



Oslo

Områdestabilitet - Tverrslag Madserud

Dok.nr.: PF-U-721-RB-0017

Revisjon: 04G



Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 2 av 41

Dokumentet er utarbeidet av



Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01C	23.10.2020	Utkast	Kim-Levi Wood	Anders Stensløykken	Benjamin Ashton
02G	18.06.2021	Gjennomsyn	Anders Stensløykken	Arne Schram Simonsen	Benjamin Ashton
03G	21.04.2022	Gjennomsyn	Monika Lund	Janne Nordahl	Benjamin Ashton
04G	03.05.2022	Gjennomsyn	Monika Lund Janne Nordahl	Janne Nordahl Lise Lotte Aune	Benjamin Ashton

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 3 av 41

Innhold:

1.	INNLEDNING	4
1.1	Regelverk og veiledninger	5
2.	FORMÅL	6
3.	ENDRINGSLOGG	6
4.	GRUNNFORHOLD	7
4.1	Byggegrop	7
4.2	Bussparkering	7
4.3	Kvartærgeologisk kart	7
4.4	Grunnundersøkelser	8
4.4.1	Byggegrop Madserud	8
4.4.2	Bussholdeplass	10
4.4.3	Under Oslo	11
5.	OMRÅDEBESKRIVELSE OG TOPOGRAFI	12
6.	POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG	13
7.	TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE	15
8.	VURDERING AV FARE FOR KVIKKLEIRESKRED	16
8.1	Prosedyre for utredning av områdeskredfare	16
8.2	Gjennomgang av prosedyre i NVE 1/2019	17
8.2.1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	17
8.2.2	Avgrens områder med mulig marin leire	17
8.2.3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	18
8.2.4	Bestem tiltakskategori	20
8.2.5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skrånninger og mulig løснеområde	20
8.2.6	Befaring	21
8.2.7	Gjennomfør grunnundersøkelser	24
8.2.8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområde	24
8.2.8.1	Utløpesområder for nærområdet	28
8.2.9	Klassifiser faresoner	34
8.2.10	Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet	35
8.2.10.1	Analysemetode	35
8.2.10.2	Geometri	36
8.2.10.3	Parametere og lagdeling	37
8.2.10.4	Jordparametere	37
8.2.10.5	Grunnvannstand	37
8.2.10.6	Laster	37
8.2.10.7	Beregninger og resultat	38
9.	KONKLUSJON	40
	REFERANSER	41

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 4 av 41

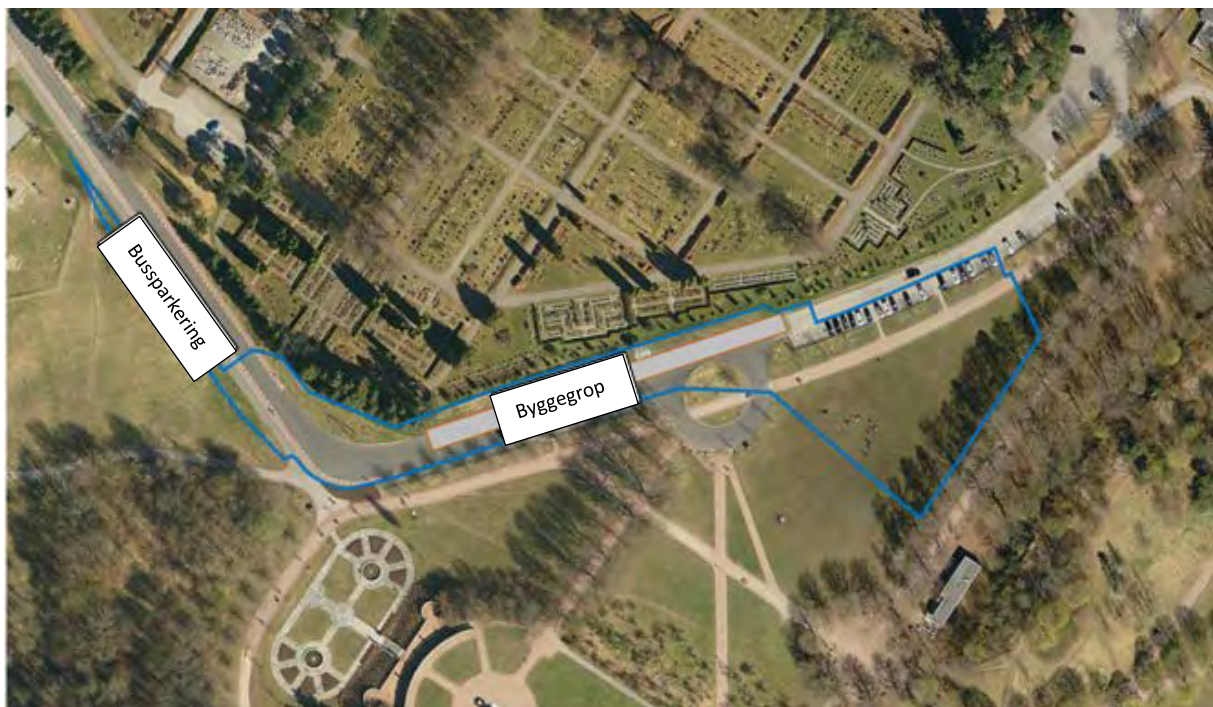
1. INNLEDNING

Foreliggende rapport gir en vurdering av fare for progressivt brudd (områdestabilitet) i forbindelse med de tiltak som planlegges for etablering av tverrslag Madserud. Utredning er utført iht. NVEs veileder 1/2019 [1].

Byggegropp og påhugg for tverrslaget er planlagt langs Monolitveien, mellom Vestre gravlund og Vigelandsparken. Tverrslaget vil benyttes som anleggsvei og utgangspunkt for driving av tunnelen i byggeperioden og rømningsvei i permanent situasjon når Fornebubanen er ferdig. Planlagt utbygging medfører etablering av byggegrop i fyllmasser og leire, samt berg.

Monolitveien utvides vest for gravlundene for å erstatte dagens bussparkeringsplass. Dette medfører oppfylling på toppen av skråning vestover mot Skøyen skole. Dette tiltaket, inkludert vurdering av områdestabilitet, plasseres i tiltaksklasse 3.

I forbindelse med prosjektet har PGF gjennomført geotekniske grunnundersøkelser ved flere anledninger. Ved byggegropa, vist i Figur 1-1, er det tatt opp to prøveserier som indikerer sprøbruddsmateriale i dybde 6-12 m. I gressbakken vestover fra bussparkeringsplassen i Monolitveien, vist helt i venstre del av flyfotoet, er det også påvist kvikkleire, se også løsmassekartlegging i Figur 1-2.

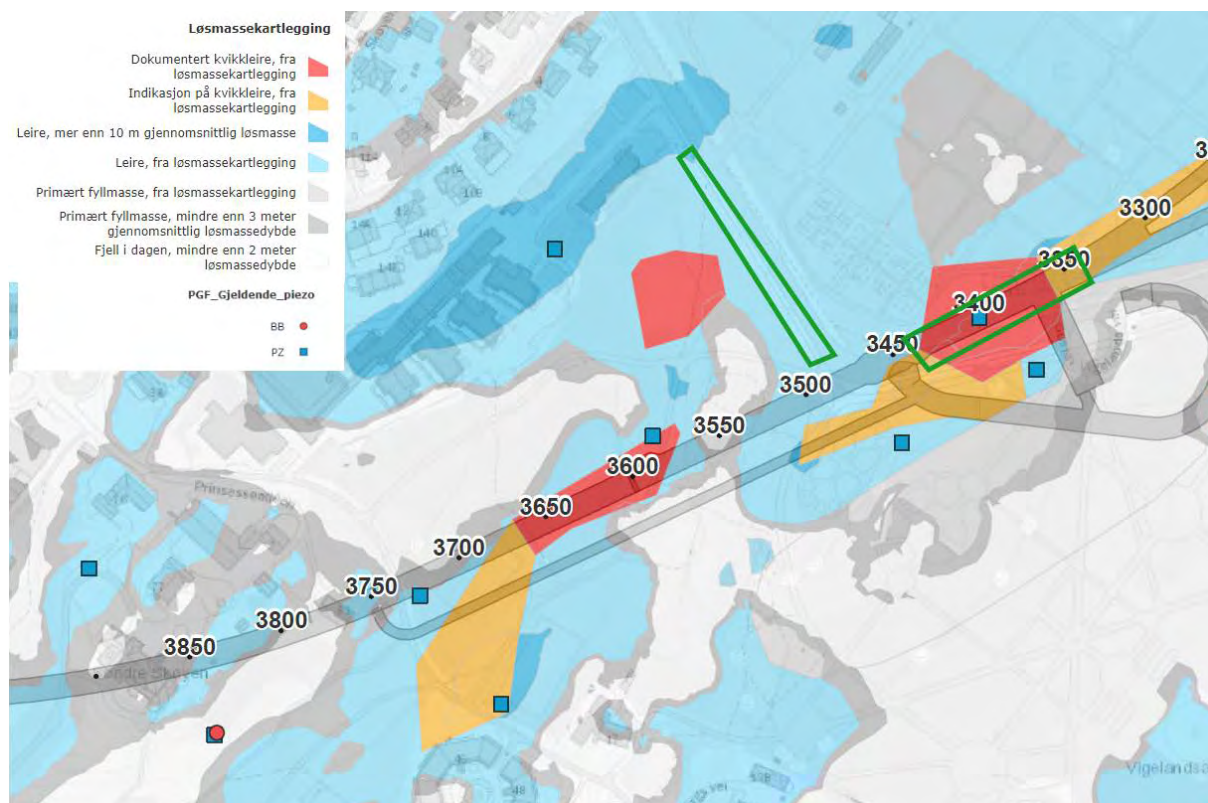


Figur 1-1: Prosjektområdet til tverrslag Madserud.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 5 av 41



Figur 1-2: Løsmassekartlegging utført i forbindelse med prosjektet. Løsmasseykkelse samt indikasjon på kvikkleire er vist med ulike farger. Grønne avgrensninger viser bussholdeplass og byggegrøp.

