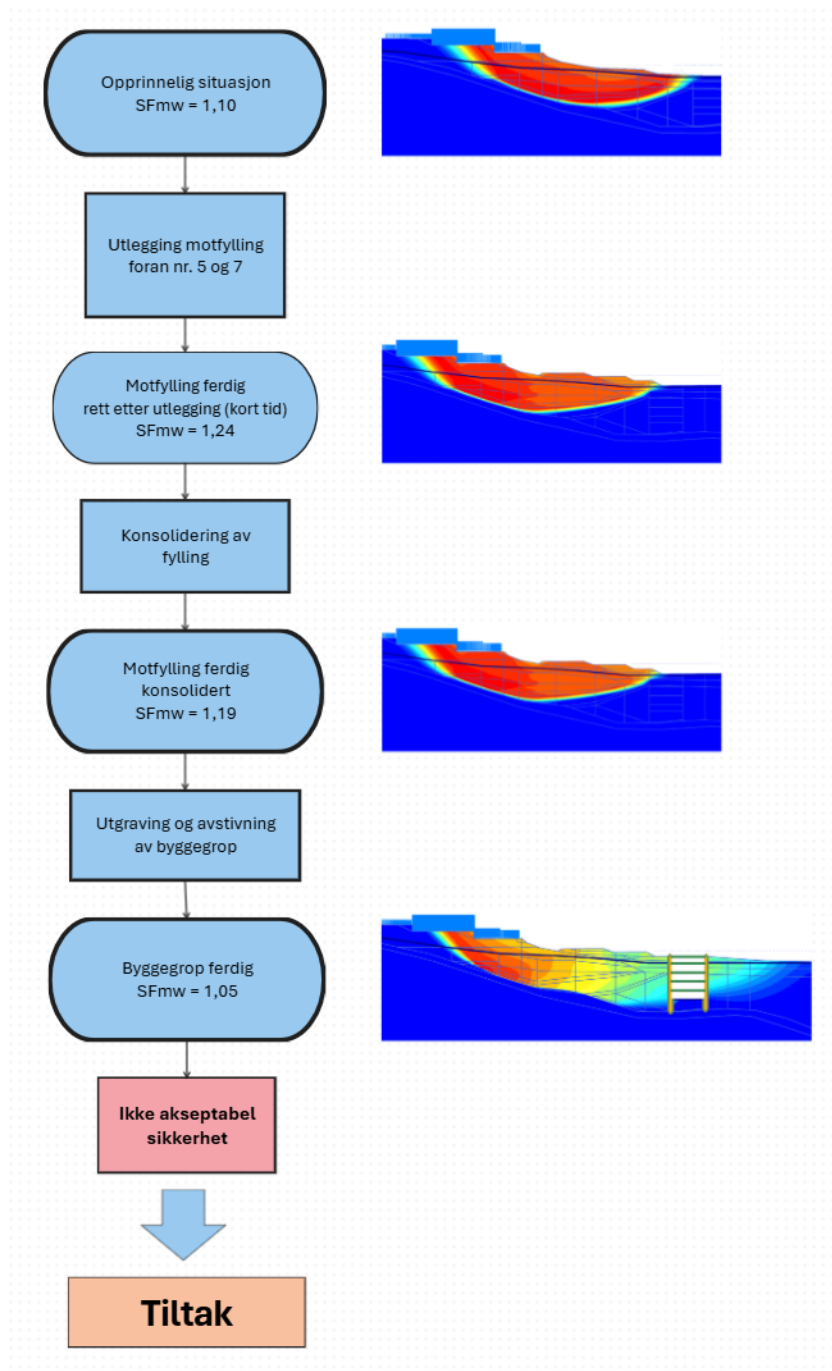
Før tiltaket med motfylling 2025, er beregnet sikkerhet med denne metoden lav $SF_{Mweight} = 1,10$. Også i disse beregningene har motfyllingen en umiddelbar effekt slik at sikkerhetsfaktoren (kort tid) øker til $SF_{Mweight} = 1,24$.

Motfyllingen som er lagt ut vil imidlertid gi setninger i leiren under motfyllingen, og med skrånende bergoverflate mot vest, vil dette også gi en deformasjonskomponent horisontalt i retning vestover mot den kommende byggegropa. Forplanter denne

deformasjonen seg østover i retning nr. 9 vil det redusere beregnet sikkerhetsfaktor på lang sikt til $SF_{Mweight} = 1,19$.

