



# Oslo

## Vurdering av områdestabilitet Lysaker stasjon

Dok.nr.: PF-LYA0-721-RB-0002

Revisjon: 07G



OFFENTLIG

Oslo Kommune – Fornebu banen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 2 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Dokumentet er utarbeidet av



Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01G	31.05.2019	Gjennomsyn	Michael Rosenlund Lodahl	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup
02G	07.09.2020	Gjennomsyn	Michael Rosenlund Lodahl	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup
03G	17.01.2022	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen, Monika Rødin Lund	Bernt S. Lystrup
04G	08.02.2022	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup
05G	16.03.2022	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup
06G	15.09.2023	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup
07G	12.10.2023	Gjennomsyn	Brian Bjerrum	Carsten Steen Sørensen	Bernt S. Lystrup

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 3 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## Innhold:

<b>1.</b>	<b>SAMMENDRAG</b> .....	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>ENDRINGSLOGG</b> .....	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>INNLEDNING</b> .....	<b>8</b>
<b>4.</b>	<b>FORMÅL</b> .....	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>OMRÅDEBESKRIVELSE</b> .....	<b>10</b>
<b>5.1</b>	<b>Topografi</b> .....	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>Grunnforhold</b> .....	<b>10</b>
5.2.1	Kvartærgeologi .....	10
5.2.2	Utførte grunnundersøkelser .....	11
5.2.3	Beskrivelse av grunnforhold .....	11
5.2.3.1	Området ved Lysaker mølle og byggegrop .....	12
5.2.3.2	Østlig del av planområdet .....	14
<b>6.</b>	<b>POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG</b> .....	<b>16</b>
<b>6.1</b>	<b>Oversvømmelse og isgang</b> .....	<b>16</b>
<b>6.2</b>	<b>Erosjon</b> .....	<b>18</b>
<b>6.3</b>	<b>Skredlignende hendelser i bratte vassdrag</b> .....	<b>18</b>
<b>7.</b>	<b>TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE OG TIDLIGERE KVIKKLEIRESKRED</b> .....	<b>19</b>
<b>8.</b>	<b>FARE FOR KVIKKLEIRESKRED</b> .....	<b>20</b>
<b>8.1</b>	<b>Gjennomgang av prosedyre NVE veileder 1/2019</b> .....	<b>20</b>
8.1.1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området .....	20
8.1.2	Avgrens områder med mulig marin leire .....	20
8.1.3	Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilser mulig fare for områdeskred .....	21
8.1.4	Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være .....	23
8.1.4.1	Valg av tiltakskategori .....	23
8.1.4.2	Nivå på kvalitetssikring .....	23
8.1.5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde .....	23
8.1.6	Befaring .....	24
8.1.7	Gjennomfør grunnundersøkelser .....	24
8.1.8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder .....	24
8.1.9	Klassifiser faresonen .....	25
8.1.9.1	Metode .....	25
8.1.9.2	Faregrad .....	26
8.1.9.3	Konsekvensklasse .....	26
8.1.9.4	Risikoklasse .....	27
8.1.10	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet .....	28
8.1.10.1	Sikkerhetskrav .....	28

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 4 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

8.1.10.2 Geometri .....	29
8.1.10.3 Vurderte styrkeparametere .....	30
8.1.10.4 Resultater av dagens situasjon .....	34
<b>9. PÅVIRKNING FRA ANLEGGSDRIFT .....</b>	<b>40</b>
<b>9.1 Krav til faseplan .....</b>	<b>40</b>
<b>9.2 Lagring av masser .....</b>	<b>40</b>
<b>9.3 Poretrykksoppbygning .....</b>	<b>40</b>
<b>9.4 Vibrasjoner .....</b>	<b>40</b>
9.4.1 Sprengning i byggegrøp og tunnel .....	40
9.4.2 Spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider .....	40
<b>10. KONKLUSJON .....</b>	<b>41</b>
<b>10.1 Overordnet .....</b>	<b>41</b>
<b>10.2 Videre arbeid .....</b>	<b>42</b>
<b>10.3 Eventuelt forslag til rekkefølgebestemmelser eller vilkår i plan/byggesak .....</b>	<b>42</b>
<b>11. REFERANSER .....</b>	<b>43</b>

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 5 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 1. SAMMENDRAG

I forbindelse med utbygging av Fornebubanen er det utarbeidet en områdestabilitetsvurdering ved ny Lysaker stasjon. Vurdering og utredning av områdestabilitet for Lysaker stasjon er utført iht. NVEs veileder 1/2019, ref. [1], og er en oppdatering av tidligere utredning gjort i henhold til NVE veileder 7/2014, ref. [2]. Tilgjengelige kart, terrengmodell, utførte grunnundersøkelser og befaring er brukt som grunnlag for vurdering av områdestabilitet.

Det er i grunnundersøkelsene funnet to områder med sprøbruddmaterialer, øst og vest i planområdet. Disse områdene er analysert nærmere med hensyn til topografi og terrengforhold.

I det registrerte området i øst er grunnundersøkelsene fra før 2004 ikke lenge representative ift. observerte lag med sprøbruddmateriale. Installasjon av VA-ledning samt kalksementstabilisering er gjort i ettertid og det er derfor vurdert at det ikke påtreffes en sammenhengende flate med sprøbruddmateriale. Området vurderes derfor ikke som et løsneområde.

I vest er det registrert en faresone. Faresonen er avgrenset og klassifisert. Klassifiseringen er "*Lav faregrad,*" "*alvorlig konsekvensklasse*" og "*risikoklasse 3.*"

Stabilitetsberegninger, som tar utgangspunkt i ingen påvirkning fra influensområdet i en sone 2 x skråningshøyde fra skråningskant, viser tilstrekkelig sikkerhet iht. gjeldende krav. Det forutsettes at det ikke skjer tiltak i dette området.

Stabilitetsberegninger for flakskred, som påvirkes av influensområdet lengere enn 2 x skråningshøyde bak skråningskant, viser ikke tilstrekkelig sikkerhet. Stabilitetsberegninger med planlagt avlastning av terreng og kalksementstabilisering i og omkring byggegropp viser dog at sikkerhet forbedres i tilstrekkelig grad iht. gjeldende regelverk. Lasten benyttet i beregningen av dagens situasjon vurderes å være tilstrekkelig konservativ ift. lasten for gravemaskin og kalksementtrigg. Her forutsettes det at avlastning av terreng og kalksementstabiliseringen utføres som det første i anleggsområdet. Dermed vurderes områdestabiliteten å være ivaretatt i anleggssituasjonen.

I den permanente situasjonen vil kalksementstabiliseringen stå igjen sammen med fremtidig konstruksjoner. Områdestabiliteten i den permanente situasjonen vurderes dermed ivaretatt.

Krav til anleggsaktivitet angitt i rapport må følges opp i prosjekterings- og anleggsfasen. Lokalstabilitet og totalstabilitet av gropen under byggefasen må ivaretas.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 6 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 2. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01G	31.05.2019		Første utgave
02G	07.09.2020		Oppdatering til ny mal. Figurer er blitt oppdatert til ny byggegrep geometri for alternativ 3.
03G	17.01.2022		Oppdatering av områdestabilitetsvurdering iht. NVE veileder 1/2019. Det er inkludert: <ul style="list-style-type: none"> <li>• tolkning av grunnundersøkelser</li> <li>• Avgrensning av sone med indikasjon på sammenhengende sprøbruddmateriale</li> <li>• Avgrensning av faresone</li> <li>• Klassifisering av faresone</li> <li>• Stabilitetsvurderinger</li> <li>• Krav til vibrasjoner fra anleggsvirksomhet</li> </ul>
04G	08.02.2022	8.1.3/side 22 8.1.9.3/side 28-29 8.1.9.3/side 29 8.1.9.4/side 30 8.1.10.4/side 36 10.1/side 41 10.1/side 41	Avgrensning av utløpsområde sør for planområde Endring i faregradsklassifisering Endring i konsekvensklasse Endring i risikoklasse Presisering av last for kalksementtrigg benyttet i beregning Endring i risikoklasse Presisering om kontroll av last for kalksementtrigg
05G	16.03.2022	Figur 5-4 Figur 8-5 Figur 8-6 Tabell 8-3 Kap. 8.1.10	Ny avgrensning av område med antatt sprøbruddmateriale Nytt løснеområde Ny faresone Ny konsekvensklasse Nye stabilitetsberegninger i snitt C-C

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 7 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
06G	12.10.2023	Kap 1  Kap. 8.1.9  Kap. 10.1	<p>Endret poengsum for høy faregrad og risikoklasse 3</p> <p>Tilføyet setning om hva som er utført etter rapport ble utarbeidet.</p> <p>Oppdatert faregrad hvor inngrep er endret fra «etter» til «før bygging» slik beskrevet i ekstern rapport 9/2020. Score er endret for faregrad.</p> <p>Begrunnelse for konsekvens for næringsbygg er endret fra "ingen næringsbygg" til "Næringsbygg."</p> <p>Risikoklasse er da endret fra 2 til 3.</p> <p>Endret poengscorer for faregrad og risikoklasse 3</p>
07G	12.10.2023	Kap. 1, 8.1.9 og 10	Endret til Lav faregrad – poengsum uendret.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 8 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 3. INNLEDNING

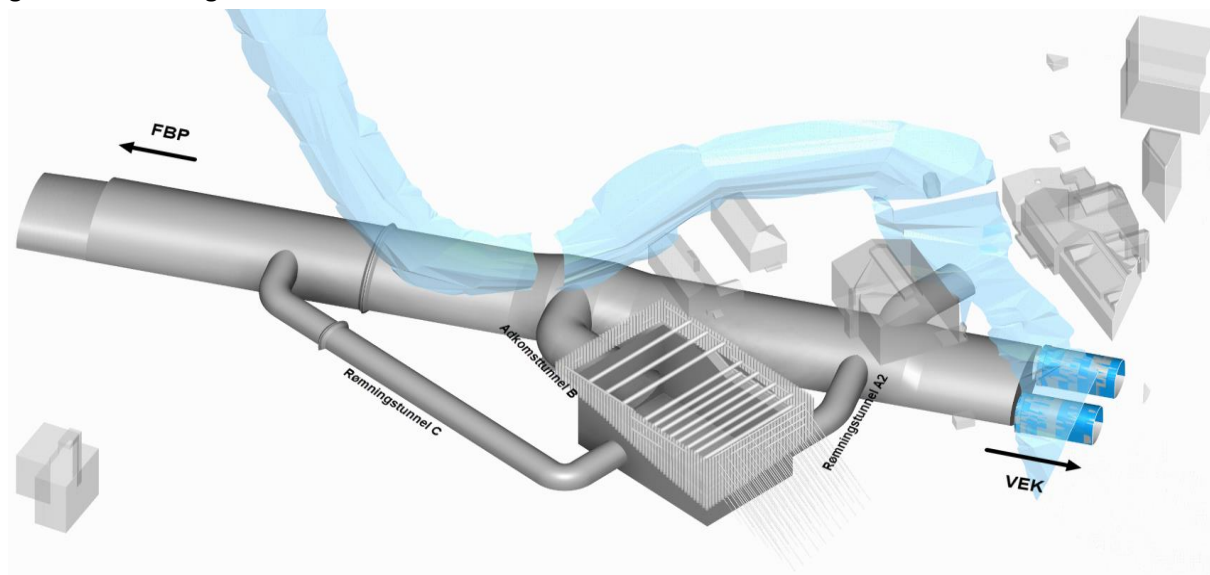
Denne rapporten er utarbeidet som en del av detaljprosjekteringen og før oppstart av anleggsarbeider. Stabiliserende tiltak er utført før utgivelse av denne revisjonen.

Fornebuibanen er en ny T-banestrekning, i et sammenhengende tunnelsystem, mellom Fornebu og Majorstuen. Banen er ca. 8 km lang og har seks underjordiske stasjoner, og skal gi bedre kollektiv betjening til et sentrumsnært område, som skal byggs ut med boliger og næringsarealer.

Foreliggende notat gir en vurdering av fare for progressivt brudd (områdestabilitet) ved byggegrop og nytt stasjonsområde ved Lysaker stasjon. Utredning er utført iht. NVE-veileder 1/2019, ref. [1]. Utredningen er en del av detaljreguleringsplanen for Fornebuibanen og er en oppdatering av tidligere utført utredning iht. NVE veileder 7/2014, ref. [2].

På Figur 3-1 ses plassering av stasjonsområde og ny tunnel ved Lysaker. På Figur 3-2 er anleggsområde angitt. Byggegroppen forutsettes installert med rørsput. Det skjer avlastning av terreng og massene inni og umiddelbart omkring rørsputen kalksementstabiliseres til bergoverflate før etablering av rørsput. Anleggsområde vil begrense seg til sør for Elveveien (vei langs Lysakerelva).

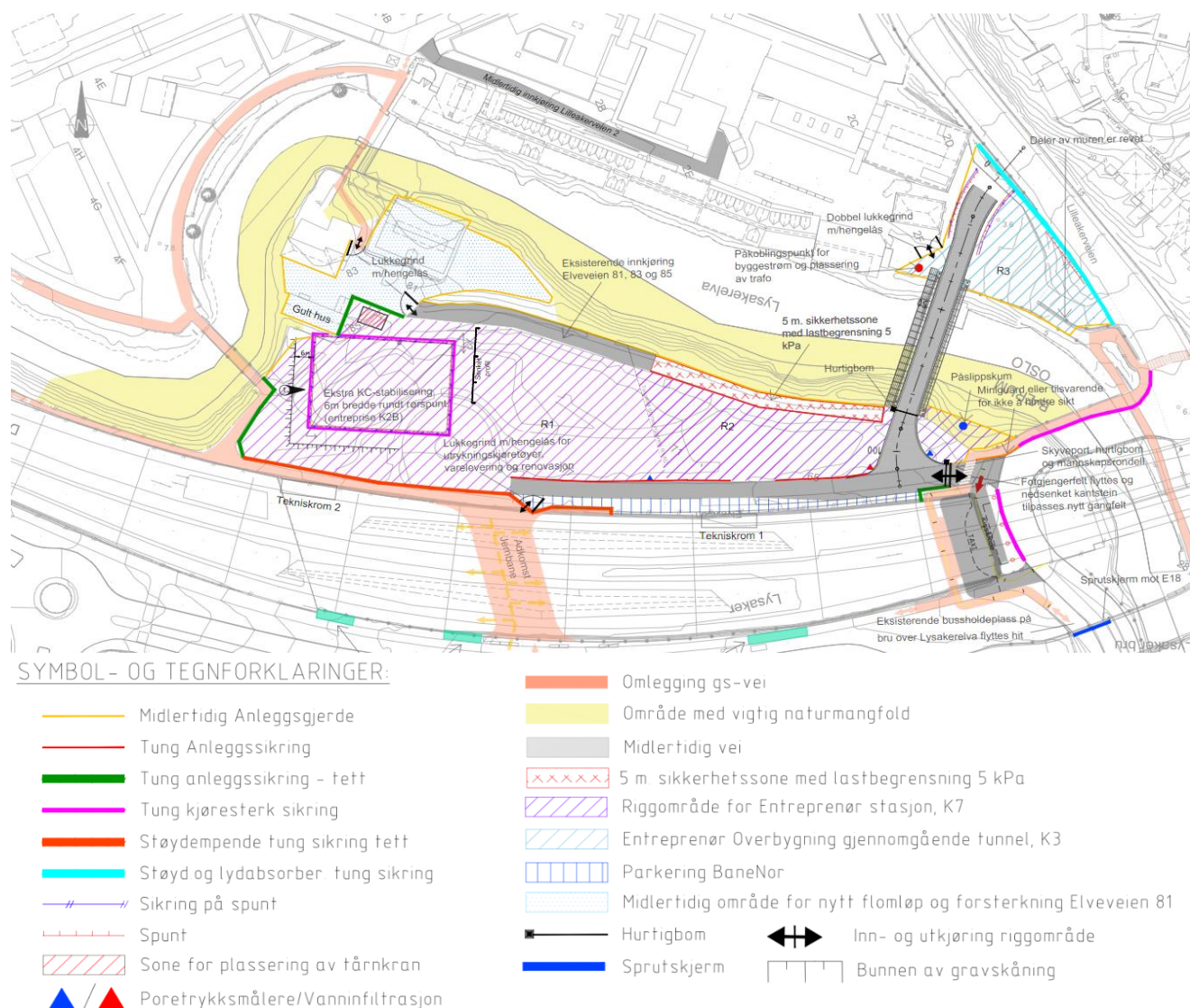
Kran for etablering av bygg etableres på peler. Mobilkran plasseres på lastfordelende plater eller grunnforsterket grunn.



Figur 3-1: Oversikt over nytt stasjonsområde og tunnel mot Fornebuporten (FBP) og Vækerø (VEK).



Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 9 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 3-2: Oversikt over planområde.

#### 4. FORMÅL

Formålet med områdestabilitetsvurderingen er å få klarhet i om tiltak for Lysaker T-banestasjon kan utgjøre risiko i forhold til områdestabilitet. I så tilfelle må det utføres tiltak for å redusere denne risikoen ved f.eks. stabiliserende tiltak.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 10 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 5. OMRÅDEBESKRIVELSE

Planområdet er i dag parkeringsplass for reisende som benytter Lysaker stasjon. Området omkranses mot sør av spor ved Lysaker stasjon og mot de andre sidene av Lysakerelven. Lysakerelven er demt opp mot vest.