1.1 Regelverk og veiledninger

Vurderingen av fare for områdeskred er utført med grunnlag i følgende veiledere og regelverk.

- NVE. Veileder 1/2019. «Sikkerhet mot kvikkleireskred».
- Plan og bygningsloven, Byggteknisk forskrift -TEK 17.
- NVE. Retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» med vedlegg.
- NVE Ekstern rapport: nr. 9/2020. «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred».
- NIFS Rapport nr. 14-2016 «Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred»

For øvrig henvises til geoteknisk designbasis ref. [2].

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 6 av 41

2. FORMÅL

Formålet med dette notatet er å vurdere om tverrslaget på Madserud kan utgjøre en risiko med tanke på områdestabilitet.

3. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01C	23.10.2020	-	Første utgave – For kommentarer
02G	18.06.2021	Generelt Kap. 4 Kap. 4.4.1 Kap. 8.2 Kap. 8.2.9 Kap. 8.2.10 Kap. 9 Kap. 10	<p>Endringene i revisjonen er knyttet til nye supplerende grunnundersøkelser, og reviderte beregninger og vurderinger som følge av disse. Utover dette er det også gjort mindre endringer i tekst der det har vært nødvendig.</p> <p>Skille mellom beskrivelse av løsmasser for de to delområdene</p> <p>Nytt kapittel: «Supplerende grunnundersøkelser utført mai 2021»</p> <p>Erosjonstiltak/overvåkning av Skøyenbekken er tatt med i konklusjon i Tabell 8-2.</p> <p>Mindre endringer i tekst. Revidert evaluering av faregrad.</p> <p>Reviderte beregninger med input fra supplerende grunnundersøkelser. Nye kapitler for å tydeliggjøre forutsetninger.</p> <p>Revidert konklusjon basert på nye beregninger.</p> <p>Presisering av behov for tilstandsvurdering og oppfølging av behov for erosjonssikring.</p> <p>Vurdering ifm. endring i ny revisjon av NVE-veileder «Sikkerhet mot kvikkleireskred».</p>
03G	21.04.2022	Hele rapporten	Oppdatering av vurderinger og tekst iht. ny NVE veileder 1/2019 fra tidligere revisjoner som hensyntok versjon 7/2014. En justering av løsneområdet sammenlignet med tidligere pga. funn av berg i dagen.
04G	04.05.2022	Kap.8.2 Kap.8.2.9	<p>Oppdatering av tabell som oppsummerer NVE gjennomgang. Sum for konsekvensklasse økt fra 24 til 29 poeng, stod feilaktig konsekvensklasse "Alvorlig" i Tabell 8-2 tidligere, skulle vært "Meget alvorlig", oppdatert nå. Risikoklasse økt fra 3 til 4.</p> <p>Oppdatering av verdier for vurdering av konsekvensklasse. Risikoklasse økes.</p>

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 7 av 41

4. GRUNNFORHOLD

4.1 Byggegrøp

Ved planlagt byggegrøp viser resultater fra grunnundersøkelser et ca. 2 m tykt topplag av fyllmasser over siltig leire som går ned til berg. Leira ser ut til å være noe fastere i øverste ca. 3 m under topplaget enn videre i dybden. Fra ca. 6 m dybde (ca. kote +43) er det registrert sensitiv leire med sprøbruddegenskaper, og det forventes derfor en sprø bruddmekanisme.

Løsmassemektingen varierer fra ca. 10 – 15,2 m ved starten av forskjæringen, til ca. 1 m ved tunnelpåhugget som ligger i berg.

Kontinuerlig avlesing av piezometere i området indikerer at grunnvannstand ligger ca. 2,5-3 m under terreng.

4.2 Bussparkering

Grunnundersøkelser utført i skråning vestover fra bussparkering indikerer 1,5 - 7,5 m løsmassemekting. Totalsonderinger viser 0 - 2 m fastere tørrskorpeleire over bløt leire og avtakende matetrykk med dybden i flere borehull.

Prøveserie tatt opp i borehull 567 viser kvikkleire i 3 - 7 m dybde.

Kontinuerlig avlesing av piezometere nederst i skråningen indikerer at grunnvannstand varierer mellom ca. 0,5-2 m under terreng.

Det vises til Vedlegg 1 «Geotekniske dimensjoneringsparametere» til fagrapport Tverrslag Madserud [3].

4.3 Kvartærgeologisk kart

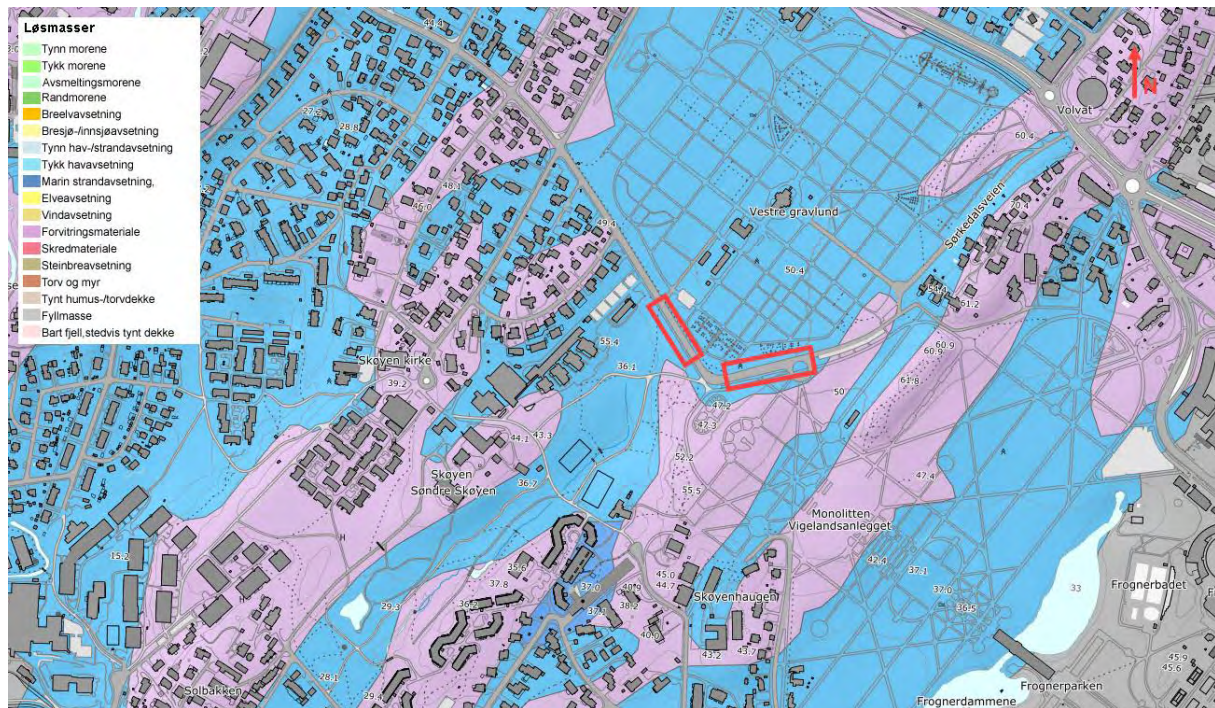
Kvartærgeologisk kart fra NGU [4] indikerer at løsmassene i området ved tverrslag Madserud består av marine avsetninger (hav- og fjordavsetning) og forvittringsmateriale, se Figur 4-1. Det gjøres oppmerksom på at kvartærgeologisk kart kun gir informasjon om de øvre løsmassene, og ikke om hva som befinner seg i dybden.

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 8 av 41



Figur 4-1: Kvartærgeologisk kart over prosjektområdet [4].

4.4 Grunnundersøkelser

Det foreligger i dag informasjon fra flere runder med geotekniske undersøkelser i området av både eldre og nyere dato.