Ved utgraving av byggegropa vil støtteveggene få deformasjoner selv med bruk av grove og stive veggtyper. Legges disse deformasjonene til deformasjonene fra motfyllingen, vil beregnet sikkerhetsfaktor reduseres ytterligere til $SF_{Mweight} = 1,05$, noe som er for lavt.

Dette er illustrert i etterfølgende figur.

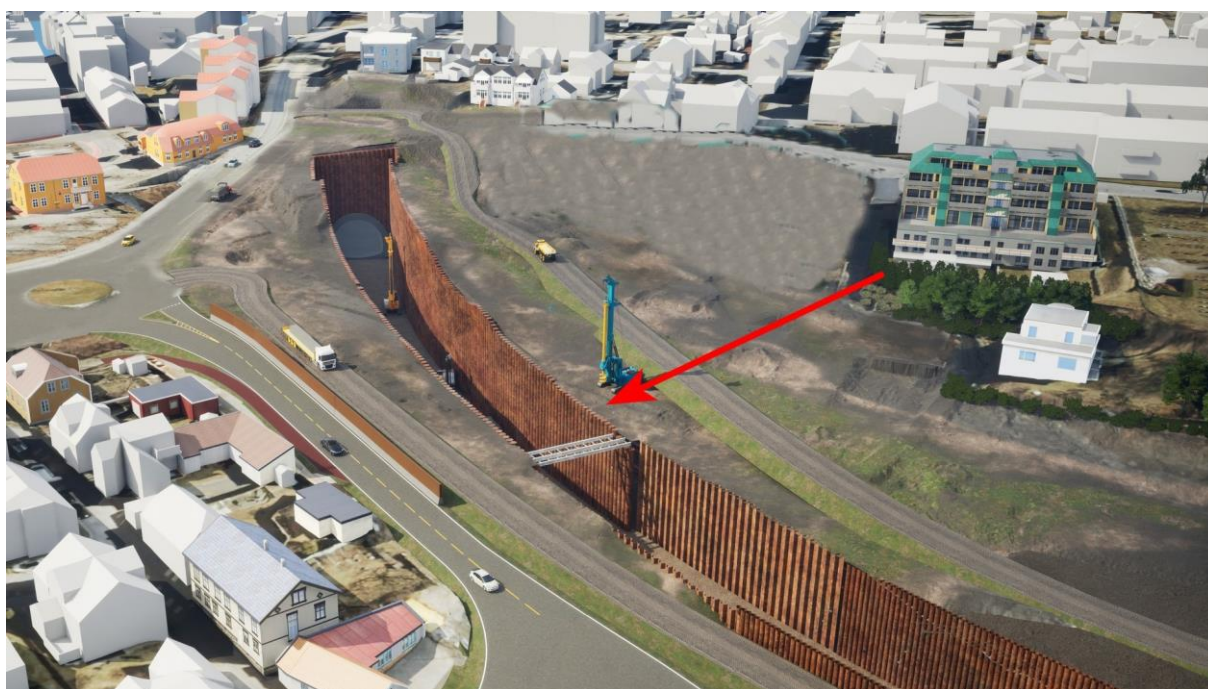


Figur 3-7. Utvikling i beregnet sikkerhetsfaktor med NGI ADP Soft

Ut fra disse beregningene kan ikke byggegropa gjennomføres uten at det etableres stabiliseringstiltak mellom Høienhaldgate 9 og byggegropa.

Et aktuelt tiltak vil være å etablere ytterligere jetpelribber mellom byggegropa og nr. 9, se neste kapittel. Erfaringene med etableringa av jetpelribber fra byggegropa våren 2024 ga deformasjoner og tøyninger i dyptliggende kvikkleire opp mot nr. 7. Det ble ikke målt tilsvarende deformasjoner opp mot nr. 9 ved disse arbeidene. Dette indikerer at forholdene opp mot nr. 9 antagelig er noe gunstigere enn mot nr. 7.

Det kan likevel ikke helt utelukkes at det å installere jetpeler som stabiliserende tiltak i snitt 3 ikke setter i gang deformasjoner og tøyninger som svekker stabiliteten opp mot Høienhaldgate 9.