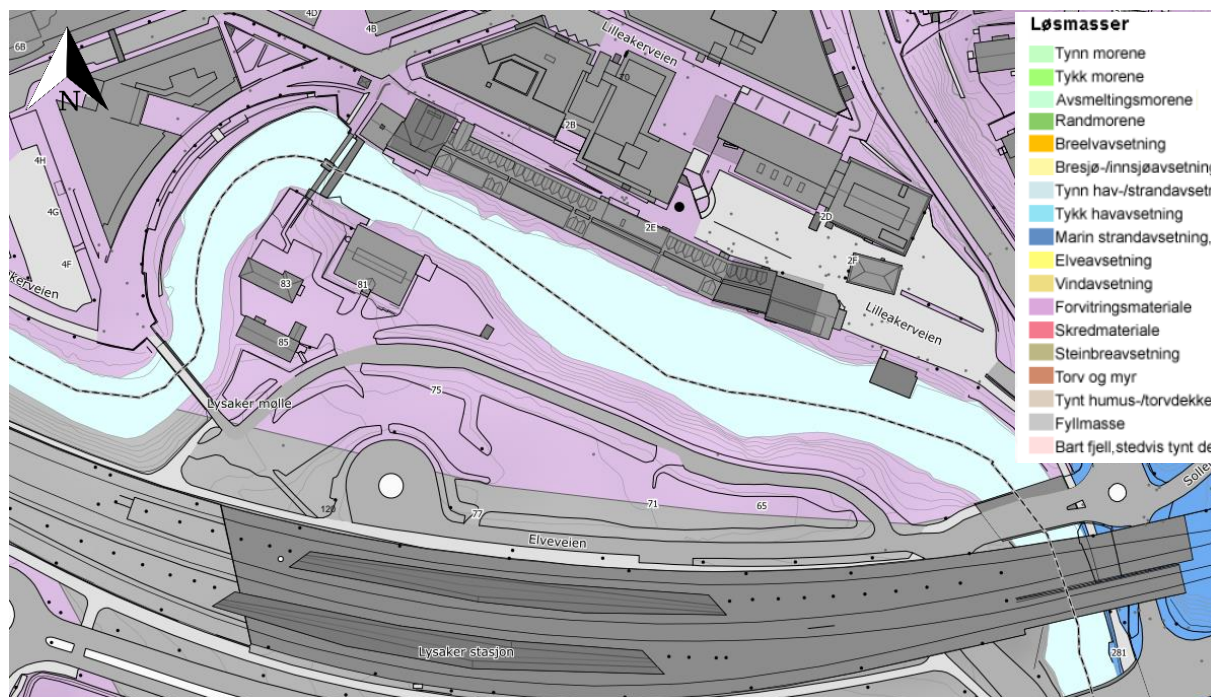
### 5.1 Topografi

Nivået på terreng ligger for store deler av området på ca. kote +6 til +10, høyest mot øst og fallende vestover - men det finnes variasjoner på terrenget mellom kote ca. +4,5 og +11. Området bærer preg av å være oppfylt og planert for bruk som parkeringsplass. Det henvises til kapittel 8.1.3 for nærmere beskrivelse av terreng.

### 5.2 Grunnforhold

#### 5.2.1 Kvartærgeologi

Et utsnitt av kvartærgeologisk kart er vist på Figur 5-1. Det kvartærgeologiske kartet indikerer at deler av området består av et øvre lag av fyllmasser og andre deler av området med forvittringsmaterialer. Fyllmasser kan forventes pga. den etablerte parkeringsplassen på området. Et kvartærgeologisk kart sier kun noe om de øvre løsmassene, og ikke noe om hva som befinner seg i dybden og er kartlagt marine avsetninger under fyllmassene på store deler av tomten.



Figur 5-1: Utsnitt av kvartærgeologisk kart (kart fra [www.ngu.no](http://www.ngu.no))

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 11 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 5.2.2 Utførte grunnundersøkelser

Det er utført grunnundersøkelser på tomten i flere omganger, sist med 7 totalsonderinger i 2020. Grunnundersøkelsene fra 2001 til 2019 er vist i rapport FOB-LYA-RIG-02. Oversikt over tidligere utførte grunnundersøkelser i området er vist i Tabell 5-1.

Tabell 5-1: Oversikt over tidligere utførte grunnundersøkelser

Rapportnummer (saksref.)	Oppdrag	Rapp. ref.*	År	Rapportnummer (saksref.)
101567-1	Banebetjening Fornebu: GU Datarapport (ref. [3])	A004	2001	101567-1
20001567-1	Dobbeltspor Skøyen – Asker Parsell 951149 Lysaker: GU Datarapport (ref. [4])	A045	2001	20001567-1
(04/1024 – SJU501)	Lysaker stasjon – supplerende grunnundersøkelser – Datarapport (ref. [5])	A043	2004	(04/1024 – SJU501)
4375	Nybygg: GU, fundamenteringsteknisk utredning og stabilitet elveskråning (ref. [6])	B021	1960	4375
163050	Elveveien Lysaker – GU Datarapport (ref. [7])	B008	2010	163050
PF-U-721-RB-0012_01G	Geoteknisk Datarapport Del 2, Vækerø – Lysaker (ref. [8])	-	2020	PF-U-721-RB-0012

\* Prosjektreferanse for nummerering av borpunkter fra de nevnte rapporter.

### 5.2.3 Beskrivelse av grunnforhold

Tidligere utførte grunnundersøkelser fra området er benyttet sammen med nye boringer til bestemmelse av grunnforhold. Det har blitt benyttet totalsonderinger, CPTU-sonderinger og opptak av 54 mm prøveserier for å bestemme løsmassenes sammensetning og dybder til berg.

Grunnforholdene ved stasjonen er i hovedsak preget av en bløt til middels fast siltig leire med varierende grad av fyllmasser over. Dybdene til berg varierer fra 1,1 m til 29,6 m. De grunneste bergnivåer er funnet vestover ved ca. 7,4 km og de største nivåer til berg er funnet der man nærmer seg kryssing av Lysakerelven lenger øst, ved ca. 7,25 – 7,3 km, se profilnummer på Figur 3-1.

Basert på supplerende undersøkelser og tidligere utførte grunnundersøkelser sør og nord for stasjonsområdet kan grunnforholdene beskrives som følger:

- 2 – 3,5 m av fyllmasser, eller naturlig tørrskorpeleire
- Den siltige leiren under tørrskorpenivået vurderes å være bløt til middels fast siltig leire med vanninnhold primært mellom 30 – 40%. Prøvetaking viser plastisitetsverdier ( $I_p$ ) med relativt stor variasjon.
- Massene består primært av siltig leire og leire ned mot berg. Det er imidlertid indikasjon på relativt mektige områder med fyllmasser nær veier (Elveveien og Lilleakerveien), parkeringsplasser og bygninger. Det er ingen tegn på gjennomgående morene mot berg.
- Bergmassene i området skal ifølge NGU-kart bestå av skifer og kalkstein i veksling. (Os-Rø-dekkekomplekset).

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 12 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

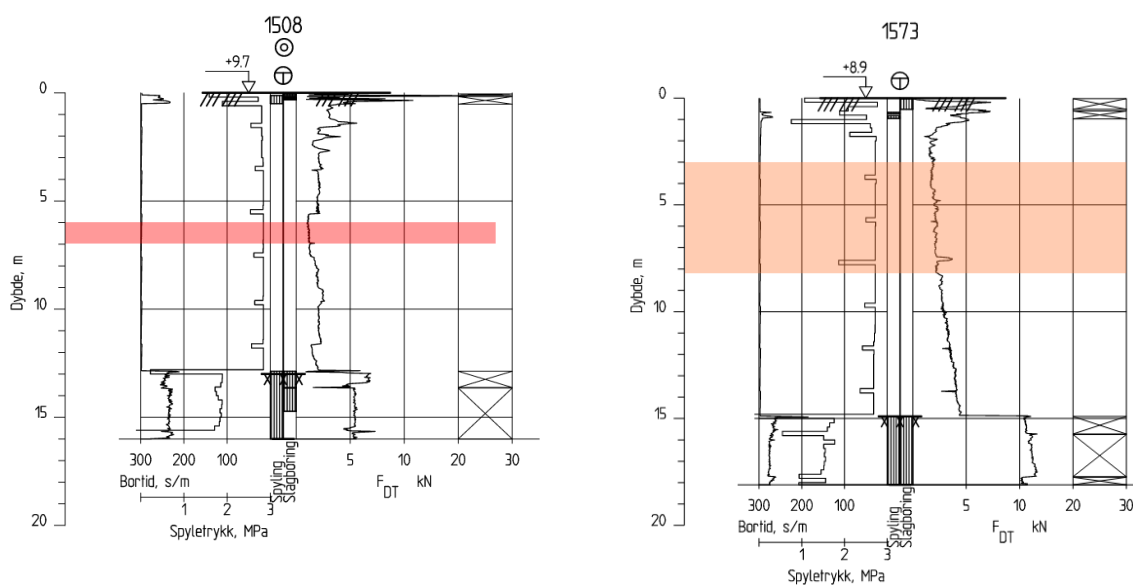
I forbindelse med undersøkelsene er det også funnet enkelte områder med sprøbruddmateriale som kan gi anledning til områdeskred. Det er gjort en tolkning av felt og laboratorieforsøk for å kartlegge sprøbruddmateriale i prosjektområdet. Iht. NVE veileder 1/2019, ref. [1], defineres sprøbruddmateriale i laboratoriet som materiale med omrørt skjærfasthet  $c_{u,r} < 2$  kPa (iht. NS8015) vurdert utfra prøveserier. I tillegg er totalsonderinger sammenholdt med prøveserier for å vurdere indikasjoner på sprøbruddmateriale. Prøvepunkter hvor det ikke er påvist eller gitt indikasjon på sprøbruddmateriale er tolket som enten "primært leire" eller "primært friksjonsmasser". I det etterfølgende vil eksempler på tolkning bli vist.

### 5.2.3.1 Området ved Lysaker mølle og byggegrop

I området er det tatt en prøveserie i borepunkt 1508 (7,3 km). Intakt prøve i 6-7 m dybde (kote +3,7 – 2,7) viser en lavest omrørt skjærfasthet på 1,7 kPa, dvs. leiren karakteriseres som sprøbruddmateriale, se Figur 5-5. I resten av profilet er det ikke påtruffet omrørt skjærfasthet lavere enn 2 kPa og massene er her karakterisert som "primært leire". Flere totalsonderinger rundt 1508 viser indikasjon på sprøbruddmateriale, bla. 1573 hvor det fra 3-8 m dybde ikke kan avvises at det påtreffes sprøbruddmateriale.

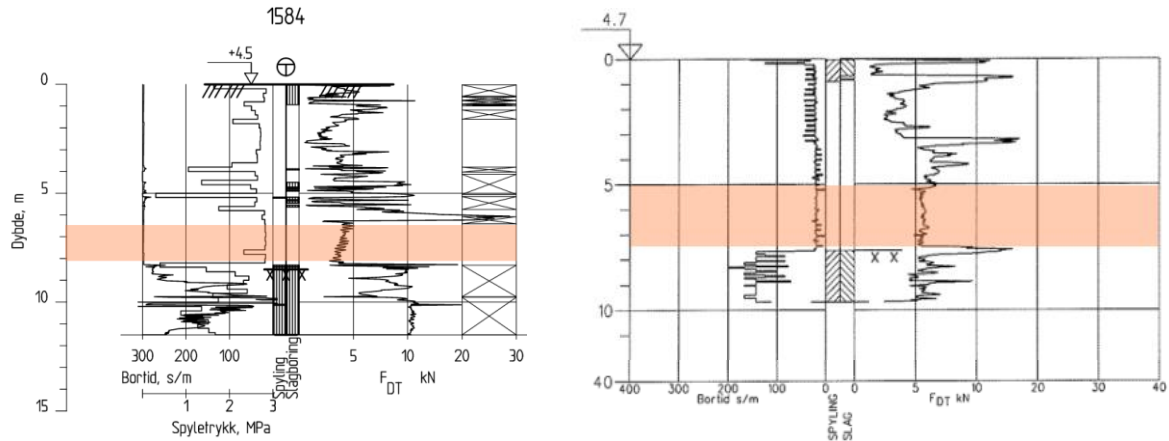
På østlig side av Lysaker mølle er det registrert to totalsonderinger med indikasjoner på sprøbruddmateriale, 1584 og A004-04, se Figur 5-3. Massene er registrert under 5-6,5 m fyllmasser i hhv. kote -2 til -3,5 og kote -0,3 til -2,8. Det er ikke tatt prøveserie i dette området. Det kan ikke avises at det her treffes et sammenhengende lag med kvikkleire fra byggegrop og mot nord til Lysakerelva.

På Figur 5-4 er det gjort en vurdering av et sammenhengende område med risiko for sprøbruddmateriale. Tolkning av grunnundersøkelsene er vist på figur. Området strekker seg fra byggegrop i sør til Lysaker mølle i nord.

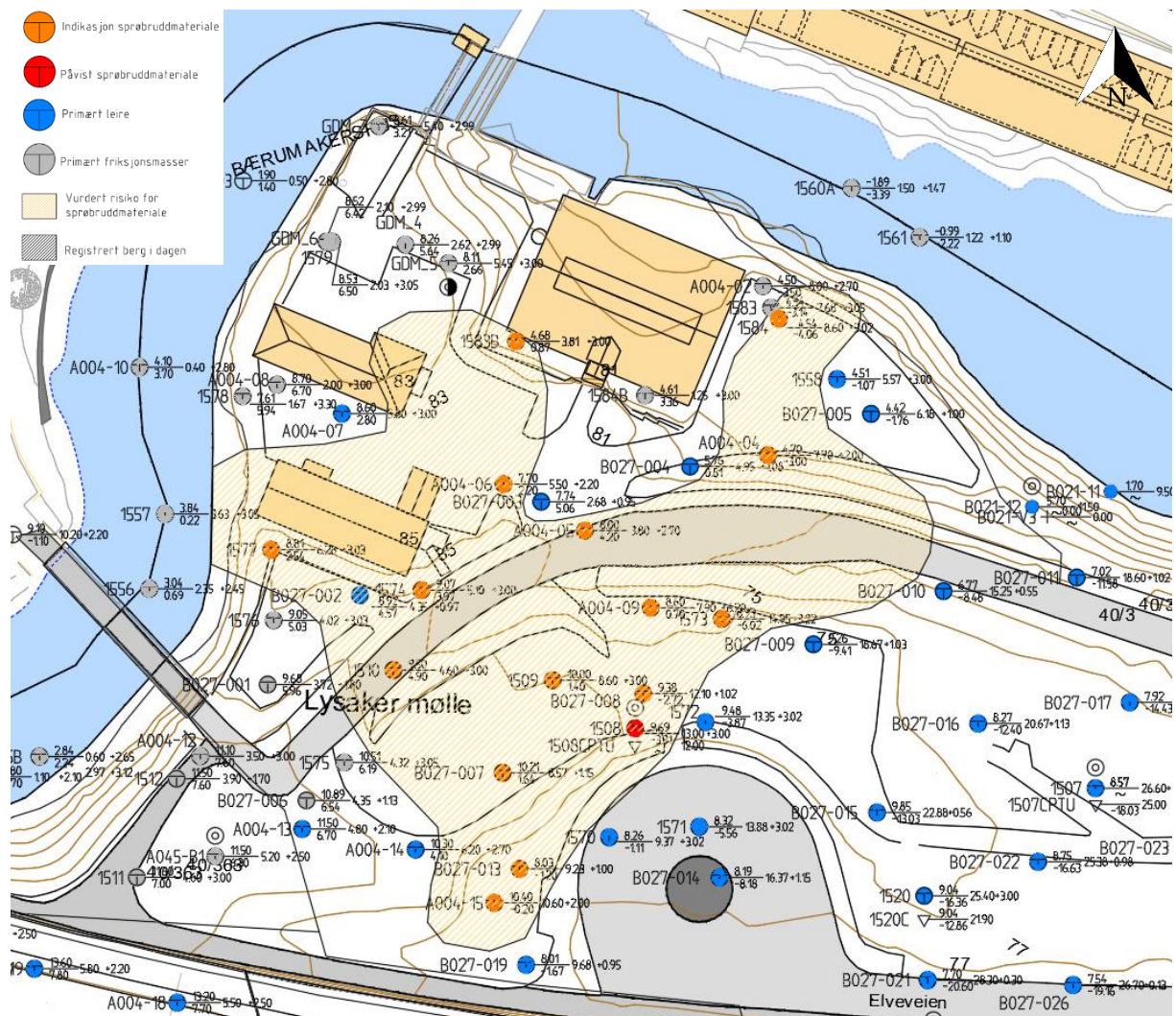


Figur 5-2: Borepunkt 1508 og 1573 fra [7] hvor det hhv. er påvist (rød farge) og indikasjon (oransje farge) på sprøbruddmateriale.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 13 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 5-3: Totalsonderinger fra hhv. borpunkt 1584 fra [7] og A004-04 fra [3] hvor det er indikasjon på sprøbruddmateriale.



Figur 5-4: Oversikt over tolkede borpunkter og vurdert område for sannsynlig forekomst av sprøbruddmateriale i området ved Lysaker mølle.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 14 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 5.2.3.2 Østlig del av planområdet

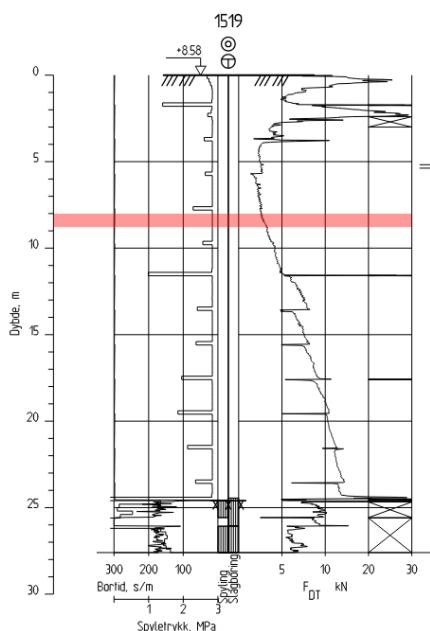
Det er påvist sprøbruddmateriale i prøvehull 1519 ved 8-9 m under terreng (kote + 0,58), se Figur 5-5, samt prøvehull B021-03 i kote +4,4 til +0,8. Det er registrert indikasjon på sprøbruddmateriale for enkelte totalsonderinger og dreisesonderinger i området, se Figur 5-6.