4.4.1 Byggegrøp Madserud

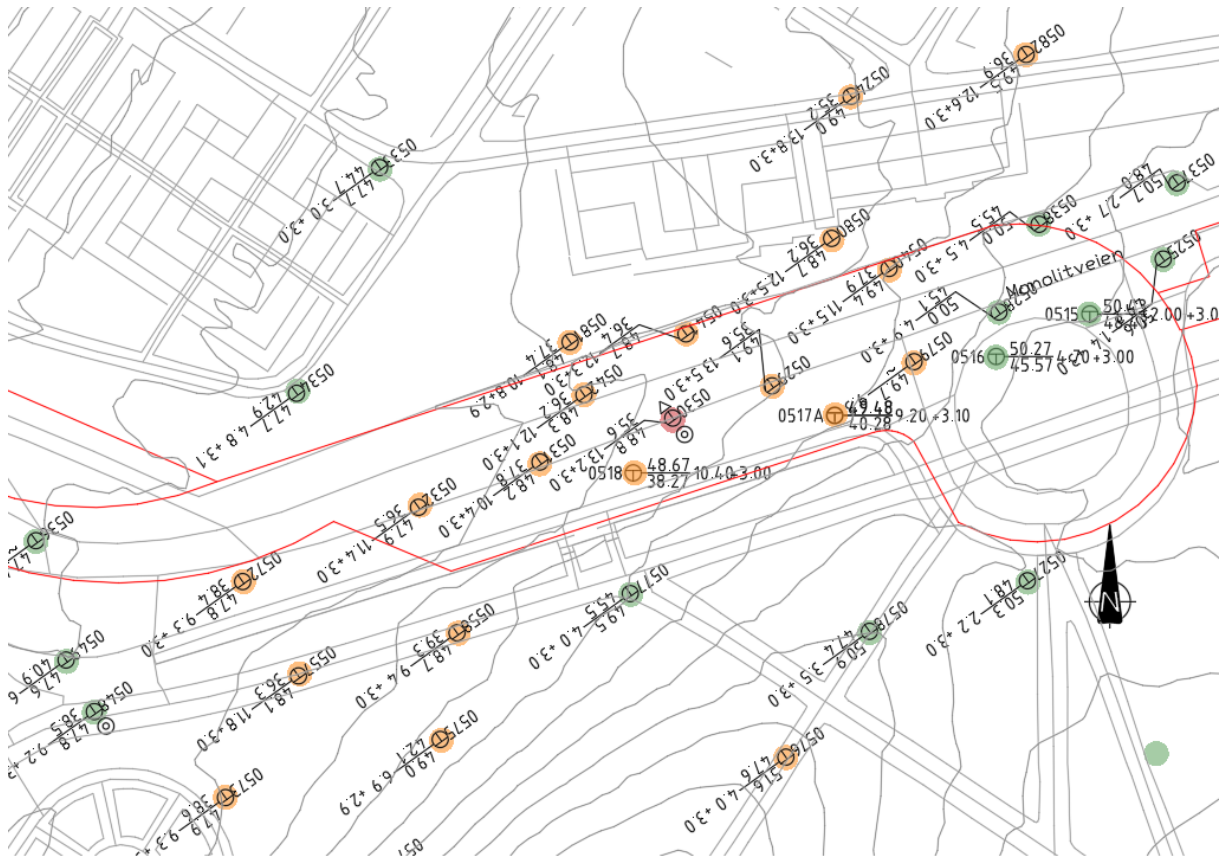
Et utsnitt av borplan fra geoteknisk datarapport [5] er vist i Figur 4-2. I tillegg til grunnundersøkelsene fra datarapporten, ble det i september 2021 utført supplerende grunnundersøkelser av entreprenør som enda ikke er rapportert. Resultatene foreligger imidlertid, og utsnitt av borplan for de supplerende grunnundersøkelsene er vist i Figur 4-3. Det er tatt opp én prøveserie og utført én CPTu i borpunkt 0530, i tillegg er det tatt opp en prøveserie i borpunkt 7

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 9 av 41



Figur 4-2: Utførte grunnundersøkelser for Madserud tverrslag. Rød: påvist sprøbrudd, oransje: antatt sprøbruddmateriale og grønn: antatt leire/friksjonsmateriale.



Figur 4-3: Utførte suppleringer utført av Entreprenør for Madserud tverrslag. Tolkning av sprøbruddmateriale er ikke utført, men det er påvist sprøbruddmateriale i borpunkt 7 og omtrent samtlige totalsonderinger indikerer sprøbruddmateriale.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 10 av 41

Basert på en innledende vurdering av styrke- og deformasjonsparametere er det konkludert med at forholdene rundt byggegroen består av topplag på ca. 2 m tykkelse beskrevet som fyllmasse og grus, noe sandig. Fyllmassene er vurdert med effektivspenningsparametere tilsvarende naturlige grusmasser fra SVV Håndbok V220 [6]. Under topplaget har en leire med organisk innhold, over siltig leire ned til berg. Leira klassifiseres som sprøbruddsmateriale fra ca. 6 – 12 m dybde. Leira betegnes stedvis som meget plastisk ned til 6 m, og middels plastisk videre ned til berg. Videre karakteriseres leira i hovedsak som middels sensitiv. Ødometerforsøk indikerer overkonsolidert leire ned til ca. 6 m dybde, over normalkonsolidert leire videre med dybden.

4.4.2 Bussholdeplass

Skråningen vest for Monolitveien er identifisert som et løsneområde og vil påvirkes av planlagt bussparkering. Dette medfører krav om dokumentasjon av stabilitet etter tiltak.

I rev01C av denne rapporten ble det presentert stabilitetsvurderinger basert på prøveserie fra borpunkt 530, som er lokalisert ved byggegropa 150 m øst for skråningen.

Flere av totalsonderingene nærmere skråningen viste svært liten motstand og var avtagende i dybden. På bakgrunn av dette ble det vurdert nødvendig å utføre supplerende grunnundersøkelser for å kartlegge dybde til berg, lagdeling og fremskaffe mer stedspesifikke materialparametere til stabilitetsvurderinger, og det ble i mai 2021 utført supplerende grunnundersøkelser i gressbakken (borpunkt 560-570). Borplan for disse 11 totalsonderingene er vist i Figur 4-4.

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 11 av 41



Figur 4-4: Utsnitt av borplan for borerer ved bussholdeplass, markert innenfor blått område. Rød: påvist sprøbrudd, oransje: antatt sprøbruddmateriale og grønn: antatt leire/friksjonsmateriale.

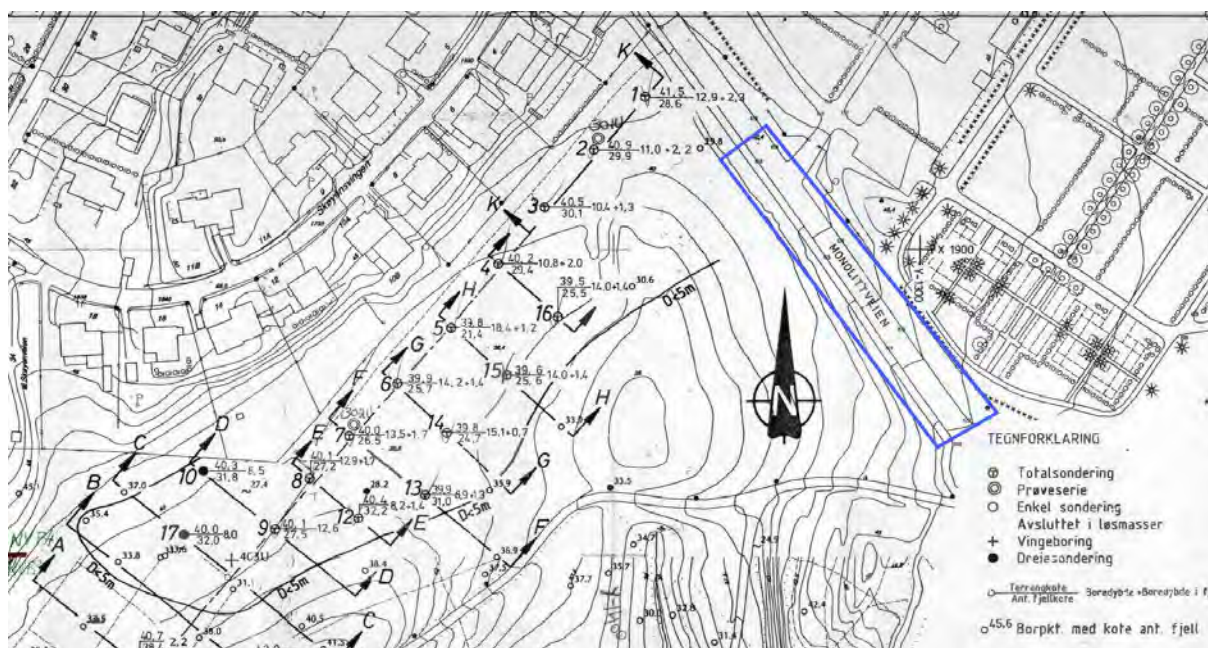
4.4.3 Under Oslo

På karttjenesten til Oslo kommune, under oslo, er det funnet flere relevante eldre grunnundersøkelser. Et utsnitt fra en rapport er vist i Figur 4-5. Dybden til berg varierer mellom 2,2 m og 18,4 m. Utførte totalsonderinger viser varierende bormotstand. Prøveserier tatt opp i punkt 2 og 7 viser at løsmassene består av 2-3 m tørrskorpeleire over fast leire. Fra 6-7 m under terreng er leiren meget bløt og karakteriseres som sprøbruddmateriale/kvikkleire [13].