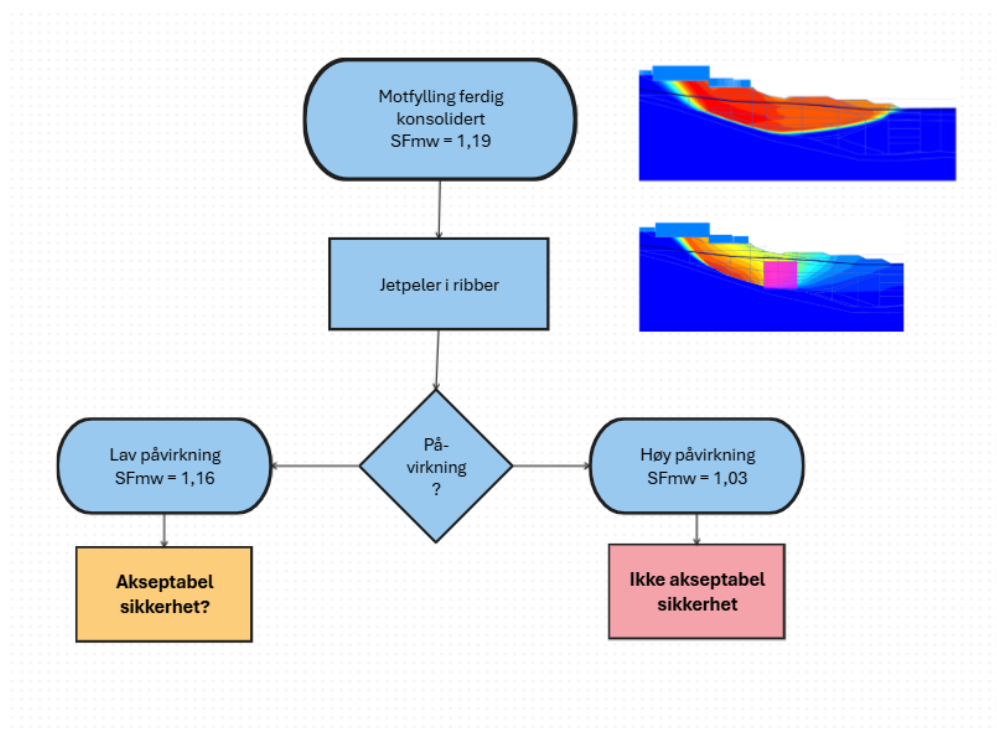


Figur 3-8. Kritisk retning på deformasjoner og stabilitet

Det er utført beregninger for å se på effekten av deformasjoner fra installasjon av jetpeler. Det er benyttet samme prinsipp som for beregninger som er utført for nr. 5 og 7 tidligere, ref. /1/ og /2/. For å kunne gjennomføre beregningene er det benyttet noen forenklinger som er vurdert til å være på konservativ side.

Det er sett på to ulike nivåer av påvirkning fra jetpelingen, høy påvirkning og lav påvirkning. Påvirkningen er vurdert ut fra resultater fra forsøksfeltet for jetpeler og erfaringene fra jetpeler vest for nr. 5 og 7 i 2024.

Ved høy påvirkning gir beregningen begynnende flytning i kvikkleiren vest for blokken og beregnet sikkerhetsfaktor er $SF_{Mweight} = 1,03$. Ved lav påvirkning er det ikke begynnende flytning og beregnet sikkerhetsfaktor er $SF_{Mweight} = 1,16$. Dette er illustrert i etterfølgende figur.



Figur 3-9. Utvikling i beregnet sikkerhetsfaktor med tiltak jetpeler (NGI ADP Soft)

Beregnet sikkerhetsfaktor ved en høy påvirkning fra jetpellarbeidene er ikke akseptabel og det må iverksettes ytterligere stabiliserende tiltak. Eneste realistiske tiltak er da å avlaste skråningen.

Ved mindre påvirkning, men med redusert stabilitet, kan det vurderes å gå videre med jetpellarbeidene med lavere sikkerhet og en ytterligere skjerping av oppfølging og styring av arbeidene. En risikerer da å komme i en situasjon hvor Høyenaldgata 9 må raskt fraflyttes og rives, samtidig som Fjordveien stenges, hvis deformasjonene utvikles ugunstig.