Alle boringene utenom 15xx-serien er utført før 2004. Det er i 2007 etablert VA-ledning i Elveveien lags jernbane, se ca. plassering på Figur 5-6. VA-ledningene er etablert i en dybde som tilsvare dybde for truffet kvikkleire. PGF har via prosjektet fått informasjon om at de bløte massene har blitt gravet opp og det vurderes derfor at en evt. sammenhengende lomme med sprøbruddmateriale har blitt delt opp.

Det har i 2021 blitt utført kalksementstabilisering i området markert på Figur 5-6. Eventuell sprøbruddmateriale i dette området har derfor blitt stabilisert og er ikke lengere en risiko. I forbindelse med installasjon av kalksementpeler ble det funnet mindre behov for kalksementstabilisering enn forventet.

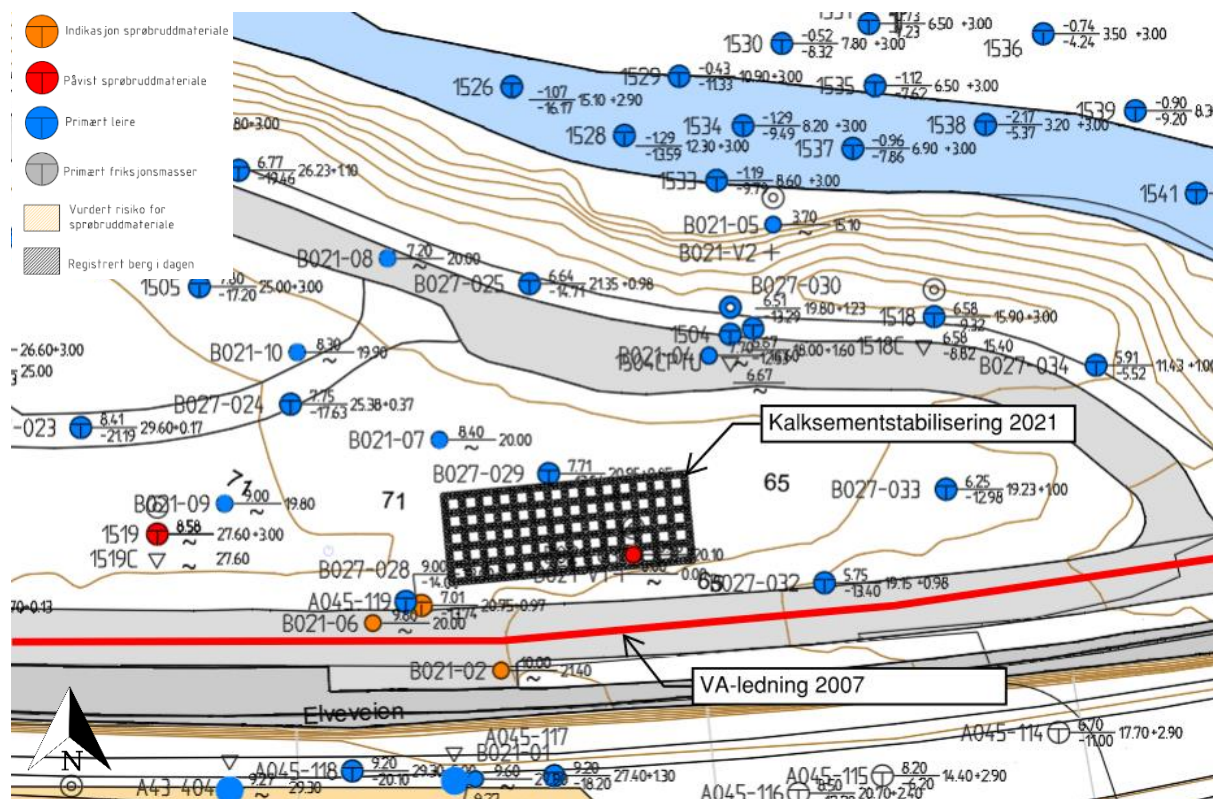
Med bakgrunn i ovenstående beskrivelse av området er det vurdert at det ikke treffes et sammenhengende område med kvikkleire i området, men kun mindre lommer av begrenset størrelse. Disse lommene vurderes ikke å gi risiko for områdeskred.

Lokalstabilitet langs elvekant i dette området må fortsatt ivaretas i detaljprosjekteringen.



Figur 5-5: Borpunkt 1519 fra [7] det er påvist sprøbruddmateriale markert med rødt.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 15 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

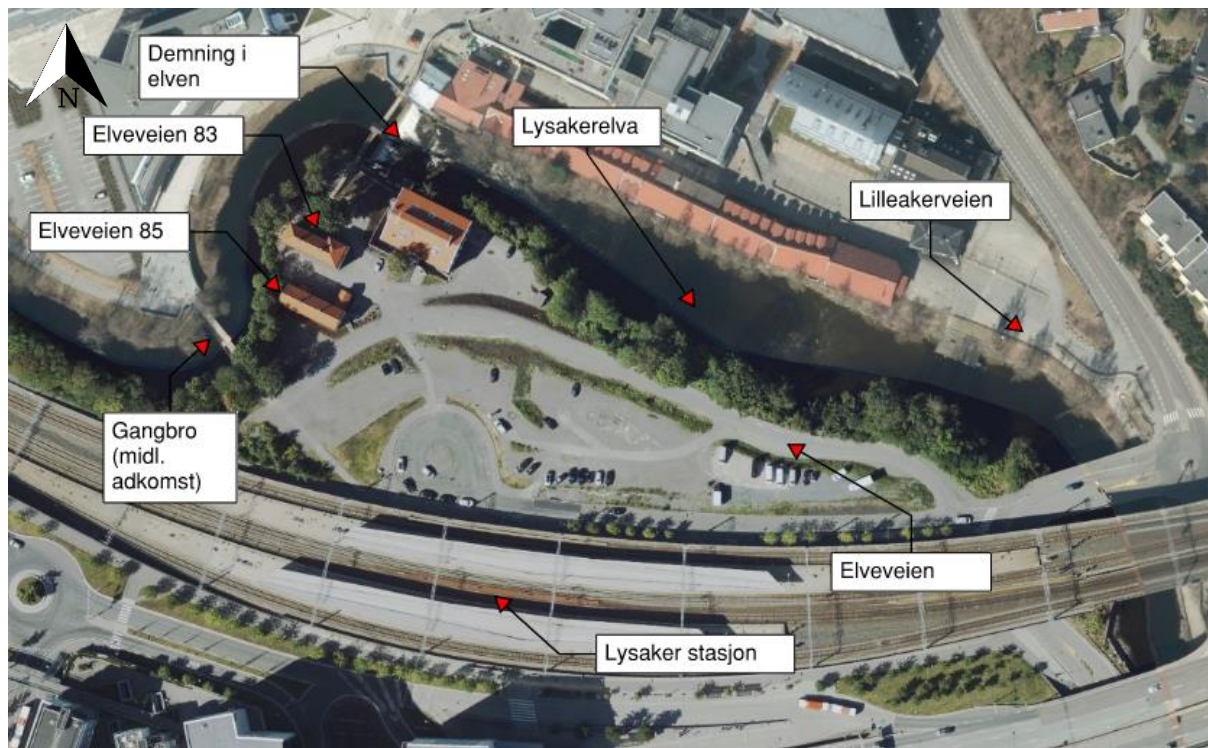


Figur 5-6: Oversikt over tolkede borpunkter, plassering av VA-ledning i Elveveien og plassering av kalksementstabilisering utført i 2021.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 16 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 6. POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG

Lysakerelven løper umiddelbart nord for prosjektområdet. Elven tilhører Osломarkavassdragene. Elven er demmet opp med en demning nord for den planlagte byggegropen. Det vises til Figur 6-1.



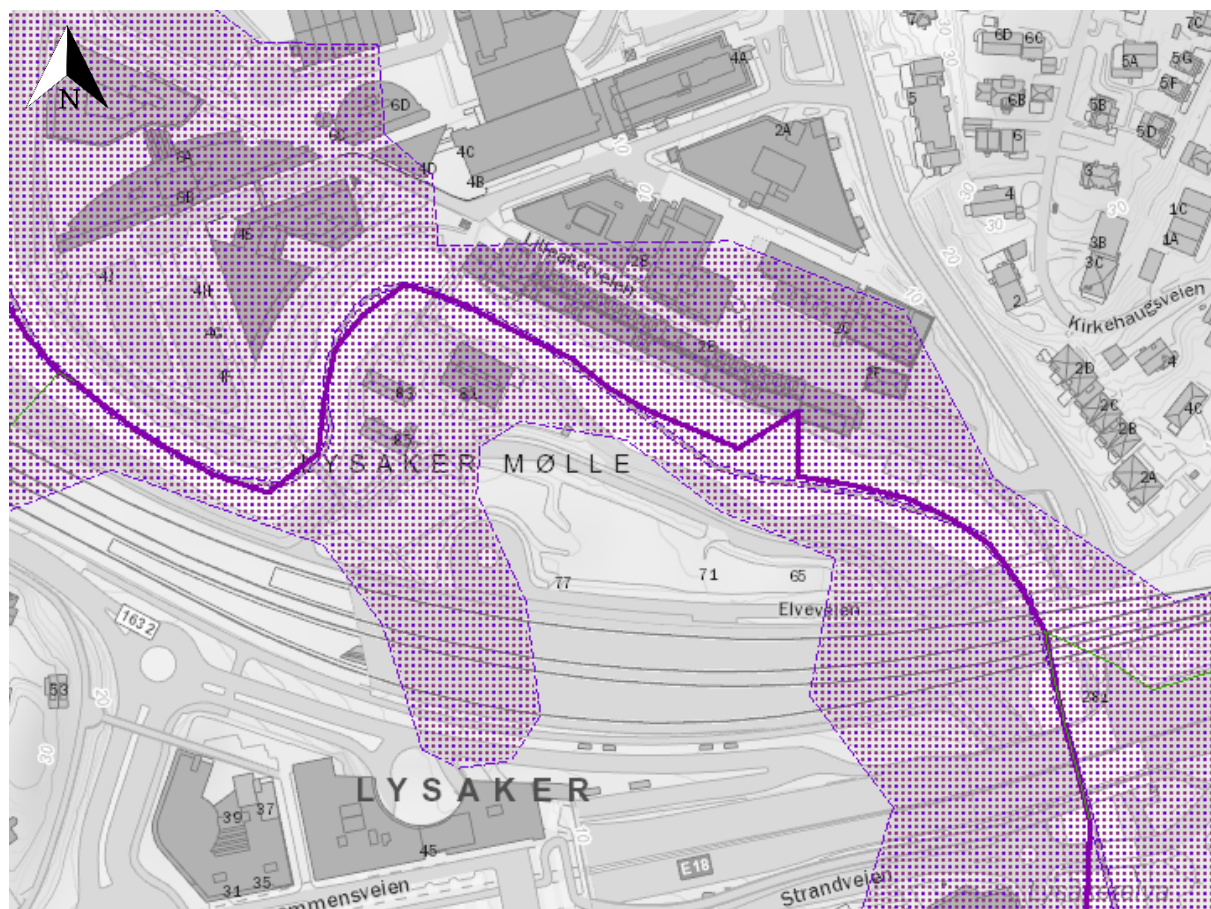
Figur 6-1: Flyfoto av prosjektområdet.

### 6.1 Oversvømmelse og isgang

Aktsomhetsområde for flom fra atlas.nve.no [9] er vist på figur 6-2. Som figuren viser, ligger området innenfor aktsomhetsområde for flom. Basert på data fra atlas.nve.no er forventet maksimal vannstandstigning ved flom rundt 6 – 7 m. I [10] er det gjort en flomvurdering av området. Flomkart fra 200 års hendelse er her produsert, se Figur 6-3.



Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 17 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-2: Aktsohmetsområde for flom (lilla skravur) fra atlas.nve.no [9].

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 18 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 6-3: Flomkart fra flomberegning av 200 års hendelse, ref. [10].

## 6.2 Erosjon

Strømforhold i Lysakerelva, der det treffes sammenhengende sprøbruddmateriale, kan potensielt utløse erosjon av skråningen mot elven på den nordlige del av tomten. Det er på møte med Bærum kommune 11.02.2021 beskrevet av Bærum kommune at skred i elveløpet i området erfaringsvis ikke er utløst av erosjon, men derimot en kombinasjon av bratt helning og manglende rotforankring i underliggende masser.

I tillegg til ovenstående er det registrert rolige strømforhold i elva i dette punktet. Det vurderes at erosjonen pågår i mindre grad der det er truffet sprøbruddmateriale og derfor ikke er kritisk for områdestabiliteten.

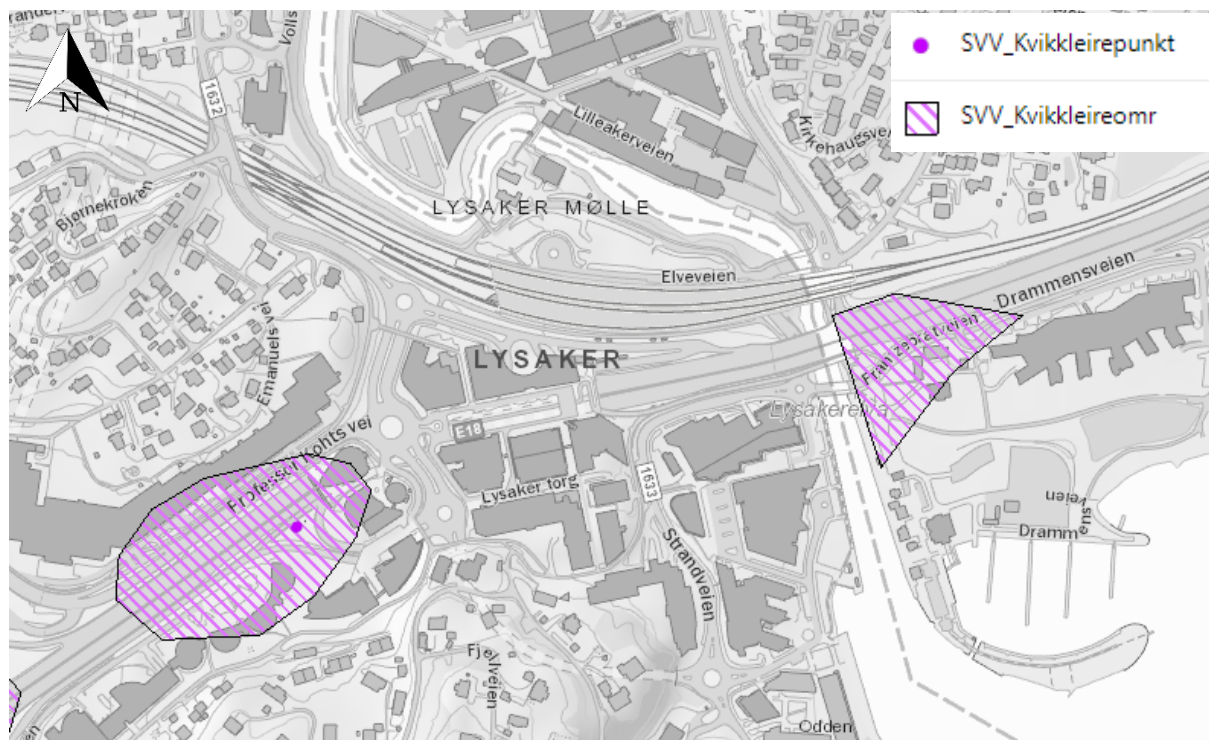
## 6.3 Skredlignende hendelser i bratte vassdrag

Det er ingen kjente skredhendelser i området basert på registrerte hendelser på nve.atlas.no.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 19 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 7. TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE OG TIDLIGERE KVIKKLEIRESKRED

NVE sine kart, ref. [9], viser at området ikke ligger innenfor tidligere kartlagte faresoner for kvikkleireskred, ref. Figur 7-1. Under etablering av E18 (Drammensveien) på 1960-tallet er det truffet kvikke masser sørøst og sørvest for Lysaker stasjon, registrert som SVV kvikkleireområder i kartløsningen. Det vises til Figur 7-1.



Figur 7-1: NVE farekart som ikke viser registrerte skredd eller kjente/eksisterende kvikkleiresoner i prosjektområdet. Merk kvikkleiresonene identifisert i Drammensveien (E18).

Under Bane NOR sin utvidelse fra to til fire spor mellom Lysaker stasjon og Sandvika stasjon er det registrert kvikke masser under installasjon og utgraving i byggegropa. I disse arbeidene har man hatt problemer med stedets bløte, kvikke leire knyttet til inntrenging av kvikkleire i staghull samt mellom spuntfot og fjell. Det har vært flere hendelser der det har kommet titalls kubikk kvikkleire inn under spuntfot.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 20 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 8. FARE FOR KVIKKLEIRESKRED

### 8.1 Gjennomgang av prosedyre NVE veileder 1/2019

Tabell 8-1 viser oppsummering av gjennomgang av prosedyren i henhold til i avsnitt 3.2 i ref. [1]. Vurdering av punktene er videre gitt i avsnitt.

Tabell 8-1: Oppsummering av gjennomgang av prosedyre etter NVE veileder 1/2019.