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 12 av 41



Figur 4-5: Grunnundersøkelser utført for skøyen skole. Blått omriss viser omtrentlig plassering av bussholdeplass [13].

5. OMRÅDEBESKRIVELSE OG TOPOGRAFI

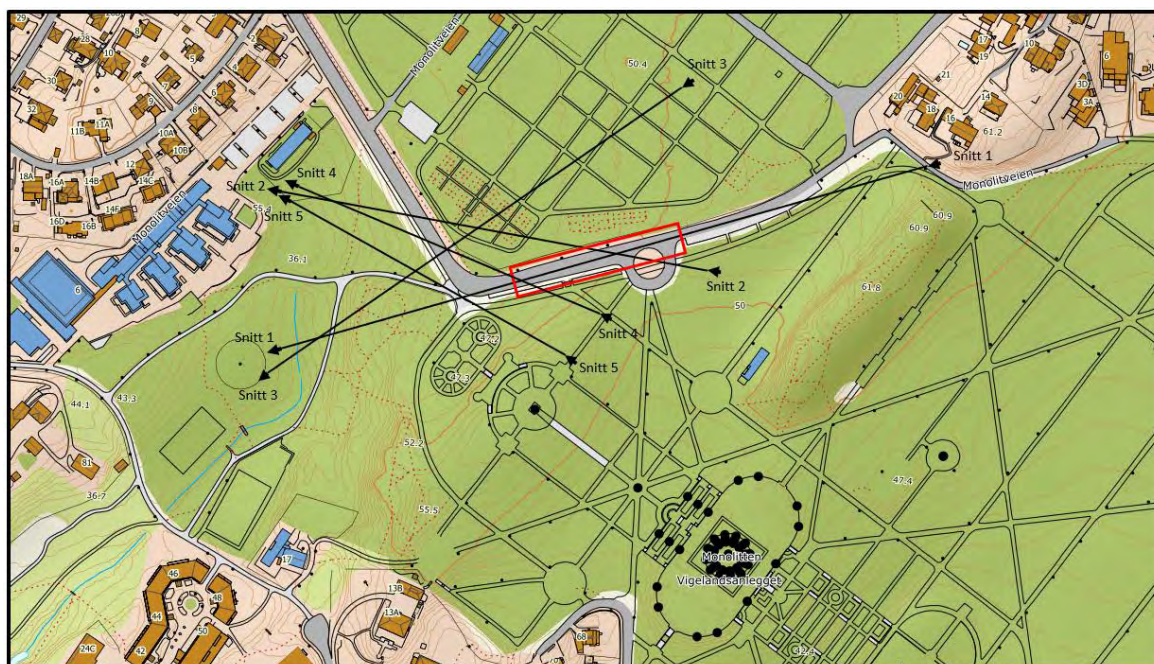
Byggegrøp og påhugg for tverrslaget er planlagt langs Monolittveien, mellom Vestre gravlund og Vigelandsparken. Det er lite bebyggelse i nærområdet. Terrenget i området til tverrslaget er relativt flatt, men svakt stigende mot nordøst, fra ca. kote +48 ved starten av forskjæringen til ca. kote +51 ved påhugget. Fremtidig terrengnivå er planlagt på samme nivå som dagens.

Det er tatt ut fem lengdesnitt i området for vurdering av topografi, se Figur 5-1 og Figur 5-2. Lengdeprofilene viser at området generelt er synkende mot vest, både sørvest og nordvest. Den generelle helningsgraden er vurdert til å være i størrelsesorden 1:18, men med lokale variasjoner.

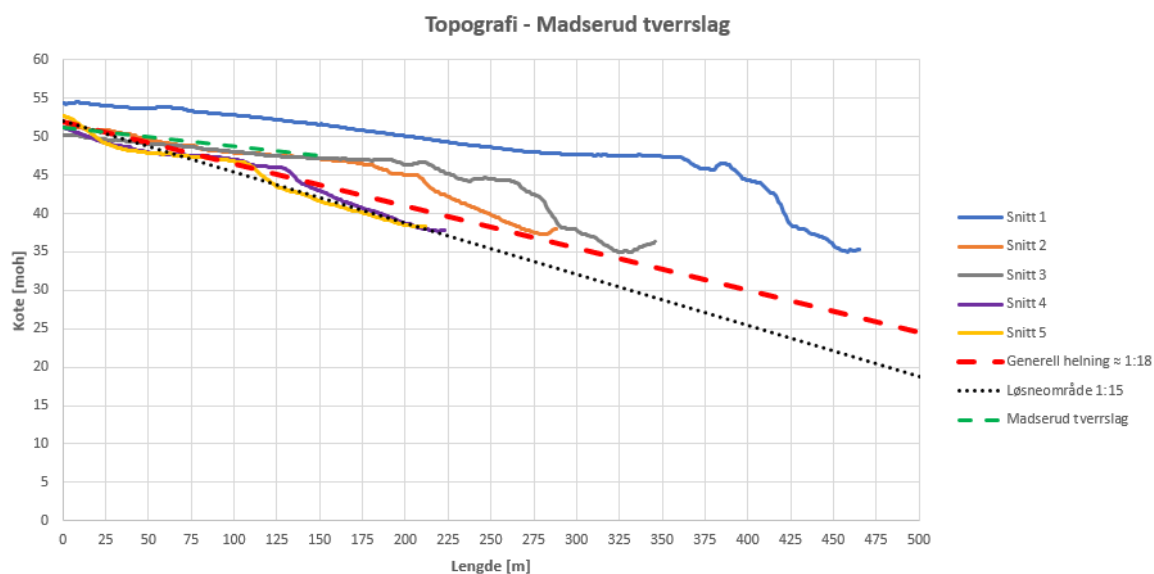
Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 13 av 41



Figur 5-1: Lengdesnitt for vurdering av topografi.



Figur 5-2: Terrenghelninger i tilknytning Madserud tverrslag.

6. POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG

Utsnitt av kart med aktsomhetsområde for flom [7] er gitt i Figur 6-1, og viser at prosjektområdet ligger utenfor aktsomhetsområdet.

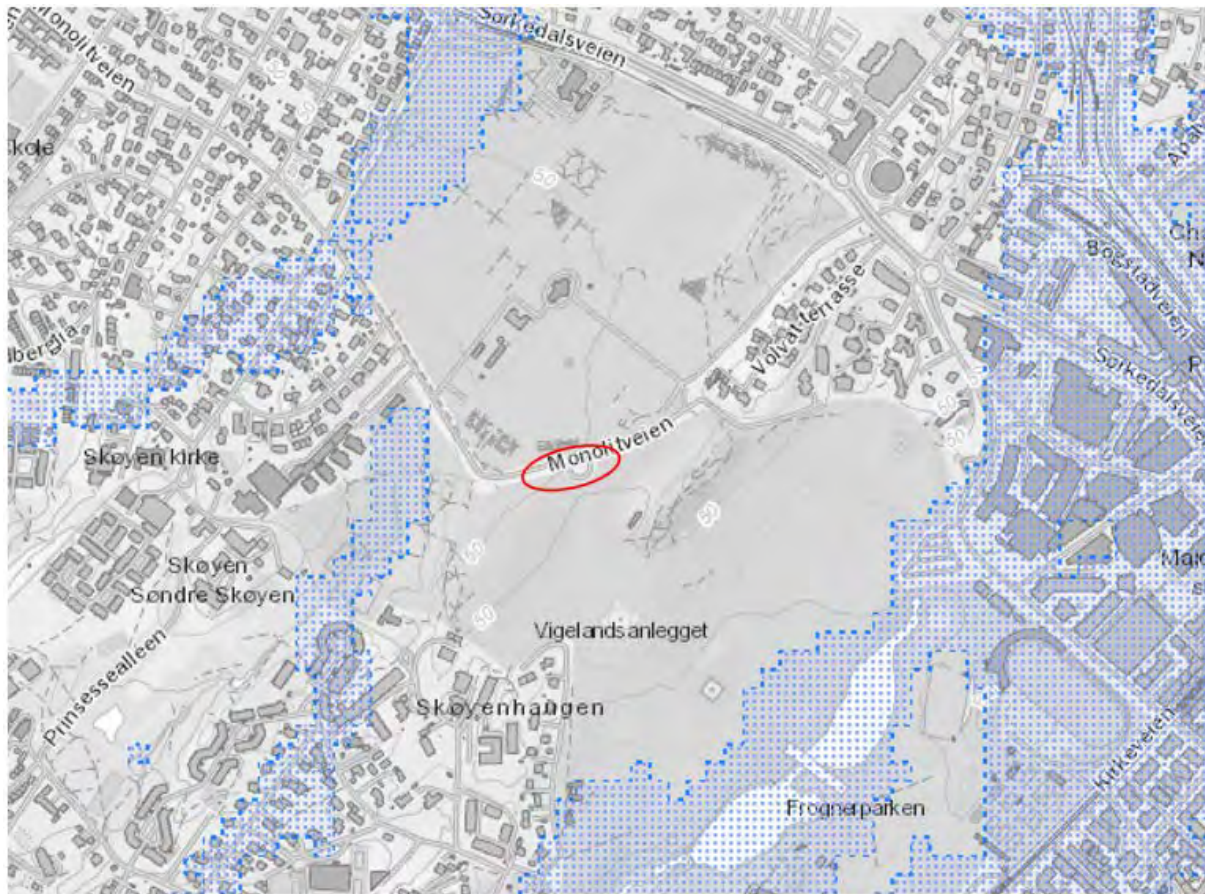
Sør for prosjektområdet (ca. 500 m) ligger Frognerdammen og Frognerelva. Sørvest for prosjektområdet (ca. 170 m) renner det en liten bekk/drenering nedover mot Skøyen. Pågående erosjon er en kritisk faktor som må vurderes særskilt. Erosjon har stor betydning for muligheten for initialscred.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 14 av 41

Det er registrert sprøbruddsmateriale i området, og bekken er i bunn av skråningen. Erosjon kan potensielt utgjøre fare for områdeskred.