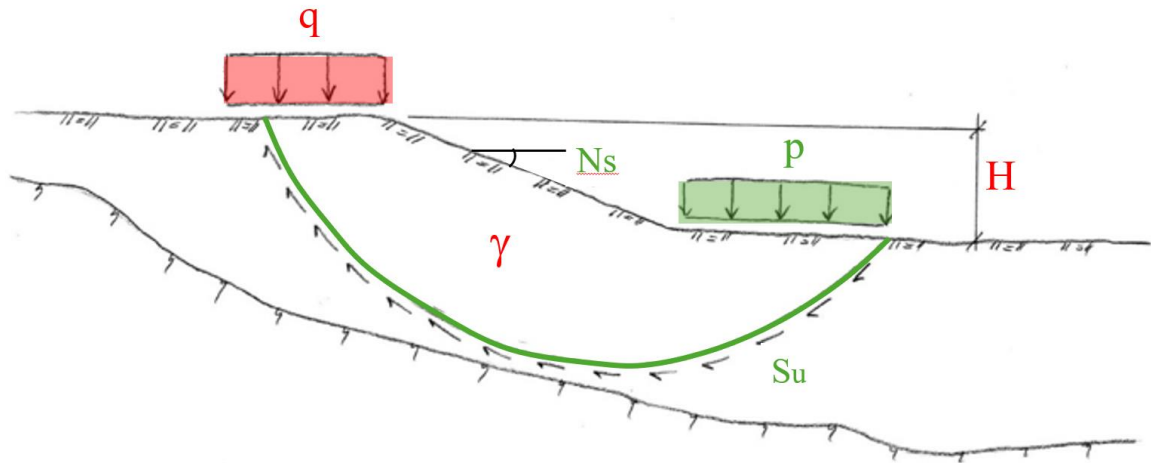
3.3.4 Effekt av geometri – 3D-effekter

Alle beregningene er utført som plane beregninger (2D-beregninger). I virkeligheten har skjærflatene en utstrekning i bredden med stabiliserende bidrag fra endeflatene. Dette bidraget kan enten vurderes ut fra erfaring eller ved mer avanserte analyser.

Det vurderes at stabiliserende bidrag fra endeflatene ikke vil klare å heve beregnet sikkerhetsfaktor opp til kravet, når utgangspunktet fra de plane beregningene er så lave som vist her. Det er derfor ikke gjort 3D-beregninger.

4 ALTERNATIVE STABILISERENDE TILTAK

Som for vurderingene for Høyenhalldgate 5 og 7, er det begrensede muligheter for hvilke geotekniske tiltak som kan benyttes. Tiltakene må alene, eller i kombinasjon, være tilstrekkelig til å bringe beregnet sikkerhetsfaktor til over 1,61, dersom jernbaneanlegget skal kunne fullføres.



$$\text{Sikkerhetsfaktor} = \frac{Ns \cdot s_u}{\gamma H + q - p}$$

I praksis er tiltakene ved Høyenhalldgate 9 begrenset til:

- Motfylling i foten av skråningen
- Grunnforsterkning i skråningen
- Avlastning av topp skråning

4.1 Motfylling

For å bedre stabiliteten langs snitt 3 kan det etableres en motfylling vest for nr. 7. Størrelse og utbredelse av fyllingen er ikke detaljprosjektert, men figuren under viser i prinsipp hvor den bør plasseres.

En motfylling for å bedre stabiliteten i snitt 2 må eventuelt plasseres inn mot hagene vest for blokken, se etterfølgende figur. Det vil ikke være mulig å plassere motfylling i hele bredden av blokken på grunn av Nyquist gate 5A.



Figur 4-1. Prinsipp for plassering av motfyllinger

For begge motfyllingene må det vurderes nærmere om fyllingene må ligge permanent og hvilken grad dette enten krever omregulering eller legger restriksjoner på senere utnyttelse av området etter ferdigstilling av jernbaneanlegget.

Utlekking av motfyllinger vil øke sikkerheten, men vil også kunne sette i gang uønskede deformasjoner i underliggende kvikkleire.

Tiltakene er ikke detaljprosjektert, men det er trolig ikke et tilstrekkelig tiltak for å få beregnet sikkerhet opp til kravet på $F_{cu} \geq 1,61$.

En samlet vurdering er at ytterligere motfyllinger er et lite aktuelt stabiliserende tiltak, siden man trolig ikke oppnår tilstrekkelig sikkerhet og tiltaket gir en økt risiko for deformasjoner som igjen vil medføre behov for riving.

4.2 Grunnforsterkning

Grunnforsterkning vil i praksis bety installasjon av jetpeler i ribber. Områder som er aktuelle for etablering av jetpeler er vist på etterfølgende figur. En slik jetpeling kan kun foregå etter at nr. 5 og 7 er revet. For å eventuelt bedre stabiliteten i snitt 2 må jetpeler etableres helt inntil nr. 9 som vist figuren. Det kan også være behov for å etablere jetpeler i oransje område.



Figur 4-2. Plassering av jetpelribber i prinsipp

Det vil være utfordrende å installere jetpeler helt inntil blokkene med hensyn på HMS-forhold for beboere mens arbeidene pågår.