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er ikke tidligere registrert faresoner i området
2.	Avgrens områder med mulig marin leire	Hele området ligger under marin grense. Det er marine avsetninger under fyllmasser på store deler av tomten, og det er funnet sprøbruddmateriale på området. Et enkelt område er registrert med sannsynlig sammenhengende sprøbruddmateriale.
3.	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Området er vurdert som et platåområde. På toppen er området stort sett flatt, mens det mot elvekant finnes helning brattere enn 1:20 og skråningshøyde over 5 m.
4.	Bestem tiltakskategori	Tiltaket plasseres i tiltakskategori K4
5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde	Det er registrert et enkelt område hvor terreng tilsier risiko for områdeskred i sammenheng med sammenhengende flate av sprøbruddmateriale.
6.	Befaring	Vurderinger av bergforløp er utført på befaring.
7.	Gjennomfør grunnundersøkelser	Grunnundersøkelser er utført i flere runder i området.
8.	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder	Et område er registrert som sannsynlig løsneområde for områdeskred.
9.	Klassifiser faresonen	Faresone er klassifisert som "Lav faregrad," "alvorlig konsekvensklasse" og "Risikoklasse 3"
10.	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet	Tiltaket ligger lengere enn 2 x skråningshøyde bak skråningskant og det vurderes derfor at influensområdet til tiltaket ikke påvirker stabiliteten i skråningskanten.  Flaskred kan påvirkes av anleggsaktivitet. Det er vurdert at planlagt avlastning av området og kalksementstabilisering vil forbedre stabiliteten i tilstrekkelig grad og at risikoen for flaskred som berøre tiltaket er ivaretatt. Anleggstrafikk fra gravearbeider og kalksementstabilisering vurderes ikke å forverre stabiliteten.
<b>Konklusjon</b>		Vurderinger av tiltak sammenlignet med skråningshelning, høyde og bergforløp samt stabilitetsvurderinger har funnet at fare for områdeskred er ivaretatt for tiltaket.

#### 8.1.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området

Ved gjennomgang av NVE Atlas, ref. [9], det ikke funnet noen kartlagte faresoner i området.

#### 8.1.2 Avgrens områder med mulig marin leire

Hele området for Lysaker stasjon ligger under marin grense.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 21 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Det er marine avsetninger i form av leire under fyllmasser på store deler av tomten, og det er funnet sprøbruddmateriale to steder på området. Området, hvor man har funnet indikasjon på sammenhengende sprøbruddmateriale, er vist på Figur 5-4. I det østlige området er det vurdert at det ikke treffes sammenhengende område med sprøbruddmateriale, se kapittel 5.2.3.2.

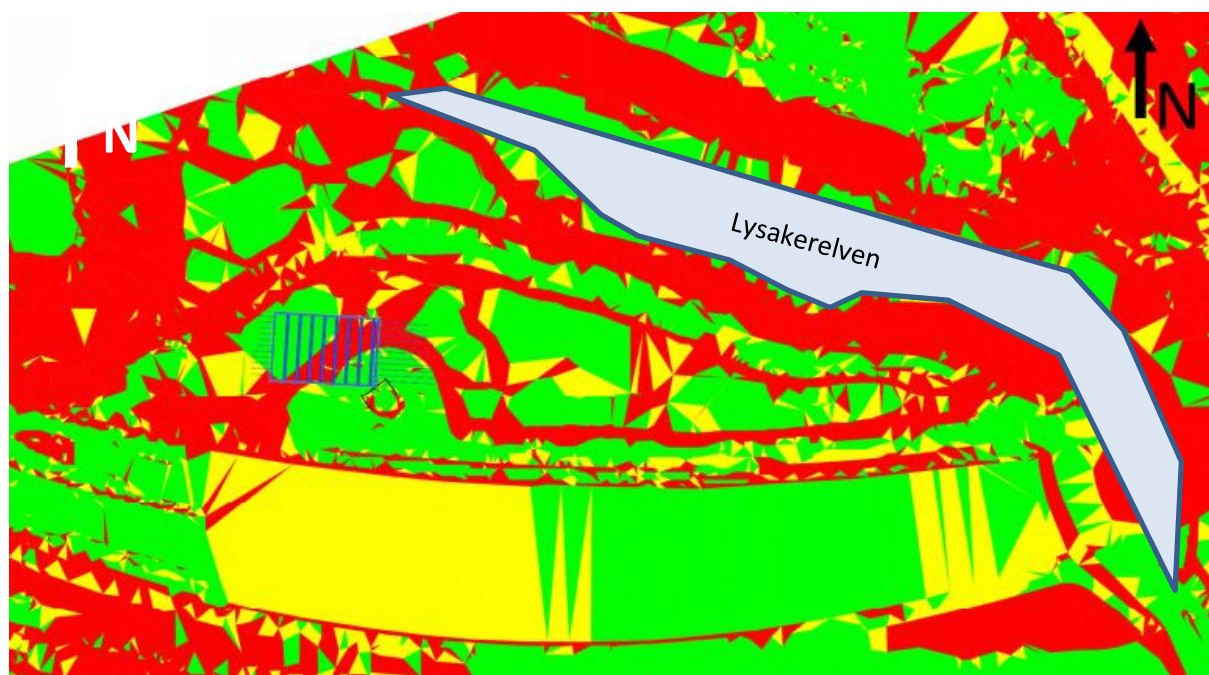
### 8.1.3 Avgrens aktsomhetsområder til terreng som tilser mulig fare for områdeskred

I henhold til NVEs veileder 1/2019 [1] skal det utføres en terrengeanalyse med konservative kriterier for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir mulighet for områdeskred.

Følgende kriterier skal benyttes på dette stadiet i utredningen:

- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og total skråningshøyde > ca. 5 m.
- I platåterreng: Høydeforskjeller på 5 m og mer.
- Maksimal bakovergripende skredutbredelse = 20 ganger skråningshøyde, målt fra fot skrånning og definerer aktsomhetsområdet.

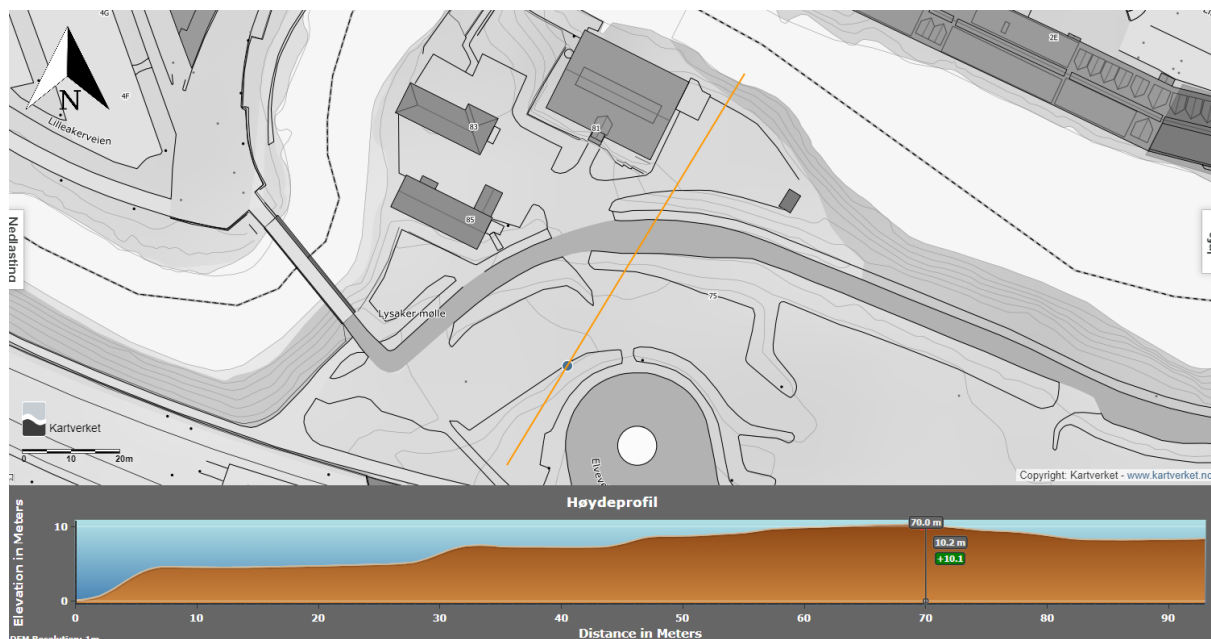
På grunnlag av dette er det utført en terrengeanalyse i Autodesk Civil 3D 2019. Resultatene av analysen er presentert i figur 8-1. Terrenghelning under 1:20 gir vanligvis ikke fare for områdeskred, og helning under 1:20 er vist med grønt i figuren. Empiriske data tyder på at de aller fleste løseområder for kvikkleireskred begrenser seg til en terrenghelning større enn 1:15 for jevnt hellende terreng, terrenghelning mellom 1:20 og 1:15 er derfor vist med gult. Terreng med helning brattere enn 1:15 er vist med rødt. Resultatene fra terrengeanalysen tar ikke hensyn til skråningshøyden, altså kan det være rødmarkerte områder som ikke gir fare for områdeskred da høydeforskjellen er lavere enn 5 m.



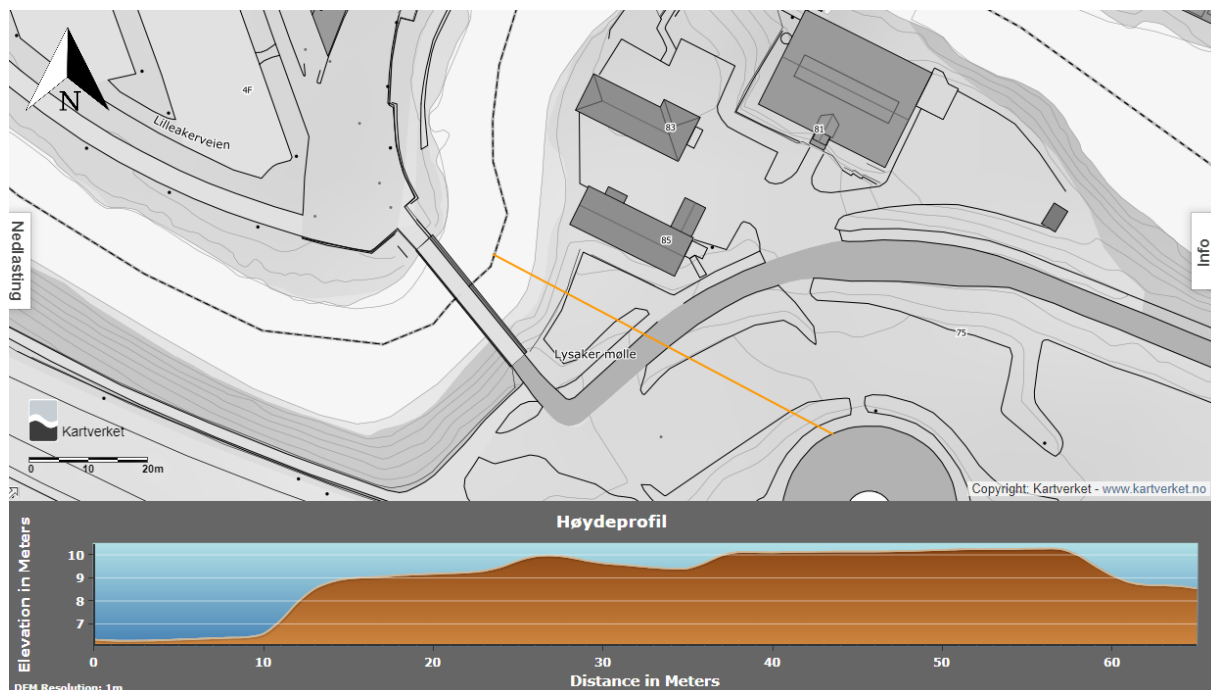
Figur 8-1: Terrengeanalyse av området. Grønn: helning <1:20. Gul: helning mellom 1:20 og 1:15, Rød: helning > 1:15. Lysakerelven er markert med blå.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 22 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Det er funnet sensitive masser i den vestlige ende av byggegropen. Det vises til Figur 5-4. Her er det partier med helning både over 1:20 og 1:15 (det vises til Figur 8-1). Lengdesnitt som vist på Figur 8-2 og Figur 8-3 viser platå ut mot Lysakerelva med høydeforskjell på omtrent 7,5 m (antatt vanndybde på 1,5 m). Det kan derfor være mulig løснеområde i dette området. Området må vurderes videre.



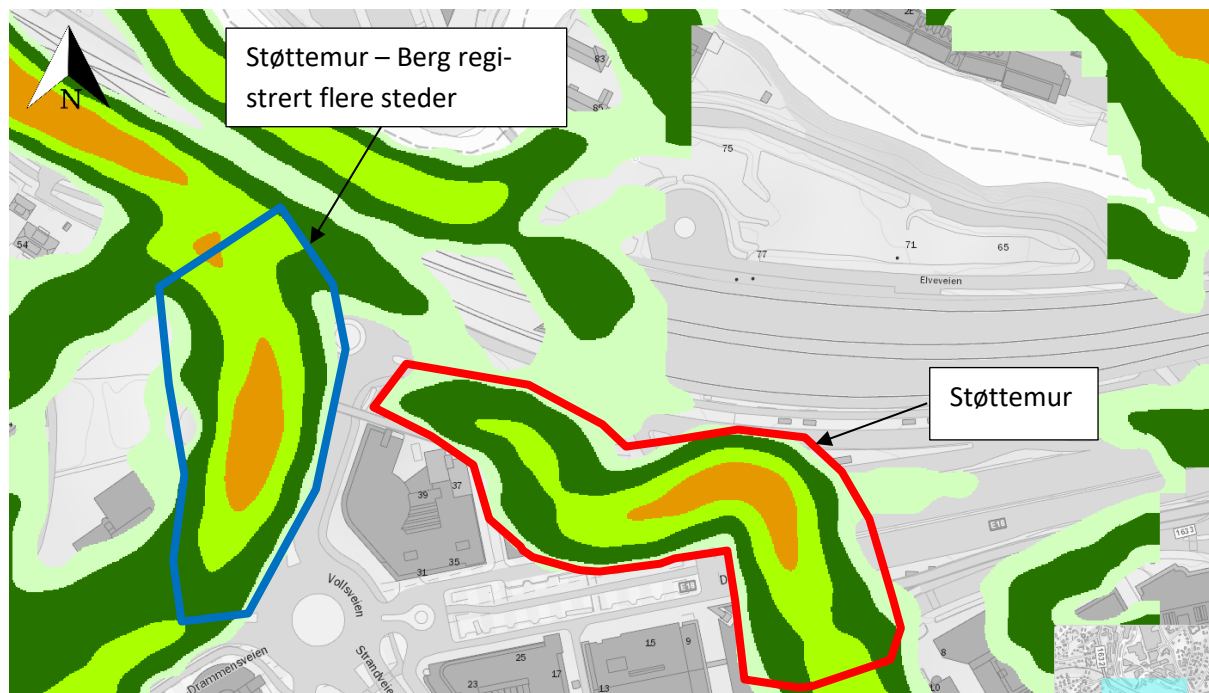
Figur 8-2: Lengdesnitt 1 for vestre del av tomt (www.hoydedata.no). OBS: vanndybde i elva er ikke inkludert i snitt.



Figur 8-3: Lengdesnitt 2 for vestre del av tomt (www.hoydedata.no). OBS: vanndybde i elva er ikke inkludert i snitt.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 23 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Sør for jernbaneområdet er det registrert helninger som tilsier risiko for områdeskred. Jf. Figur 8-4 er det registrert hhv. støttemur og berg i dagen i de kritiske områder. Det vurderes at det ikke treffes løснеområder sør for planlagte tiltak som vil ha utløp i planområdet.



Figur 8-4: Helningskart fra NVE atlas, ref. [9], med angivelse av støttemur og berg i dagen ved kritiske helninger.

#### 8.1.4 Avklar hvor nøyaktig utredningen skal være

##### 8.1.4.1 Valg av tiltakskategori

Utredningen utføres i forbindelse med detaljprosjektering av Lysaker stasjon og skal avklare eventuell fare for områdeskred i dette området. I henhold til design basis for geoteknikk, ref. [11], og NVE veileder 1/2019 er prosjektet funnet å være i tiltakskategori K4.

##### 8.1.4.2 Nivå på kvalitetssikring

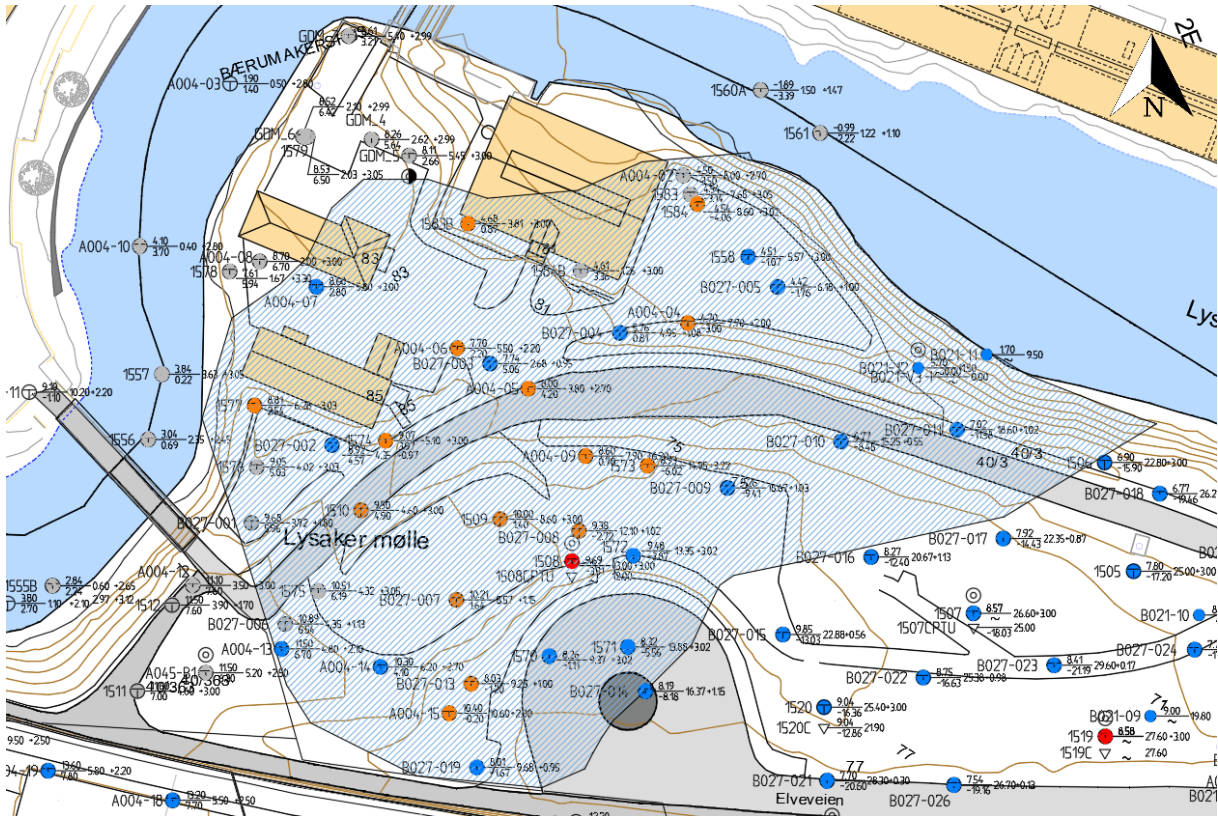
Denne utgaven av rapporten har gjennomgått intern kvalitetssikring. Tiltakskategori til planlagt tiltak medfører at vurderingen må til uavhengig kvalitetssikring ved uavhengig foretak iht. NVE veileder 1/2019. Iht. NVE veileder 1/2019 anbefales det kommunen ikke å godkjenne planer eller byggesøknader hvor utredningen ikke er kvalitetssikret. Gjennomført kvalitetssikring skal beskrives og dokumenteres.