Figur 6-1: Aktsomhetsområde for flom fra kartkatalogen til NVE [7].

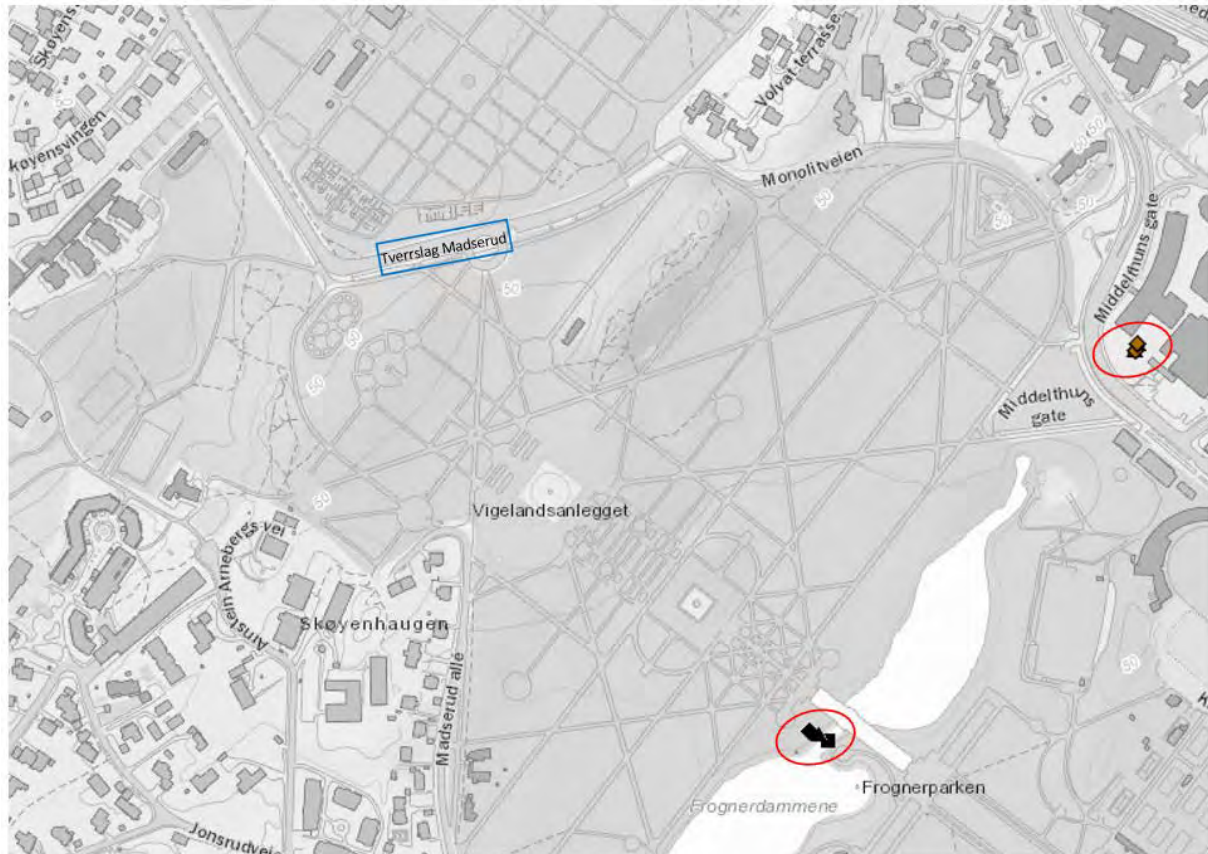
Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 15 av 41

7. TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE

Ifølge NVEs kartkatalog [8] er det ikke registrert noen faresoner i nærområdet ved tverrslag Madserud. Det er heller ikke registrert punkter med kvikkleire. Det er kartlagt én skredhendelse i form av utglidning av en vei ved Frognerdammen mars 2019, samt én skredhendelse i Middelthunsgate november 2015, se Figur 7-1.



Figur 7-1: Kartlagte skredhendelser i nærområdet [8].

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 16 av 41

8. VURDERING AV FARE FOR KVIKKLEIRESKRED

8.1 Prosedyre for utredning av områdeskredfare

Kap. 3.2 i NVE-veilederen [1] beskriver prosedyre for identifisering og avgrensning av kvikkleireområder med potensielle skredfarer (aktsomhetsområder, punkt 1-3), avgrensning og faregradsevaluering av faresoner (utredning av faresone, punkt 4-10).

Tabell 8-1 viser en oversikt over punktene i prosedyren for utredning av aktsomhetsområder og faresoner [1].

Tabell 8-1: Prosedyre for utredning av aktsomhetsområder og faresoner [1].

	Pkt.	Overskrift
Del 1: Aktsomhetsområder	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
Del 2: Utredning av faresoner	4.	Bestem tiltakskategori
	5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde
	6.	Befaring
	7.	Gjennomfør grunnundersøkelser
	8.	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder
	9.	Klassifiser faresoner
	10.	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet
	11.	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser

Antall punkter i prosedyren som må behandles er avhengig av planfase og krav for nøyaktighet av utredningene.

Dersom det under gjennomgang av prosedyren kan konkluderes med at det ikke er fare for områdeskred, vil det ikke være nødvendig å gå videre i prosedyren og utredningen avsluttes.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 17 av 41

8.2 Gjennomgang av prosedyre i NVE 1/2019

Tabell 8-2 viser oppsummering av gjennomgang av prosedyren for utredning av områdeskredfare for tverrslag Madserud. Vurdering av punktene er videre gitt i avsnitt 8.2.1 - 8.2.10.

Tabell 8-2: Oppsummering av gjennomgang av prosedyren NVE 1/2019 [1].

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Ingen tidligere kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.
2.	Avgrens områder med mulig marin leire	Hele området ligger under marin grense og har marine avsetninger. Registrert sprøbruddmateriale i området for aktuelt tiltak.
3.	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Skråning brattere enn 1:20 mot sørvest og nordvest, og skråningshøyde er større enn 5 m. Aktsomhetsområder er definert.
4.	Bestem tiltakskategori	Tiltaket plasseres i tiltakskategori K4.
5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde	Registrert sprøbruddmateriale i området. Skråning brattere enn 1:20 mot sørvest og nordvest, og skråningshøyde er større enn 5 m.
6.	Befaring	Berg i dagen er kartlagt i flere omganger. Det er registrert en bekk i bunnen av skråningen.
7.	Gjennomfør grunnundersøkelser	Det er utført grunnundersøkelser i flere runder i forbindelse med prosjektet og kartlagt berg i dagen. Supplerende grunnundersøkelser viser økende bergdybder vestover og i bunn av skråningen.
8.	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområde	Retrogressivt skred vurderes som aktuell skredmekanisme. Løsneområdet defineres på bakgrunn av NGI-metoden, registreringer av grunnforhold og berg i dagen. Utløpsområdet er i delvis kanalisert terreng og vil maksimalt være 3x lengden til løsneområdet. Prosjektområdet er vurdert til å ligge utenfor eventuelle utløpsområder for kvikkleireskred i nærområdet.
9.	Klassifiser faresoner	Faregradsklassifisert til «middels faregrad», konsekvensklasse «meget alvorlig» og risikoklasse «4».
10.	Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet	Stabilitetsberegninger dokumenterer sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1,4 \cdot f_s$ og $F_{\phi} \geq 1,25$. Sikkerheten er tilfredsstillende uten stabiliserende tiltak.
Konklusjon		Det er funnet sprøbruddmateriale i området, og terrengkriteriene gjør det nødvendig med utredning av områdestabilitet. Utredningen viser en faresone med tilfredsstillende sikkerhet. Tiltaket kan gjennomføres med tilfredsstillende sikkerhet. Prosjektområdet ligger heller ikke innenfor et sannsynlig utløpsområde for ev. skred fra nærliggende områder.

8.2.1 Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området

I NVEs kartdatabase [8] finnes ikke tidligere kartlagte faresoner på Madserud. Det finnes heller ikke kartlagte faresoner i nærhet av prosjektområdet.