4.3 Avlasting

Avlasting ved at en fjerner lasten fra bygget er et robust tiltak som øker stabiliteten og som tillater deformasjoner i skråningen fra de etterfølgende anleggsarbeidene. Avlasting kan enten skje ved en refundamentering av blokken til berg eller ved at blokken rives.

Refundamentering er tidligere vurdert for nr. 5 og 7, se ref. /2/. En avlasting ved refundamentering av blokkene forutsetter at en jekker lastene fra byggene over på nye peler til berg. Jekkes det skjevt vil jekkingen kunne medføre større eller mindre skader på selve bygget. Jekkingen er en omfattende operasjon og vil medføre store bygningstekniske inngrep i blokkene og kan, etter vår vurdering, ikke gjennomføres med beboere i blokkene. En refundamentering vil ikke redusere risikoen for konsekvenser av horisontale deformasjoner fra etterfølgende arbeider.

Avlasting betyr dermed i praksis at Høienhaldgate 9 rives og eventuell med noe avgraving i etterkant.



Figur 4-3. Avlasting ved riving

Det er ikke endelig konkludert beregningsmessig om det er et tilstrekkelig tiltak å rive blokkene for å oppnå god nok sikkerhet ved uttak av byggegropen, eller om det må noe grunnforsterking til langs snitt 3. Foreløpige resultater viser at avlasting (riving) vil være tilstrekkelig.

En eventuell grunnforsterkning etter riving vil være av mindre omfang og vil ikke innebære risiko for omgivelsene og kan utføres sammen med øvrige anleggsarbeider.

5 VURDERING OG ANBEFALING AV TILTAK

En samlet vurdering av grunnundersøkelser og nye beregninger viser at det ikke er mulig å gjennomføre jernbaneprosjektet uten at det gjennomføres tiltak knyttet til Høyenhalldgate 9.

Å legge ut ytterligere motfyllinger er ikke anbefalt. Ytterligere motfyllinger vil i seg selv indusere nye deformasjoner i leirlagene som gir en risiko for redusert stabilitet.

Det er en mulighet å installere nye jetpelribber mellom Høyenhalldgate 9 og den kommende byggegropa. Ferdig installert og herdet vil jetpelribbene gi en tilfredsstillende beregnet sikkerhetsfaktor. Det er imidlertid en reell risiko for at en vil oppleve installasjonseffekter tilsvarende som ved setting av jetpelribbene våren 2024. Beregningsmessig vil dette kunne bringe sikkerhetsfaktoren ned til uakseptable lave verdier.

Eventuelle arbeider med jetpelribbene må derfor skje under et omfattende kontrollregime. Utvikler deformasjonene seg ugunstig vil det medføre rask utflytting av blokken, samtidig som Fjordveien stenges og eventuell stopp i videre arbeider mens blokken rives. I praksis vil dette si at det ikke er tilrådelig å ha folk boende i nr. 9 imens arbeidene med jetpelene pågår.

Avlasting av skråningen i form av riving av Høyenhalldgate 9, vil gi en forutsigbar og effektiv forbedring av stabiliteten. Foreløpige resultater viser at avlasting (riving) vil være tilstrekkelig. En eventuell grunnforsterkning etter riving vil være av mindre omfang og vil ikke innebære risiko for omgivelsene og kan utføres sammen med øvrige anleggsarbeider.

Situasjonen for Høyenhalldgate nr. 9 er noe bedre enn for nr. 5 og 7, men man kommer ikke utenom at det er en ikke ubetydelig geoteknisk risiko dersom man går videre med jernbaneutbygningen uten å rive også nr. 9. Vår anbefaling basert på en totalvurdering av det geotekniske risikobildet blir således å rive Høyenhalldgate nr. 9 dersom man skal gå videre med jernbaneutbygningen.

6 REFERANSER

- /1/ SMS-20-A-11368_00E Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Høyenhaldgata 5, 7 og 9, Grunnlag for anbefaling av nødvendige tiltak, Km 58,990-59,270.18.03.2025.
 - /2/ SMS-20-A-11369_00E Østfoldbanen VL, (Ski) – Moss, Høyenhaldgata 5, 7 og 9, Anbefaling av nødvendige tiltak, Km 58,990-59,270.18.03.2025.
 - /3/ Østfoldbanen VL, Sandbukta – Moss – Såstad, Km 56,075 – 66,410. Vurdering av områdestabilitet. SMS-00-A-59002_05E. 05.07.2021
 - /4/ NVE Veileder 1/2019. Sikkerhet mot kvikkleireskred.
-