#### 8.1.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde

Ovenstående gjennomgang av grunnlag viser, at det er registrert et område ved byggegrop som må vurderes nærmere. Det vurderes mulig løснеområde fra det sammenhengende område med sprøbruddmateriale ved byggegrop. Vurdert mulige konservative løснеområde er vist på Figur 8-5. Sonen er avgrenset av vurdert område med risiko for sprøbruddmateriale. I tillegg er det inkludert en

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 24 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

randsone rundt sprøbruddmateriale ved bruk av glideflate på 1:3 fra underkant sprøbruddmateriale. Dette er vurdert at 20 x skråningshøyde ligger lengere bak enn avgrenset område med sprøbruddmateriale. I det etterfølgende vil mere detaljert analyse sonen gjøres.



Figur 8-5: Mulig løsnemråde øst for Lysaker mølle, markert med blå skravur.

### 8.1.6 Befaring

Det er utført befaring av området. Berg i dagen er registrert nord for Lysaker mølle, se Figur 5-4.

Vannhastigheter langs mulig løsnemråde er på befaring vurdert rolige og det er ikke funnet tegn på kritisk erosjon. Det henvises til kapittel 6.2 for nærmere beskrivelse av erosjonsforhold. Erosjon vurderes ikke som kritisk for løsnemrådene og erosjonssikring vurderes ikke nødvendig for å sikre planlagte tiltak.

### 8.1.7 Gjennomfør grunnundersøkelser

Det er utført nye grunnundersøkelser i området. Det vurderes at det er god oversikt over løsmasser og bergforløp i området. Basert på de tilgjengelige grunnundersøkelser er utbredelsen av sprøbruddmateriale begrenset til området vist på Figur 5-4. For nærmere beskrivelse henvises til kapittel 5.2.3.

### 8.1.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder

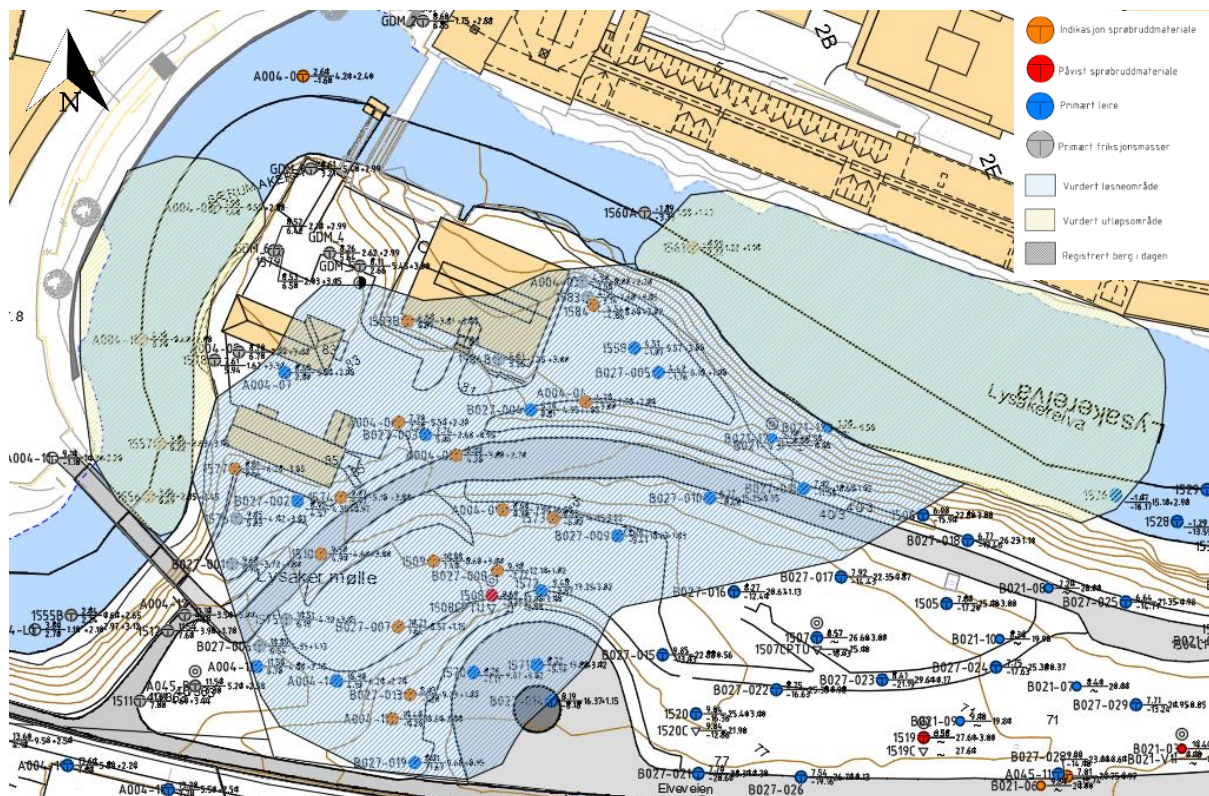
Mulig løsnemråde er angitt på Figur 8-5. Metodikk for vurdering av skredmekanisme følger anvisninger i NVE veileder 1/2019, ref. [1].



Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 25 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Det er registrert sprøbruddmateriale i området. Registrert omrørt skjærfasthet i vurderte prøver viser overveiende verdier over 1 kPa. Det vurderes derfor at det høyst sannsynlig vil være tale om et rotasjonsskred eller flakskred i området.

Lengden på løснеområdet vil være avhengig av om skredet vil karakteriseres som et rotasjonsskred eller flakskred. Utfra den relative dype plassering av sprøbruddmateriale (se lagdeling i kapittel 8.1.10.2) i området ut mot skråningskanten vurderes det sannsynlig at skredd vil skje som rotasjonsskred. Dog viser stabilitetsberegninger presentert i senere avsnitt at et flakskred kan initieres ved høy belastning lengre bak. Utfra anvisninger i NVE veileder 1/2019 vil lengde på løснеområde ha en lengde til det treffes en naturlig grens. I dette tilfellet blir begrensningen av sprøbruddmateriale i sør. Utløpsområde vil, iht. NVE veileder 1/2019, begrense seg til omtrent 0,5 x løsneområde. Avgrenset sone kan ses på Figur 8-6.



Figur 8-6: Avgrenset løsne- og utløpsområde ved Lysaker mølle.

## 8.1.9 Klassifiser faresonen

### 8.1.9.1 Metode

Området plasseres i faregrads-, konsekvens- og risikoklasse etter kriteriene og metodikk i NVE-ekstern rapport 9/2020, ref. [12]. Utløpsområdet gis samme klassifisering som løsneområdet. I tidligere revisjon av områdestabilitetsvurderingen var det ikke inkludert faresone og klassifisering av denne.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 26 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 8.1.9.2 Faregrad

Det presiseres at grunnlaget for vurderinger av de ulike faktorene i matrisen er basert på tidligere kart, lagdeling fra totalsonderinger, og geotekniske parametere (sensitivitet og OCR) fra prøveserier i området. Faregradsklassifisering ses i Tabell 8-2.

Tabell 8-2: Faregradsklassifisering av faresone ved Lysaker mølle.

Faktorer	Vekttall	Faregrad, score	Poeng	Begrunnelse
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Det er ikke registrert tidligere skredaktivitet innenfor prosjektområdet.
Skråningshøyde, meter	2	0	0	Skråningshøyde H = 7,5 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	OCR basert på prøveserier i området. Iht. [13] ligger OCR over 1,2.
Poretrykk. Overtrykk, kPa: Undertrykk, kPa:	3 -3	0	0	Det er vurdert hydrostatisk poretrykksfordeling basert på piezometre i prosjektområdet.
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Forekomst og mektighet til eventuell kvikkleire i skråningen er vurdert å være på omtrent 2-3 m. Dette tilsvarer omtrent H/3 av skråningshøyden. Det vurderes at score på 2 er representativ.
Sensitivitet	1	0	0	Sensitivitet er vurdert fra prøveserien i borpunkt 1508, som indikerer at sensitiviteten ikke overstiger 9.
Erosjon	3	0	0	Det vurderes at det er lite aktiv erosjon i Lysakerelva som kan gi anledning til skred. Vannforholdene er vurdert rolige.
Inngrep: Forverring Forbedring	3 -3	2	6	Skråningshelning økt og terreng økt med 2-4 m.
<b>Sum</b>			<b>14</b>	
<b>% av maksimal poengsum</b>			<b>27 %</b>	
<b>Faregrad</b>			<b>Lav</b>	

### 8.1.9.3 Konsekvensklasse

Vurdering er gjort ved gjennomgang av kart og flyfoto på NVE Atlas, ref. [9], og google maps.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 27 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Tabell 8-3: Evaluering av skadekonsekvens av faresone ved Lysaker mølle.

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score	Poeng	Begrunnelse
Boligheter, antall	4	0	0	Det er ikke registrert boenheter innenfor faresonen
Næringsbygg, personer	3	3	9	Næringsbygg med personopphold er registrert innenfor faresonen
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Det er ikke registrert annen bebyggelse innenfor faresonen
Vei, ÅDT	2	0	0	Det er registrert mindre tilkomstvei innenfor faresonen. Vurdert ÅDT <100
Toglinje, bruk	2	0	0	Det er ikke registrert toglinje innenfor faresonen
Kraftnett	1	0	0	Det er ikke registrert annet enn lokale kraftnettlinjer innenfor faresonen
Oppdemning og flodbølge	2	3	6	Det vil skje oppdemning av Lysakerelva dersom det går skred i området
<b>Sum</b>			<b>15</b>	
<b>% av maksimal poengsum</b>			<b>33 %</b>	
<b>Konsekvens</b>			<b>Alvorlig</b>	

#### 8.1.9.4 Risikoklasse

Risikoklassen finnes ved å multiplisere prosentatsene for faregrad og konsekvens. Resultat blir da 891 som tilsvarer **Risikoklasse 3** iht. NVE-ekstern rapport 9/2020.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 28 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 8.1.10 Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet

#### 8.1.10.1 Sikkerhetskrav

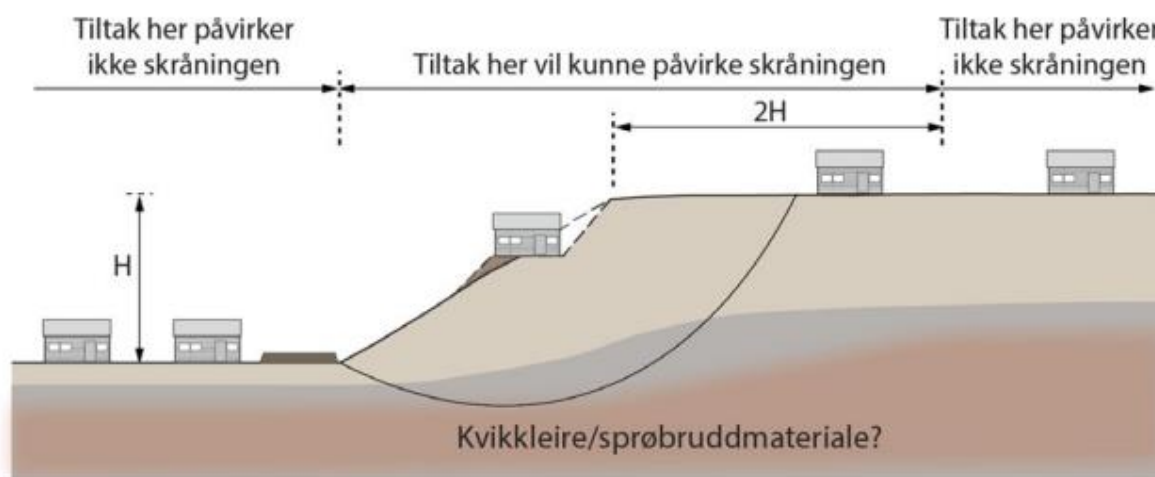
Sikkerhetskrav for planlagte tiltak avhenger av tiltakskategorier og sonens faregrad. I dette prosjektet er alle tiltak plassert i tiltakskategori K4.

Dersom tiltaket forverrer dagens stabilitet skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor  $F_{cu}=1,40 \cdot f_s$  og  $F_{c\varphi}=1,25$ , hvor  $f_s$  er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene. Faktor  $f_s$  er alltid lik 1,15.

Dersom tiltaket ikke forverrer dagens stabilitet, kreves det i tiltaksklasse K4 absolutt sikkerhetsfaktor henholdsvis lik 1,4 og 1,25. Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\varphi}$  økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019.

Prosentvis forbedring kan kun oppnås ved topografiske endringer og/eller bruk av lette masser. Hvis områdestabiliteten sikres ved grunnforsterkning, kreves det sikkerhetsfaktor på  $F_{cu} = 1,40$  og  $F_{c\varphi} = 1,25$  etter sikringstiltaket er utført.

Hvis kritisk skråning i faresonen ligger utenfor influensområdet til tiltaket, oppfylles krav til sikkerhet ved  $F_{c\varphi}=1,25$ , samt krav til robusthet  $F_{cu}=1,20$ . Ved lavere sikkerhet må  $F_{cu}$  og  $F_{c\varphi}$  økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3 i NVE veileder 1/2019. Anbefalt avstand fra skråningskant hvor tiltakets influensområde ikke påvirker skråningen er iht. NVE veileder 1/2019 2 x skråningshøyde, se Figur 8-7.



Figur 8-7: Terrengsnitt som viser prinsipp for når en skråning kan vurderes upåvirket av tiltaket (utenfor tiltakets influensområde), ref. [1].

Prosentvis forbedring kan kun oppnås ved topografiske endringer og/eller bruk av lette masser. Hvis områdestabiliteten sikres ved grunnforsterkning, kreves det sikkerhetsfaktor på  $F_{cu}=1,40$  og  $F_{c\varphi}=1,25$  etter sikringstiltaket er utført.

Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges med erosjonssikring.

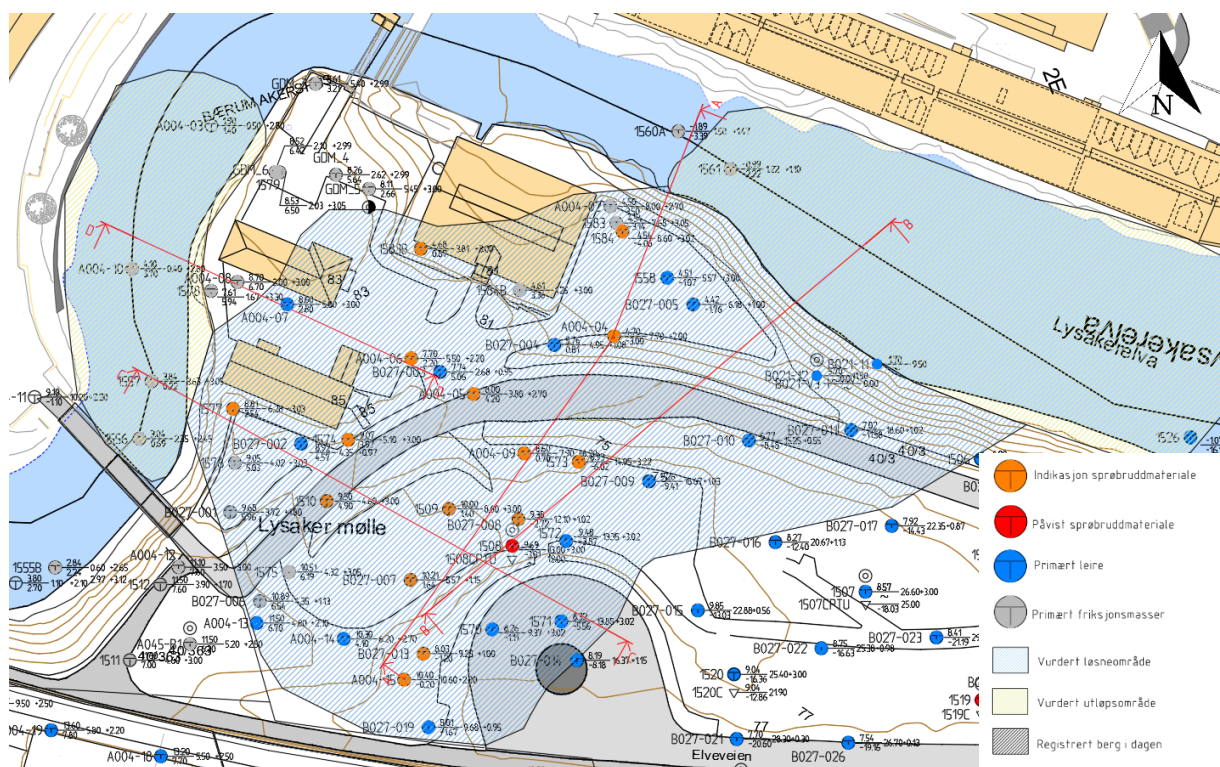
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 29 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

### 8.1.10.2 Geometri

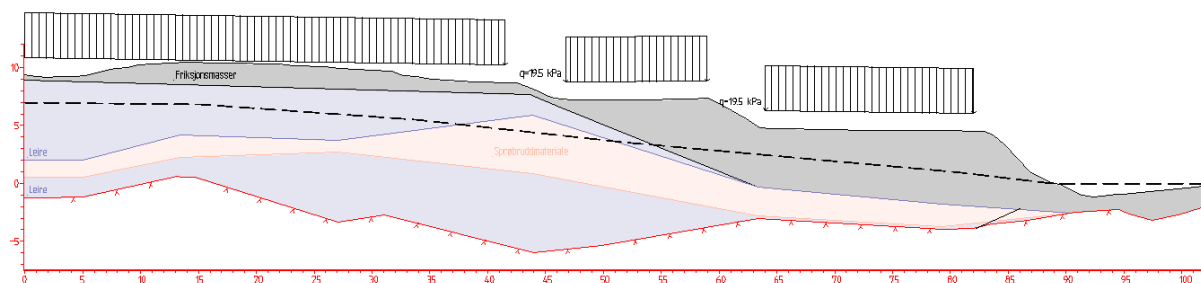
Det er gjort stabilitetsberegning i snitt A-A, B-B og C-C angitt på Figur 8-8. Vurdert lagdeling fra grunnundersøkelsene er angitt på hhv. Figur 8-9, Figur 8-10 og Figur 8-11.