8.2.2 Avgrens områder med mulig marin leire

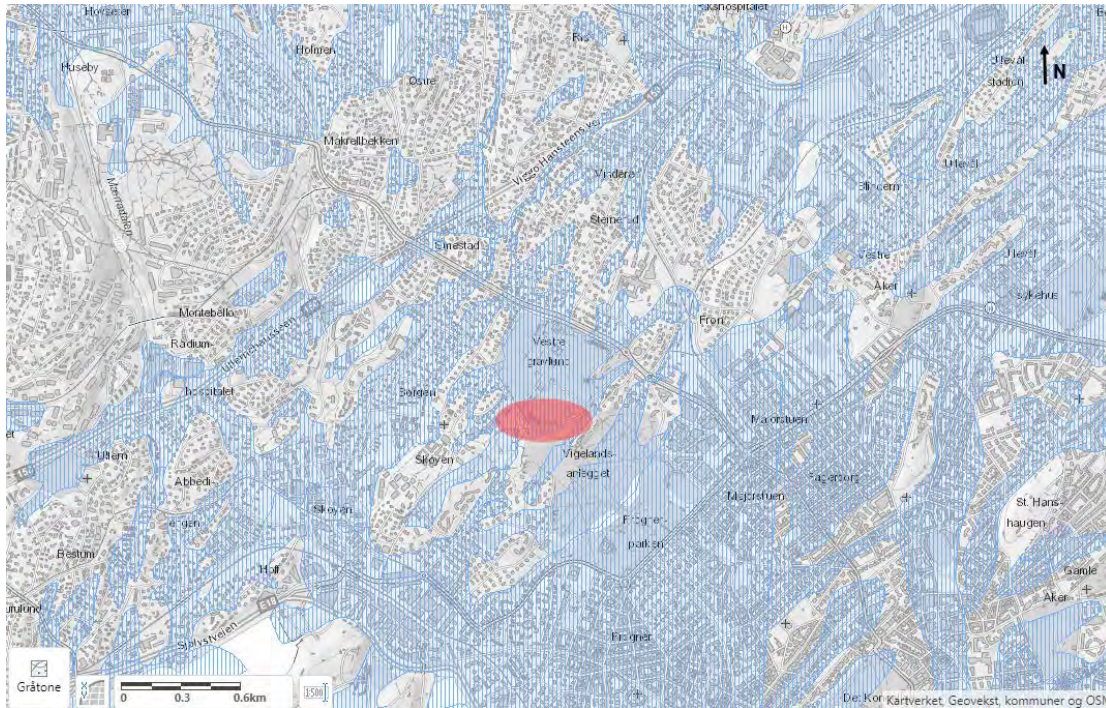
Hele området ligger under marin grense, se Figur 8-1.

Løsmassene i området består hovedsakelig av marine avsetninger, stedvis med topplag av fyllmasser. Grunnundersøkelser viser typisk middels fast til bløt leire, middels til meget sensitiv. Det er registrert sprøbruddmateriale og kvikkleire i området.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 18 av 41



Figur 8-1: Områder med mulighet for sammenhengende forekomster av marin leire [7]. Prosjektområdet markert med rødt.

8.2.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

NVEs veileder [1] beskriver hvordan terrengranalyse kan utføres for å begrense aktsomhetsområdene til områder der topografien gir muligheter for områdeskred. Følgende kriterier skal benyttes, og er lagt til grunn i videre vurderinger av terreng som kan inngå i løsnedområdet for skred:

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

I tillegg må terreng som kan inngå i utløpsområder for skred vurderes:

- 3 x lengden til løsnedområdets lengde. Løsnedområdet er enten en eksisterende faresone (steg 1) eller et aktsomhetsområde
- Allerede kartlagt utløpsområde

Figur 8-2: og Figur 8-3 viser kart med analyse av terrenghelning. Omtrentlig markering av prosjektområdet er vist med rødt.

Terrenghelning slakere enn 1:20 gir vanligvis ikke fare for områdeskred, og empiriske data tyder på at de aller fleste løsnedområder for kvikkleireskred begrenser seg til en terrenghelning større enn 1:15 for jevnt hellende terreng. Helning 1:15 tilsvarer 3,8 grader, og helning under dette har ikke farge i kartet. Terrengranalysen tar ikke hensyn til skråningshøyden, altså kan det være fargemarkerte områder i kartet som ikke gir fare for områdeskred da høydeforskjellen er lavere enn 5 m.

Fargemarkerte områder innenfor prosjektområdet er relatert til lokale terrenghelning med høydeforskjell mindre enn 5 m, områder med berg i dagen og konstruksjoner/murer/trapper/

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 19 av 41

skulpturer hvor terrenget i kartet vurderes å være feilaktig. Eneste reelle skråning med høydeforskjell større enn 5 m er i retning nordvest og sørvest mot Skøyen.

Gjennomsnittlig helning på selve planområdet er ca. 1:40 med en total høydeforskjell på ca. 3,5 m.

Basert på terrengeanalyser vil mulig aktsomhetsområde tilsvare skråningene ned mot sørvest og nordvest, hvor terrenghelningen er brattere enn 1:20 og skråningshøyden er større enn 5 m.

Prosjektområdet ligger på toppen av disse skråningene, og det må derfor vurderes nærmere om det kan være fare for at planlagt tiltak kan initiere et områdeskred. Høydeforskjell og skråningshelning tilsier at det potensielt kan være skredfare.



Figur 8-2: Terrenganalyse fra NVEs kartkatalog [8]. Mulig aktsomhetsområde som kan påvirke planområdet er markert med blå skravour.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 20 av 41



Figur 8-3: Bratthetskart fra NVEs kartkatalog [8].

8.2.4 Bestem tiltakskategori

Tiltaket er vurdert å tilhøre tiltakskategori K4 med bakgrunn i at det tidvis kan forventes et stort antall mennesker til stede, samt nærhet til infrastruktur, skole og barnehage.

8.2.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsråneområde

Grunnundersøkelser er utført i flere omganger i forbindelse med prosjekteringen av Fornebubanen. I tillegg til de presenterte grunnundersøkelsene i kapittel 4.4, indikerer kart fra «Under Oslo» [9]. at det er utført en rekke grunnundersøkelser lengre ned i skråningen. Kartet indikerer også hvor det tidligere er kartlagt berg i dagen og gir i tillegg fargegrader som indikerer løsmassemektheter og dybder til berg. Mørkere brunfarge tilsvarer større bergdybder.

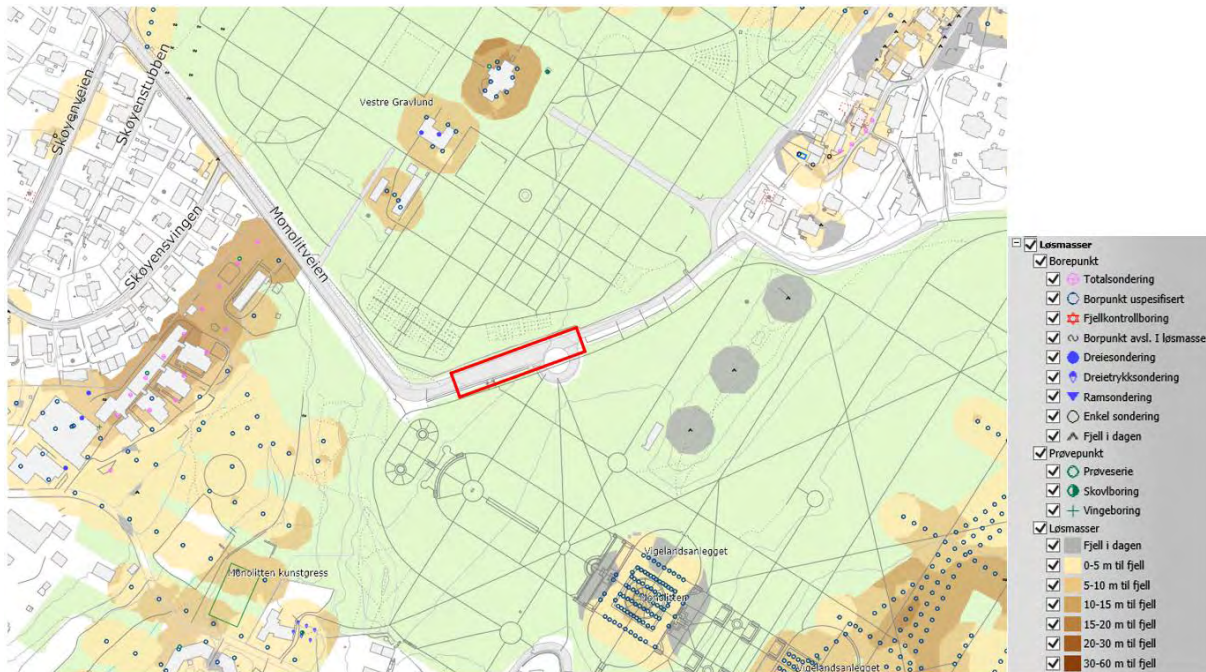
I borpunkt 0555 er det også registrert sprøbruddmateriale, se Figur 4-4. Dette punktet og området er begrenset mot planområdet av berg i dagen mot nordøst og sørøst. Og vil ikke bli påvirket av tiltaket i denne retningen. Mot nord og bussholdeplassen er det et område med liten løsmassemekthet. Og området vil derfor heller ikke påvirkes av tiltaket ved bussholdeplassen. Dette området vil derfor ikke vurderes ytterligere i forbindelse med planlagte tiltak ved Madserud tverrslag og bussholdeplass.

Dette grunnlaget, sammen med avgrensning av aktsomhetsområde i kapittel 8.2.3, er benyttet som grunnlag for befarings- og videre utredning.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 21 av 41



Figur 8-4: Utførte grunnundersøkelser og bergdybder registrert i "Under Oslo" [9].

8.2.6 Befaring

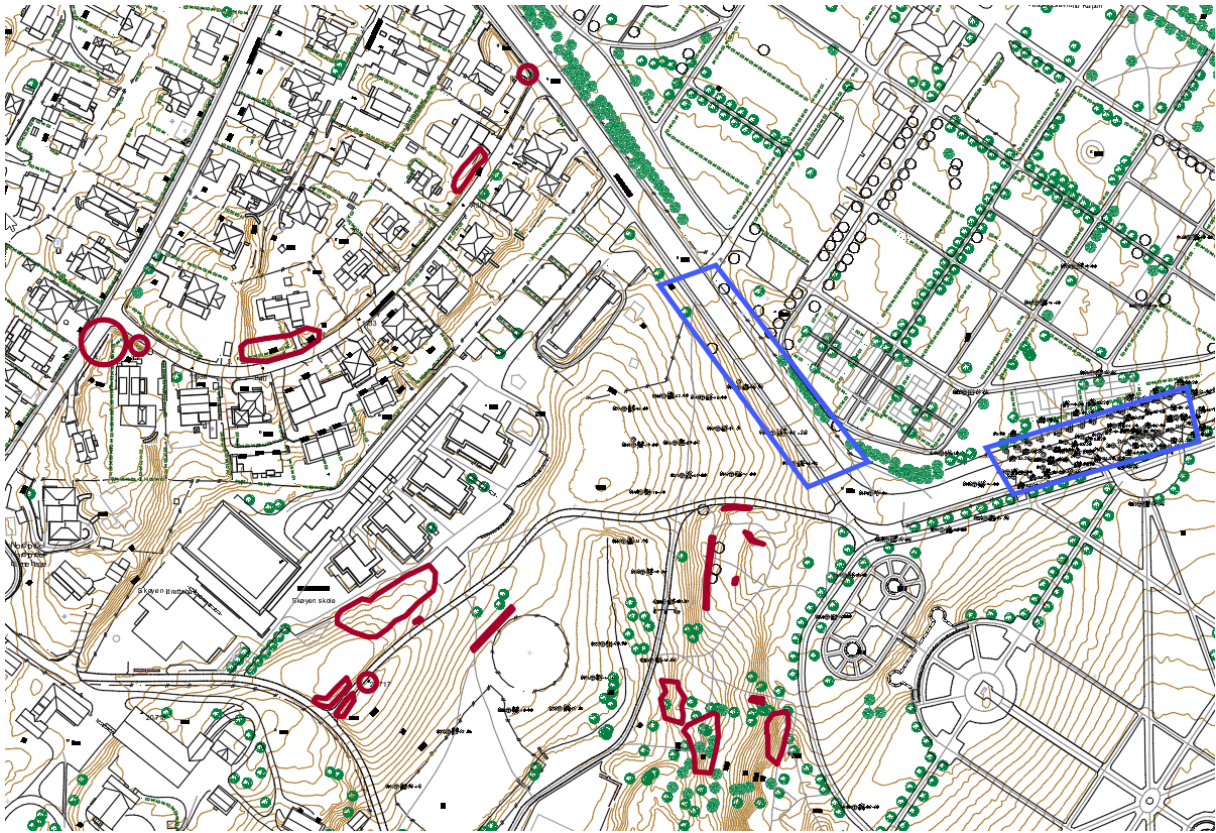
Det har blitt gjennomført befaring med blant annet kartlegging av berg i dagen (markert med rødt i Figur 8-5), som har betydning for avgrensning av mulige løснеområder.

Det eksisterer en bekk i bunnen av skråningen som renner videre ned mot Skøyen, se Figur 8-6 og Figur 8-7. Det er lite fall langs bekken og generelt lav vannstand. Det er ikke sett tegn til erosjon i bekken. Bunnen av bekken består av en blanding av større stein og kohesjonsmateriale.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 22 av 41



Figur 8-5: Kartlagt berg i dagen markert med rødt. Tiltaksområdene er markert med blått.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 23 av 41



Figur 8-6: Bekken i bunn av aktsomhetsområdet. Retning på bildet er mot planlagt midlertidig bussholdeplass/Vestre Gravlund. Mars 2022.



Figur 8-7: Bilde tatt mot Monolitten kunstgress. Mars 2022.

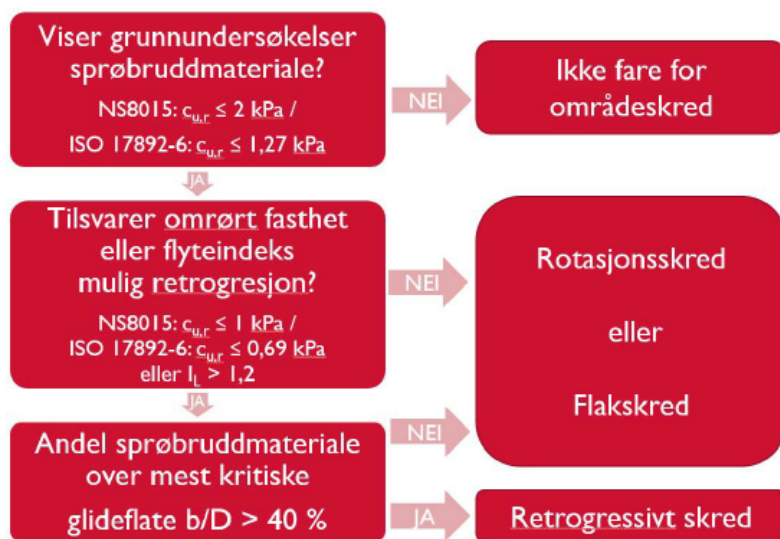
Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 24 av 41

8.2.7 Gjennomfør grunnundersøkelser

Det er gjennomført grunnundersøkelser i flere omganger i forbindelse med prosjektet. Se egen datarapport [5]. Se også Figur 4-4 og Figur 4-5.

8.2.8 Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområde

Data fra grunnundersøkelser, befaring og detaljert vurdering av topografi gir sammen med kriterier i flytskjema i [1], Figur 8-8, grunnlag for å avgrense mulige løsneområder nærmere.



Figur 8-8: Flytskjema for vurdering av skredmekanisme [1].

Retrogressive skred opptrer når mektigheten av kvikkleire/sprøbruddmaterialer er mer enn 40 % over kritisk glideflate. Retrogressive skred med utstrømming av leire opptrer når omrørt skjærfasthet er lavere enn 1 kPa ($c_{ur} < 1$ kPa). Det påpekes at kriteriet for omrørt skjærfasthet kun gjelder ved konusforsøk [10].

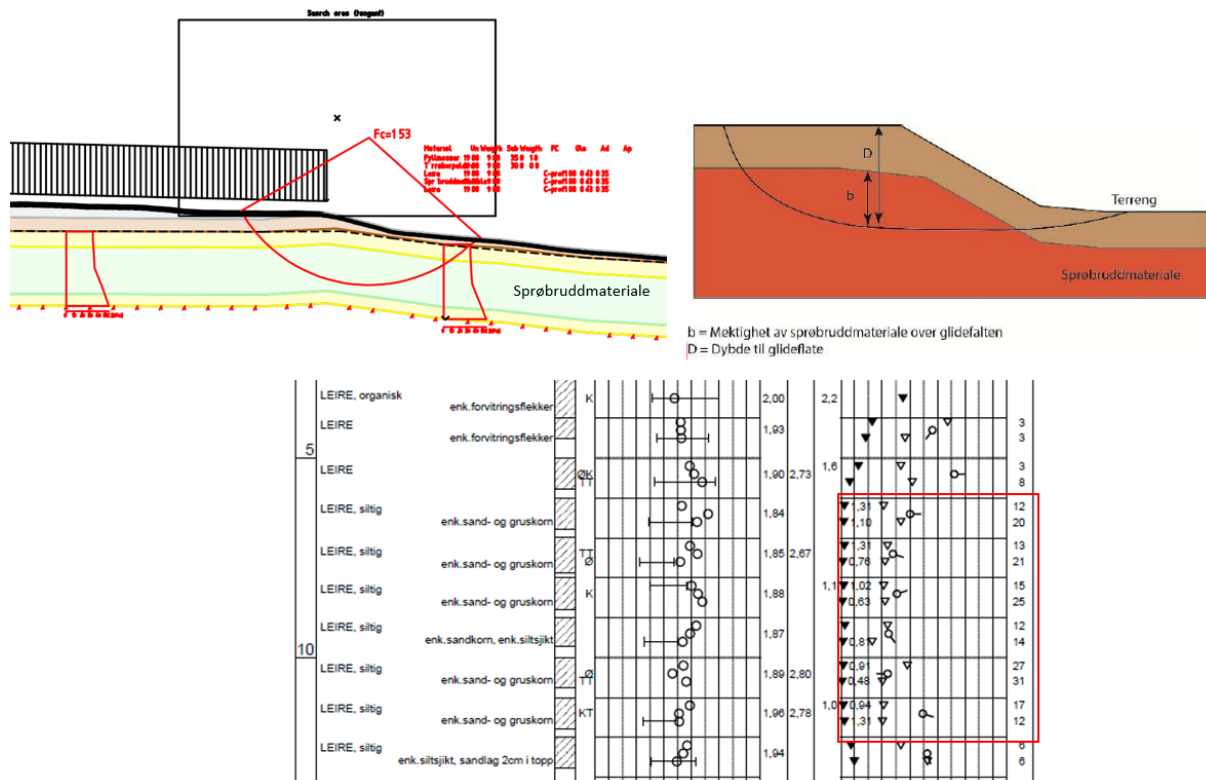
Iht. antagelser for lagdeling nedover skråningen (mektighet av sprøbruddmateriale er mer enn 40 % av kritisk glideflate) og prøveserie som viser omrørt skjærfasthet lavere enn 1 kPa ved konusforsøk, vurderes retrogressivt skred som aktuell skredmekanisme for prosjektområdet til Madserud tverrslag, se Figur 8-9.