Last på vei og parkeringsplass er iht. [11] 15 kPa påført lastfaktor på 1,3.

Forventet lagdeling for Snitt D-D er angitt på Figur 8-8. Det vurderes i dette snittet at eventuelle stabilitetsbrudd i leire- og friksjonsmassene ut mot elva i vest ikke vil medvirke til områdeskred da berg og faste masser vil avgrense brudd i å treffe den sammenhengende flate med sprøbruddmateriale.

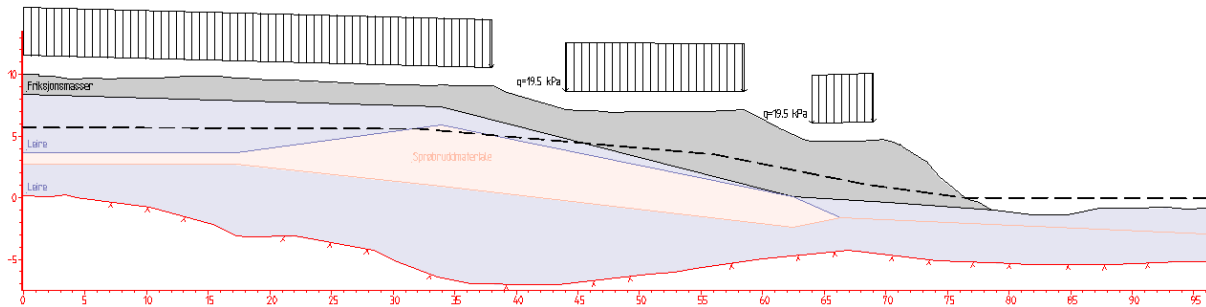


Figur 8-8: Oversikt over beregningsnitt A-A, B-B, C-C og D-D.

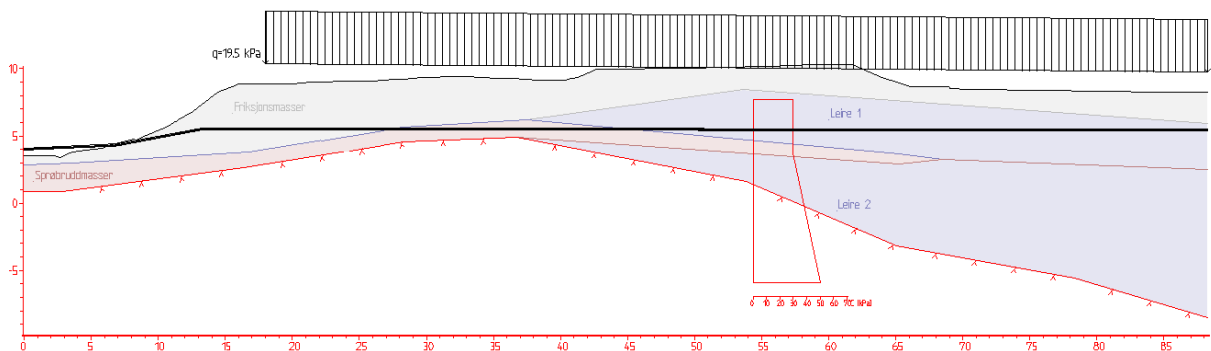


Figur 8-9: Vurdert lagdeling snitt A-A

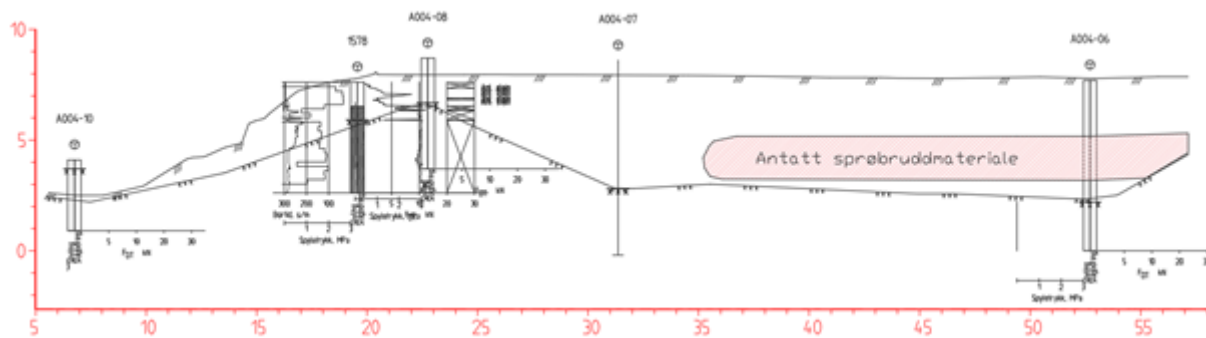
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 30 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 8-10: Vurdert lagdeling snitt B-B.



Figur 8-11: Vurdert lagdeling snitt C-C.

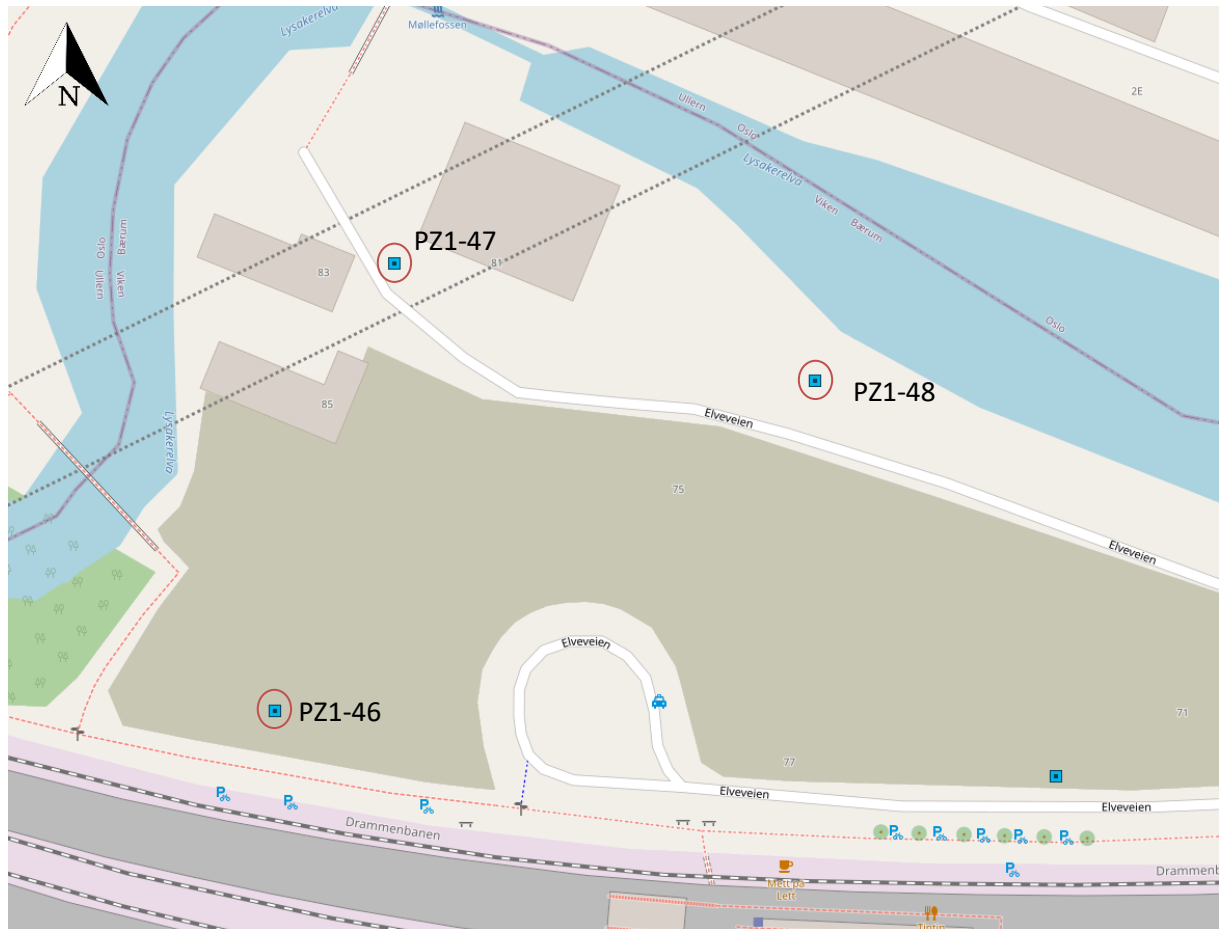


Figur 8-12: Avgrensning av antatt sprøbruddmateriale i snitt D-D i skråning mot vest.

### 8.1.10.3 Vurderte styrkeparametere

Grunnvannsnivå er vurdert utfra piezometre PZ1-46 og PZ1-48 vist på Figur 8-13. Det vurderes med bakgrunn i måleresultater av at grunnvannstand ligger omtrent 3,5 m under terreng. Poretrykk er registrert som hydrostatisk og vurdert å følge terreng. Vannivå i Lysakerelva er forskjellig på øst og vest for demning. Vannstand i Lysakerelva er i dette tilfellet kun relevant for østlig side. Det antas å følge havnivå hvor kote 0 benyttes i beregningene.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 31 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



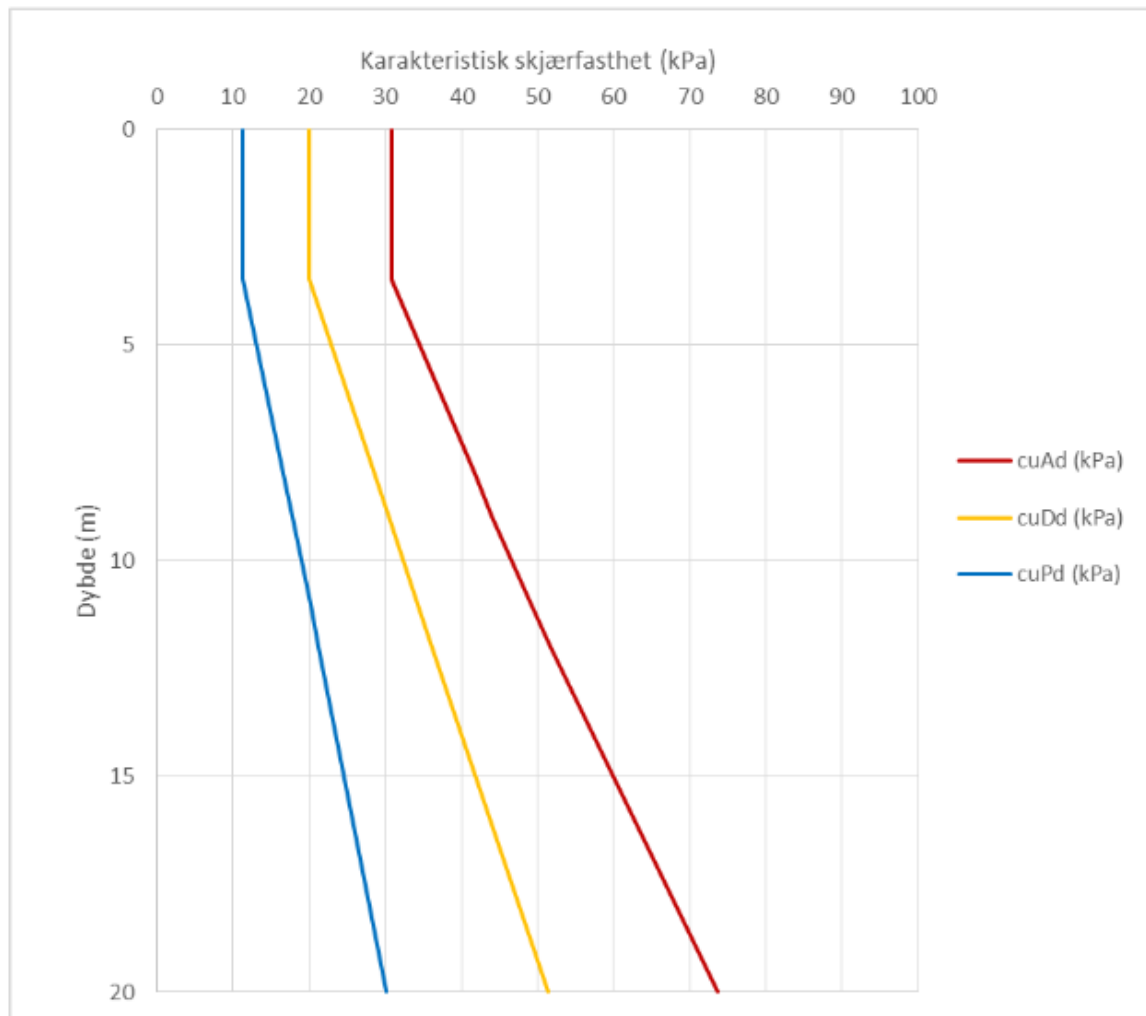
Figur 8-13: oversikt over piezometre i området ved faresonen.

Udrenert skjærstyrkeprofil i området ved byggegrop er vurdert i [13]. Samme profil benyttes i denne rapporten. For området ut mot Lysakerelva er det benyttet resultater fra prøveserie i B021-12 fra [6]. Her er det gjort en vurdering av SHANSEP parameterne, se Figur 8-15. Verdiene fra forsøk er omregnet til aktiv skjærstyrke via A/D faktor på 0,65. Dette benyttes videre til fastleggelse av styrkeprofil i beregningssnittene i området ut mot elva.

Drenerte parametere er valgt iht. [13]. Her er det vurdert en friksjonsvinkel på 28 grader samt effektiv kohesjon på 2,7 kPa (tilsvarende attraksjon på 5 kPa). For fyllmassene er det i tillegg vurdert en friksjonsvinkel på 35 grader og effektiv kohesjon på 1 kPa.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 32 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

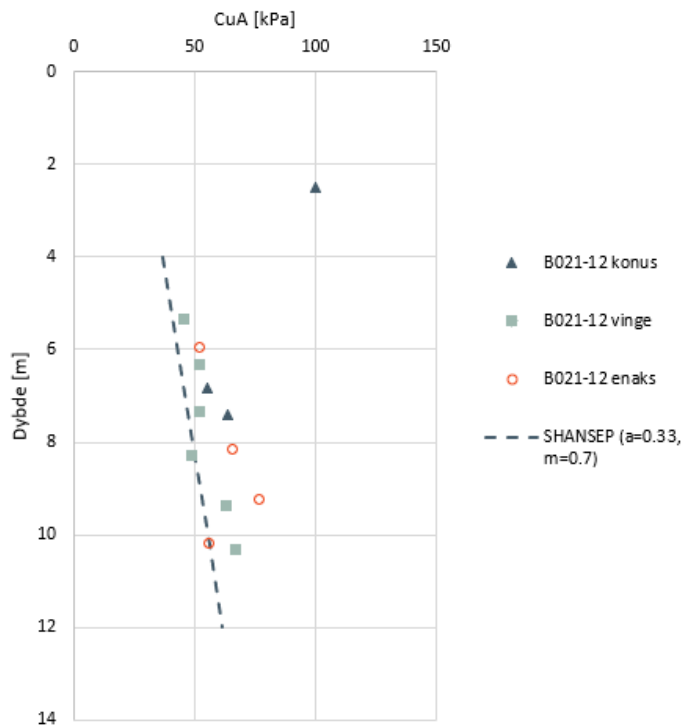
Tyngdetetthet for løsmassene er iht. [13] på 19 kN/m<sup>3</sup>.



Figur 8-14: Vurdert designprofil ved byggegrop, ref. [13].



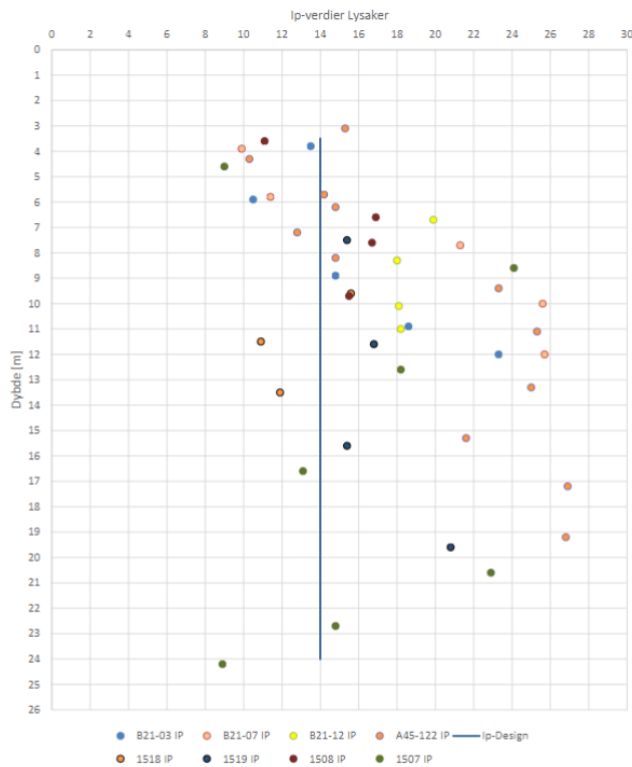
Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 33 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 8-15: Vurdering av SHANSEP parametere for B021-12.

Anisotropifaktorer er konservativt valgt iht. [14] til  $\frac{c_{uD}}{c_{uA}} = 0,65$  og  $\frac{c_{uP}}{c_{uA}} = 0,37$  utfra vurdert  $I_p$  på 14, se tolket linje på Figur 8-16.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 34 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 8-16: Valg av Ip basert på prøveserier i prosjektområdet for vurdering av ADP-faktorer.

#### 8.1.10.4 Resultater av dagens situasjon

Resultater fra stabilitetsberegninger på Figur 8-17 - Figur 8-24 er oppsummert i Tabell 8-4.

Tabell 8-4: Oversikt over resultater fra stabilitetsberegning i Figur 8-17 - Figur 8-20.

Snitt	Situasjon og beskrivelse	Sikkerhetskrav	Resultat
Snitt A-A	Dagens situasjon	$F_{c\phi r} \geq 1,25$	$F_{c\phi r} = 1,30$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,20$ (robusthet)	$F_{cu} = 1,45$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,61$ (Sikkerhetskrav)	$F_{cu} = 1,51$
Snitt B-B	Dagens situasjon	$F_{c\phi r} \geq 1,25$	$F_{c\phi r} = 1,25$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,20$ (Robusthetskrav)	$F_{cu} = 1,25$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,61$ (Sikkerhetskrav)	$F_{cu} = 1,36$
	Kalksementstabilisering av byggegrop	$F_{cu} \geq 1,40$ (Sikkerhetskrav)	$F_{cu} = 1,67$

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 35 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Snitt	Situasjon og beskrivelse	Sikkerhetskrav	Resultat
Snitt C-C	Dagens situasjon	$F_{c\phi'} \geq 1,25$	$F_{c\phi'} = 1,58$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,20$ (robusthet)	$F_{cu} = 1,33$
	Dagens situasjon	$F_{cu} \geq 1,61$ (Sikkerhetskrav)	$F_{cu} = 1,53$
	Avlastning terreng	$F_{cu} \geq 1,61$ (Sikkerhetskrav)	$F_{cu} = 1,74$

Influensområdet til planlagte tiltak ligger lengere enn 2 x skråningshøyde bak skråningskant. Iht. NVE veileder 1/2019 er sikkerhetskrav på 1,25 for drenert beregning og robusthetskrav på 1,20 for udrenert beregning akseptabel for bruddfigurene i denne sonen. Kravene til sikkerhet er overholdt for rotasjonsbruddfigurene i snitt A-A, B-B og C-C.

Det er gjort en kontroll av om flakskred kan være mulig og om influensområdet til tiltaket vil kunne utløse en slik type skred. Beregningene på snitt A-A, B-B og C-C viser at sikkerheten for flakskred er på hhv. 1,51, 1,36 og 1,53. Det kan ikke avvises at planlagt arbeide i influensområdet til tiltaket kan forverre stabiliteten i bruddfigurene. Sikkerhetskrav på 1,61 for udrenert beregning er derfor ikke overholdt. Drenert beregning anses ikke som kritisk.

I forbindelse med prosjektering av byggegrop for Lysaker stasjon er det valgt å avlaste planområdet. Heretter utføres det kalksementstabilisering av området rundt spunt, samt innvendig i spuntgrop jf. Figur 8-25. I snitt C-C er det vist en beregning etter avlastning av planområdet ved å fjerne 1 m løsmasser, se Figur 8-24. Da blir sikkerheten 1,74 som overholder kravene på 1,61. I snitt B-B er det gjort en beregning av situasjonen etter kalksementstabiliseringen er etablert, se Figur 8-21. Beregningen viser en sikkerhet på 1,67 (krav 1,40). I forbindelse med etableringen av kalksementstabiliseringen vurderes det at det ikke skapes forverring av stabiliteten.

Lasten på 15 kPa fordelt over hele området benyttet i beregningen av dagens situasjon vurderes å være tilstrekkelig konservativ ift. lasten fra kalksementtrigg samt gravearbeider ifm. avlastningen. Dette er vurdert utfra at lasten er fordelt over et større område enn kalksementtriggens og gravemaskinens influensområde. Det forutsettes at avlastning av terreng og kalksementstabiliseringen utføres som det første i anleggsområdet. Dermed vurderes områdestabiliteten å være ivaretatt i anleggs-situasjonen.

I den permanente situasjonen vil kalksementstabiliseringen stå igjen sammen med fremtidig konstruksjoner. Områdestabiliteten i den permanente situasjonen vurderes dermed ivaretatt.

Lokalstabilitet inni byggegropen og totalstabilitet av byggegropen må ivaretas, dette beskrives nærmere i Geoteknisk fagrapport - Lysaker stasjon, ref. [15].

# Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon

Revisjon: **07G**

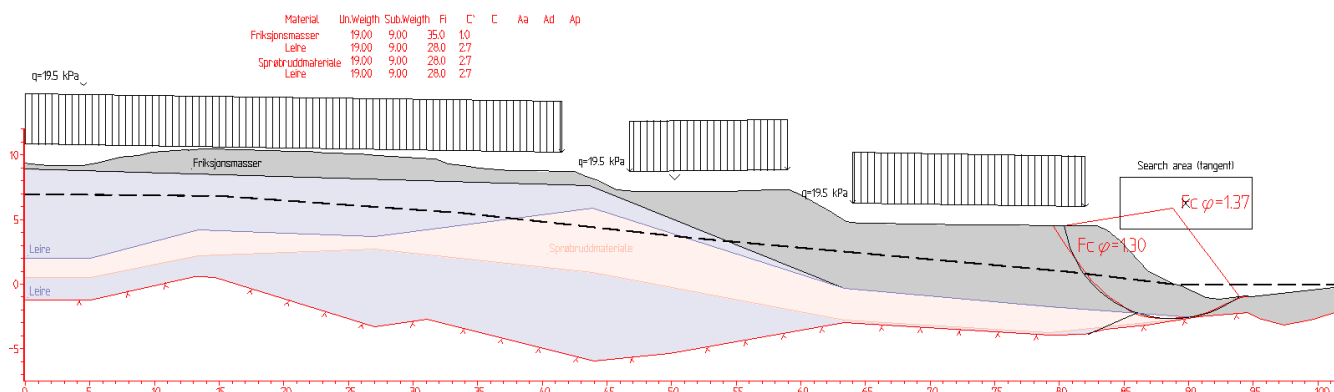
Dato: 12.10.2023

Side: 36 av 43

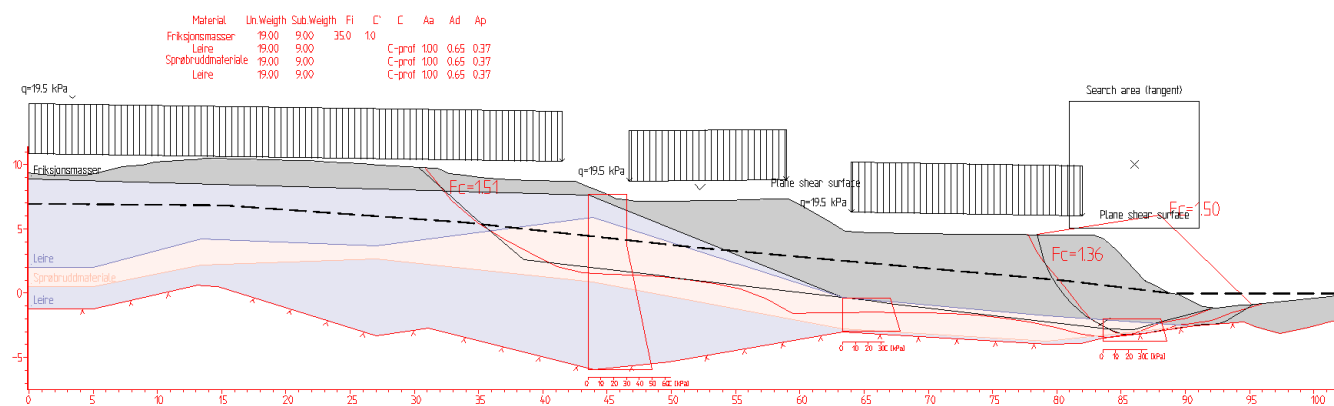
Skjerming: Offentlig (O)

Klassifisering:  
INTERN

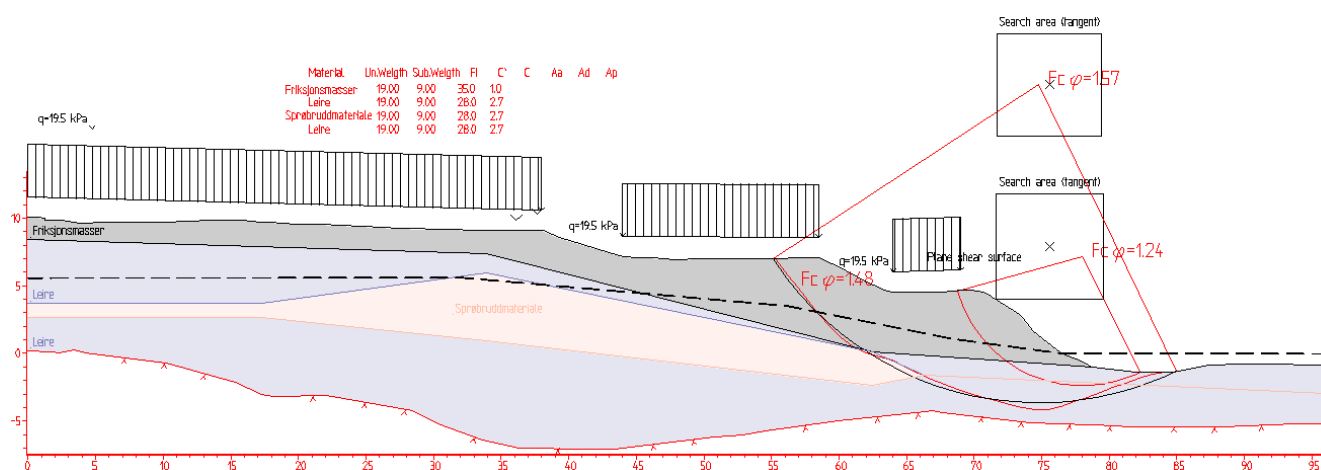
Jfr.: N/A



Figur 8-17: Drenert beregning av dagens situasjon i snitt A-A.



Figur 8-18: Udrenert beregning av dagens situasjon i snitt A-A.



Figur 8-19: Drenert beregning av dagens situasjon i snitt B-B.

# Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon

Revisjon: **07G**

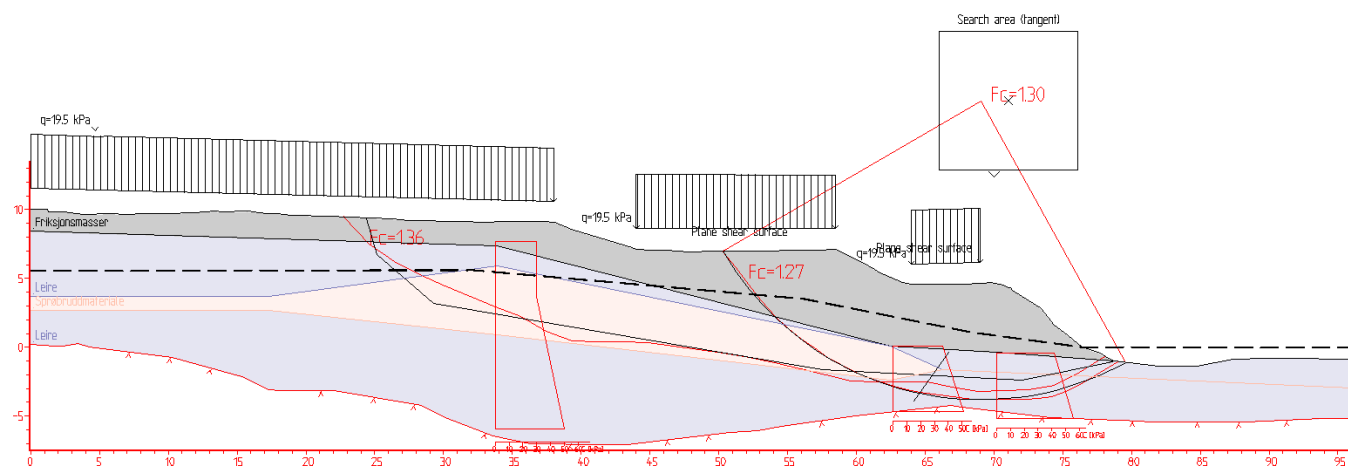
Dato: 12.10.2023

Side: 37 av 43

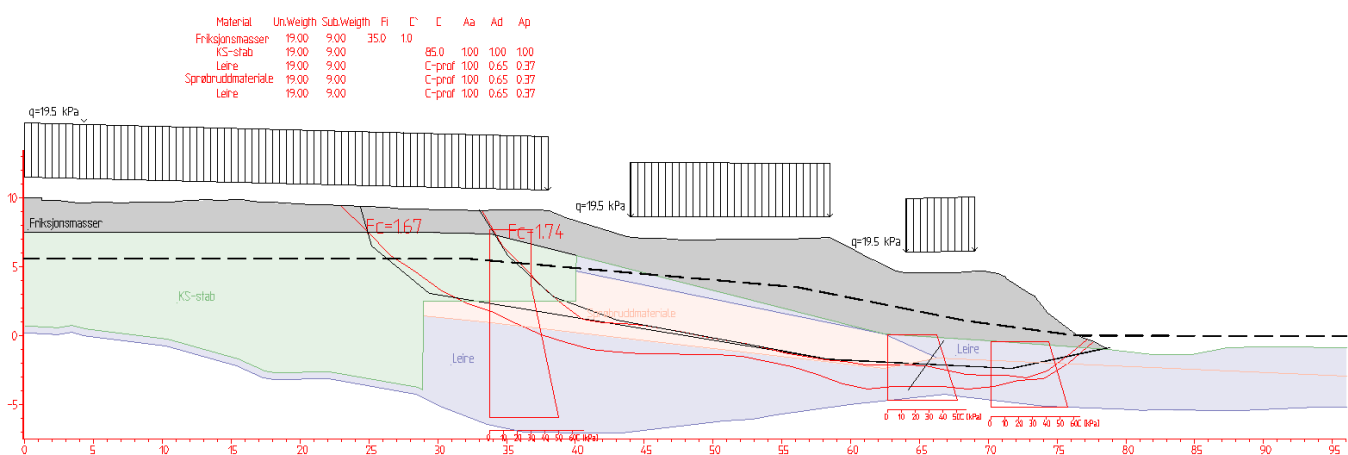
Skjerming: Offentlig (O)

Klassifisering:  
INTERN

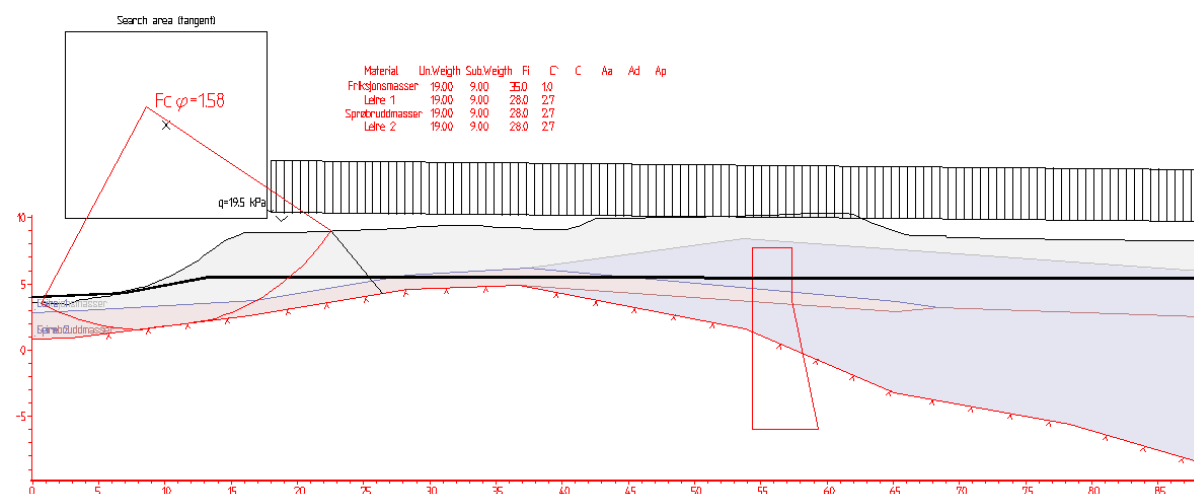
Jfr.: N/A



Figur 8-20: Udrenert beregning av dagens situasjon i snitt B-B.



Figur 8-21: Udrenert beregning av kalksementstabilisering i snitt B-B.



Figur 8-22: Drenert beregning av dagens situasjon i snitt C-C.

# Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon

Revisjon: **07G**

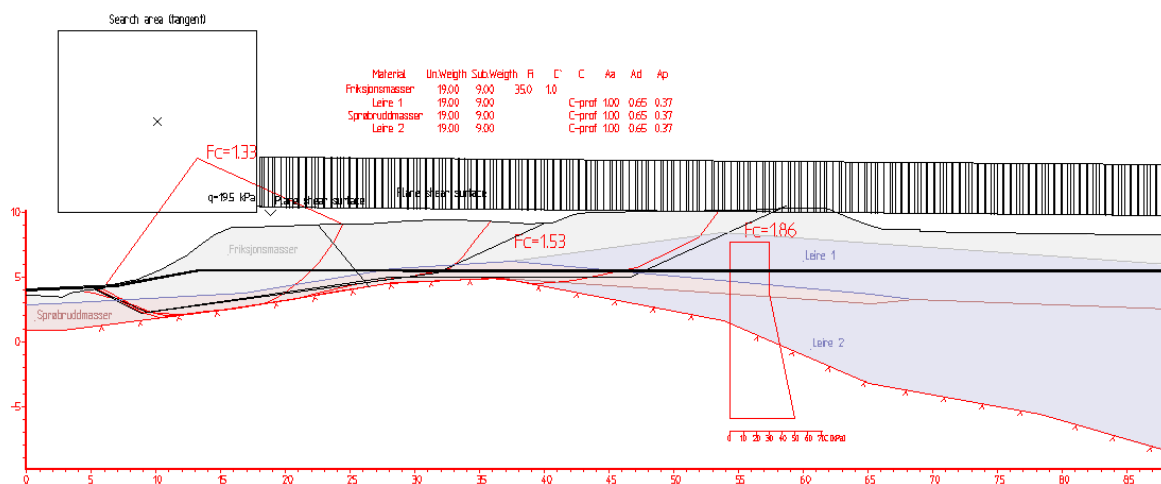
Dato: 12.10.2023

Side: 38 av 43

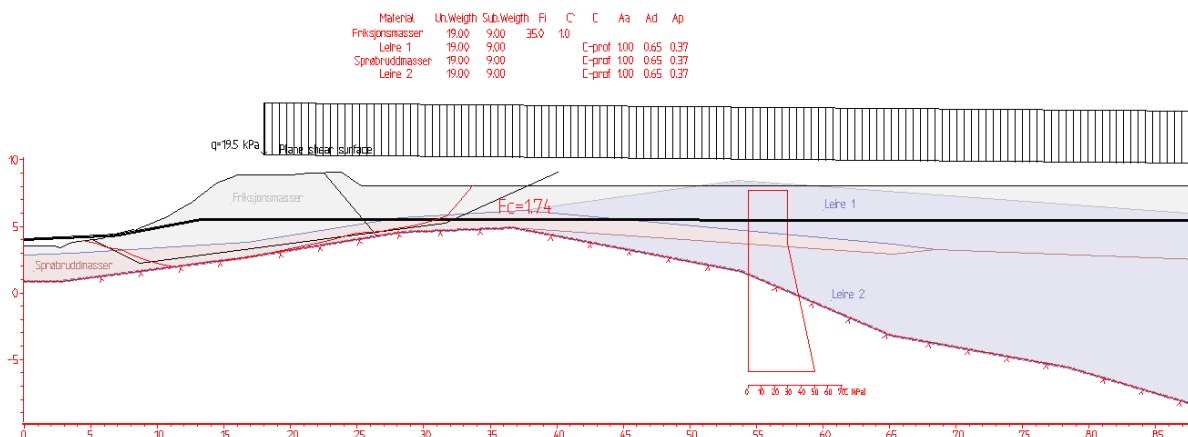
Skjerming: Offentlig (O)

Klassifisering:  
INTERN

Jfr.: N/A

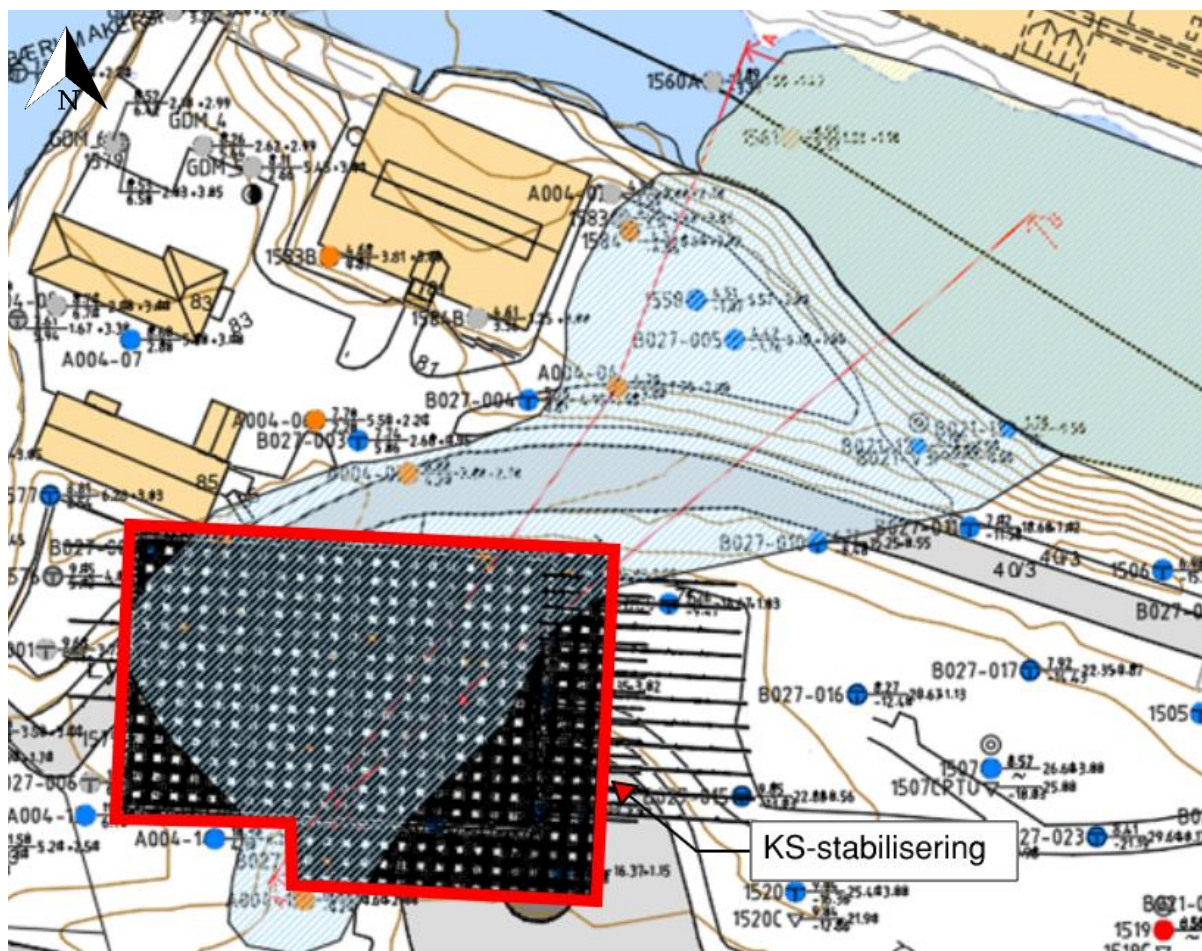


Figur 8-23: Udrenert beregning av dagens situasjon i snitt C-C.



Figur 8-24: Udrenert beregning av 1 m avlastning på terreng i snitt C-C.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 39 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	



Figur 8-25: Oversikt over planlagt kalksementstabilisering. Dette er en foreløpig skisse. Kalksementstabiliseringen mot nord tilpasses i forbindelse med detaljprosjekteringen.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYAO-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 40 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 9. PÅVIRKNING FRA ANLEGGSDRIFT

### 9.1 Krav til faseplan

Som beskrevet i kapittel 8.1.10.4 må det utføres avlastning av skråningen til minimum 1 m under dagens terreng. Deretter må det utføres kalksementstabilisering av massene.

### 9.2 Lagring av masser

Det må på intet tidspunkt lagres masser innenfor faresonen registrert ved Lysaker mølle. Alle masser må gå fra gravemaskin til dumper og fraktes ut av faresonen. Oppgravde masser må kjøres til egnet mottak utenfor faresonen. Det samme kravet pålegges anleggsområdene utenfor faresonen.

### 9.3 Poretrykksoppbygning

Poreovertrykk må følges opp i anleggsfasen ved installering av kalksementpeler. Økt poretrykk i leiren vil kunne medføre redusert stabilitet i anleggssituasjonen.

### 9.4 Vibrasjoner

#### 9.4.1 Sprengning i byggegrop og tunnel

Sprengning kan gi vibrasjoner som kan påvirke sikkerheten i en kvikkleiresone og forårsake kvikkleireskred.

NS 8141-3:2014, ref. [16], har satt en frekvensveid grenseverdi på 45 mm/s for vibrasjoner i kvikkleire, for å unngå at vibrasjoner fra blant annet sprengning påvirker kvikkleireområder. Det må sikres at denne verdien ikke overskrides ifm. med sprengning i og nær den registrerte faresonen. I detaljprosjekteringen vil det vurderes nærmere behovet for måling av vibrasjoner på terreng i området med registrert kvikkleire, der hvor entreprenør må følge kravene under gjennomføring. Det henvises til NS 8141-3:2014 for nærmere beskrivelse av nødvendig vurderinger og målinger av vibrasjoner utløst fra sprengning av berg.

#### 9.4.2 Spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider

Vibrasjoner knyttet til spunting, anleggstrafikk, riving og andre anleggsarbeider i nærheten til faresonen må vurderes i detaljprosjekteringen og avbøtende tiltak må beskrives slik at det i utførelsen sikres at sikkerheten i faresonen på noe tidspunkt ikke vil bli forverret.

Dersom vibrasjoner fra anleggsvirksomhet, som kan forverre sikkerheten i faresonen, ikke kan unngås må det gjøres avbøtende tiltak før spesifikk anleggsvirksomhet kan starte.



Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 41 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 10. KONKLUSJON

### 10.1 Overordnet

Det er påvist sprøbruddmaterialer innenfor prosjektområdet, og topografiske forhold tilsier at områdestabilitet må utredes. Utført utredning viser at det er en reell fare for områdeskred i det aktuelle området.

Det er identifisert et løснеområde i tilknytning til Lysakerelva ved Lysaker mølle. Løснеområdet har et utløpsområde som begrenser seg til elva grunnet topografiske forhold, berg i dagen og løsmassemeknighet. Aktuelle skredmekanisme vurderes til flakskred.

Tiltaket vurderes i tiltakskategori K4 med "*Lav faregrad,*" "*Alvorlig konsekvensklasse,*" og "*Risiko-klasse 3.*"

Stabilitetsberegninger, som tar utgangspunkt i ingen påvirkning fra influensområdet i en sone 2 x skråningshøyde fra skråningskant, viser tilstrekkelig sikkerhet iht. gjeldende krav. Det forutsettes at det ikke skjer tiltak i dette området.

Stabilitetsberegninger for flakskred, som påvirkes av influensområdet lengere enn 2 x skråningshøyde bak skråningskant, viser ikke tilstrekkelig sikkerhet. Stabilitetsberegninger med planlagt avlastning av terreng og kalksementstabilisering i og omkring byggegrop viser dog at sikkerhet forbedres i tilstrekkelig grad iht. gjeldende regelverk. Lasten benyttet i beregningen av dagens situasjon vurderes å være tilstrekkelig konservativ ift. lasten for gravemaskin og kalksementtrigg. Lasten for anleggsutstyr må kontrolleres ift. anvendt last i beregningene. Her forutsettes det at avlastning av terreng og kalksementstabiliseringen utføres som det første i anleggsområdet. Dermed vurderes områdestabiliteten å være ivaretatt i anleggssituasjonen.

I den permanente situasjonen vil kalksementstabiliseringen stå igjen sammen med fremtidig konstruksjoner. Områdestabiliteten i den permanente situasjonen vurderes dermed ivaretatt.

I den østlige delen av området er det registrert mindre lommer med sprøbruddmateriale og kvikkleire. Disse områdene er registrert før 2004. I etterkant har det blitt utført anleggsaktivitet ved kalksementstabilisering og utgravning til VA-ledning i områdene hvor det er registrert sammenhengende sprøbruddmateriale. Med informasjon fra disse anleggsarbeidene er det vurdert at det ikke lengre påtreffes et sammenhengende lag med sprøbruddmateriale og at et løснеområde ikke er sannsynlig her.

Alle masser inni og i periferien av byggegropen KS-stabiliseres til fjell før installasjon av rørsput i gropen. Om det er behov for kraner til bruk under konstruksjonsfasen, fundamenteres de på peler. Det forutsettes at masser som graves ut fra gropen bortkjøres straks de er gravd ut og ikke lagres på tomten.

Oslo Kommune – Fornebubanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 42 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

Lokalstabilitet og totalstabilitet av gropen under byggefasen må ivaretas. Detaljerte stabilitetsberegninger, vurderinger av områdestabilitet og detaljerte beskrivelse stabiliseringstiltak må vurderes i detaljprosjekteringen. Lokalstabilitet er beskrevet i Geoteknisk fagrapport - Lysaker stasjon ref. [15].

Faresonen bør defineres som hensynssone i reguleringsplanen. Til hensynssonen bør det knyttes bestemmelser som sikrer at stabilitetsforholdene blir ivaretatt i detaljprosjekteringen.

## 10.2 Videre arbeid

Dette notat må sendes til uavhengig kvalitetssikring iht. NVE veileder 1/2019. Reguleringsplan bør ikke godkjennes før uavhengig kvalitetssikring er utført.

Alle vurderte tiltak må detaljeres og endelig omfang vurderes i detaljprosjekteringen. Detaljprosjekteringen er planlagt utført av PGF utover 2022.

## 10.3 Eventuelt forslag til rekkefølgebestemmelser eller vilkår i plan/byggesak

Anbefalinger i områdestabilitetsvurderingen skal følges opp i detaljprosjekteringen og utførelse. Sikkerhet mot skred skal ivaretas for alle faser av utbyggingen. Herunder skal fagområdet geoteknikk belegges med ansvar ifm. detaljprosjekteringen hvor konsekvens- og pålitelighetsklasse skal velges ut fra prosjektets vanskelighetsgrad og konsekvens.

Alle tiltak og utbygginger må detaljprosjekteres i henhold til gjeldende krav og regelverk. Detaljprosjekteringen skal inkludere plan for gjennomføring og krav til utførelseskontroll.

Det må sikres gjennom hele byggeperioden at influensområdet til tiltaket ikke kommer nærmere 2 x skråningshøyde til skråningskant.

Avlastning av terreng og kalksementstabiliseringen skal utføres som det første i forbindelse med anleggsarbeider slik det ikke er risiko for områdeskred utløst av planlagt tiltak.

Oslo Kommune – Fornebuibanen		Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0002
<b>Vurdering av områdestabilitet – Lysaker stasjon</b>		Revisjon: <b>07G</b>
		Dato: 12.10.2023
		Side: 43 av 43
Skjerming:	Offentlig (O)	Klassifisering: INTERN
Jfr.:	N/A	

## 11. REFERANSER

- [1] Norges Vassdrag- og energidirektorat (NVE), Sikkerhet mot kvikkleireskred, Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, NVE veileder 1/2019, ISBN: 978-82-410-2091-9, 2020.
- [2] Norges Vassdrag- og energidirektorat (NVE), «NVE veileder 7/2014, Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» NVE, ISSN: 1501-0678, 2014.
- [3] Multiconsult/Noteby, «Banebetjening Fornebu: Grunnundersøkelser, Datarapport,» 2001.
- [4] NGI, «Nytt Dobbeltspor Skøyen - Asker Parsell 951140 - Lysaker grunnundersøkelser: Datarapport,» NGI, Oslo, 2001.
- [5] Multiconsult/NGI, «Lysaker stasjon - supplerende grunnundersøkelser - Datarapport (JBV utbygging),» JBV, Oslo, 2004.
- [6] Multiconsult/Noteby, «Nybygg: Grunnundersøkelser og fundamenteringsteknisk utredning. GU og stabilitet av elveskråning.,» Noteby, Oslo, 1960.
- [7] Sweco, «Elveveien, Lysaker - Grunnundersøkelser Datarapport,» Oslo, 2010.
- [8] PGF, Prosjekteringsgruppen Fornebuibanen, «Fornebuibanen - Geoteknisk Datarapport Del 2, Vækerø - Lysaker,» Dok.nr. PF-U-070-RA-0012, 2021.
- [9] Norges Vassdrags- og enrigidirektorat (NVE), «NVE Atlas,» [Internett]. Available: <https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#>. [Funnet 2021].
- [10] PGF, «Lysaker stasjon, Vurdering av flomfare og tiltak,» Dok.nr: PF-U-070-RA-0035, 2020.
- [11] PGF, «PF-U-721-EC-0001 Design basis-prosjektering av byggegrøp,» PGF, Oslo, 2019.
- [12] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred, Ekstern rapport 9/2020, ISBN: 978-82-410-2081-0, 2020.
- [13] PGF, «Geoteknisk parameterrapport - Lysaker,» Dok. nr.: PF-LYA0-721-RB-0003, 2021.
- [14] Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket, «Naturfareprosjektet Dp. 6 kvikkleire, En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leire,» ISBN: 978-82-410-0962-4, 2014.
- [15] PGF, «Geoteknisk fagrapport - Lysaker Stasjon,» Dok.nr. PF-LYA0-721-RB-0001.
- [16] Standard Norge, «Vibrasjoner og støt, Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk, Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire,» Standard Norge, 2014.
- [17] Direktorat for Byggekvallitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» Direktorat for Byggekvallitet, 2017.
- [18] Oslo Kommune Fornebuibanen, «Fagrapport - Byggegrøper bergstasjoner, Vedlegg 1 (Prosjekteringsforutsetninger),» Dok.nr: PF-U-070-RB-0004.
- [19] Sporveien, «Teknisk regelverk - T-baneanlegg. Prosjektering og bygging. Underbygning,» 2015.