Områdestabilitet – Tverrsnitt Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 25 av 41



Figur 8-9: Antatt retrogressiv skredmekanisme for skråningen ved Madserud tverrsnitt.

Løsneområdet for prosjektorrådet til Madserud tverrsnitt er avgrenset ved bruk av informasjon fra grunnundersøkelser, og med bakgrunn i at det er et retrogressivt skred. NGI-metoden er derfor benyttet [10]. Med NGI-metoden avgrenses løsneområdet med 1:15-linja fra skråningsfot til krysningspunkt med sprøbruddmaterialelaget iht. Figur 8-10 og Figur 8-11. Det er konservativt antatt at sprøbruddmaterialer er gjennomgående for skråningen og at dybden til sprøbruddmateriale under terreng er mindre i bunn av skråningen. Utgangspunktet til 1:15-linja skal være bunn av initialscredet. Ved lange og slake skråninger, og i tilfeller med dype skjærflater, er det foreslått å bruke en maksimal dybde lik $0,25 \times H$ for utgangspunktet til 1:15-linja i utgangen av initialscredet. Beliggenhet, andel og morfologien av sprøbruddmateriale involvert i skredet er av stor betydning for størrelse av løsneområdet. For tilfeller hvor sprøbruddmaterialet ligger dypt under skråningsfot og under 1:15-linja, vil det være vanskelig for et stort kvikkleireskred å inntreffe [10].

Uavhengig om en benytter seg av metoden til NVE-veileder ($15 \times H$) eller NGI-metoden (1:15-linja) vil et potensielt løsneområde treffe prosjektorrådet til Madserud tverrsnitt.

NVE-veileder: Løsneområde $L = 15 \times H = 15 \times 11 \text{ m} = 165 \text{ m}$

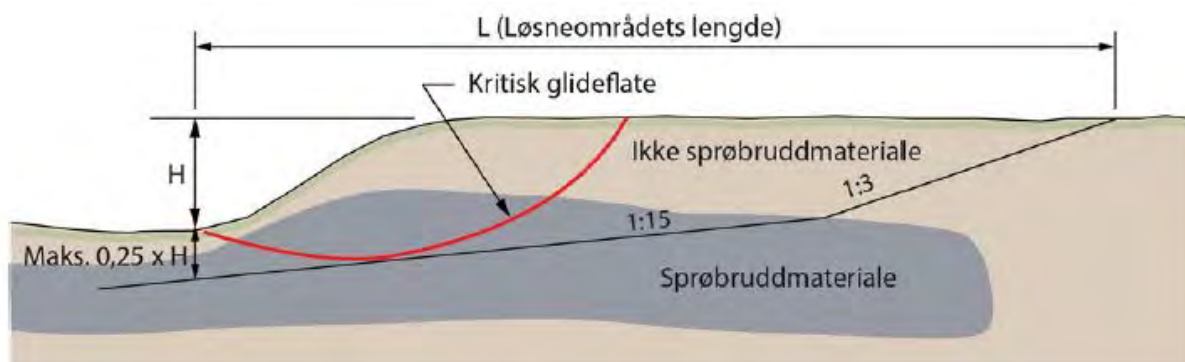
NGI-metoden: Løsneområde $L = 115 \text{ m}$

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

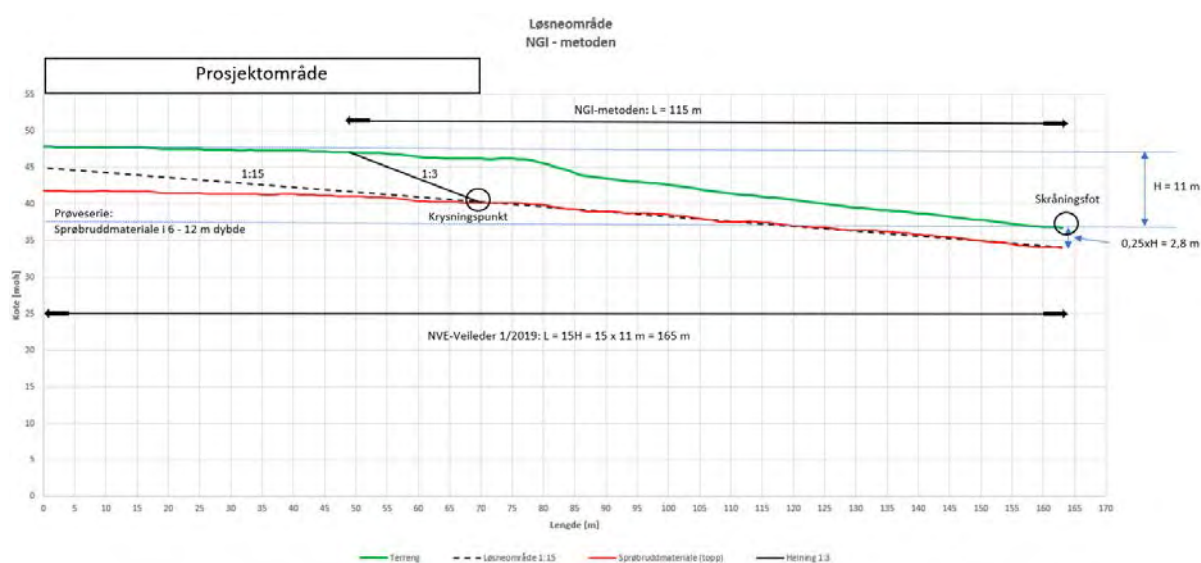
Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 26 av 41



Figur 8-10: Vurdering av løснеområde for retrogressive skred som tar hensyn til lagdeling (NGI-metoden) [1].



Figur 8-11: Vurdering av løснеområde for Madserud tverrslag, NGI metoden, med 1:3 skråningshelning der det ikke er sprøbruddsmateriale.



Figur 8-12: Omtrentlig utstrekning av løsnakeområdet med bruk av NGI-metoden [10]. Rød linje indikerer hvor langt bak løsnakeområdet er vurdert å kunne gå.

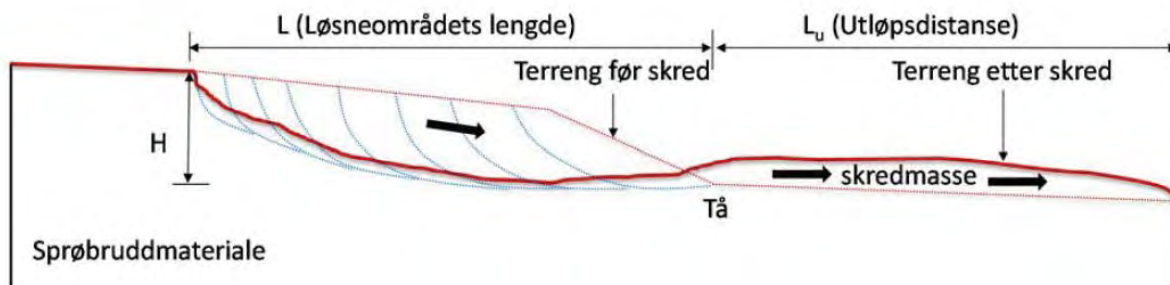
Utslekning av utløpsområdet er hovedsakelig avhengig av løsnakeområdets utstrekning, topografi i utløpsområdet og forventet skredmekanisme. Utløpsområdet vil maksimalt være 3x lengden til løsnakeområdet dersom en har et retrogressivt skred med utløp i kanalisert terreng. Dersom en har et retrogressivt skred med utløp i et åpent og flatere terreng kan utløpsområdet ytterligere innskrenkes til å være 1,5x lengden til løsnakeområdet. Dersom en mest sannsynlig vil få et flakskred eller

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 27 av 41

rotasjonsskred vil utløpsområdet være maksimalt 0,5x lengden til løsneområdet. Definisjon av løsne- og utløpsområde er vist i Figur 8-13.



Figur 8-13: Definisjon av løsneområde og utløpsdistanse [10].

Da retrogressiv skredmekanisme er vurdert som aktuell for Madserud og terrenget til dels er kanalisert videre nedstrøms, foreslås derfor følgende konservative kriterium i vurderingen av utløpsområdets størrelse for tverrslag Madserud:

Utløpsdistanse (L_u) = 3 x Løsneområdets lengde (L)

Utløpsdistansen til løsneområdet vil dermed bli:

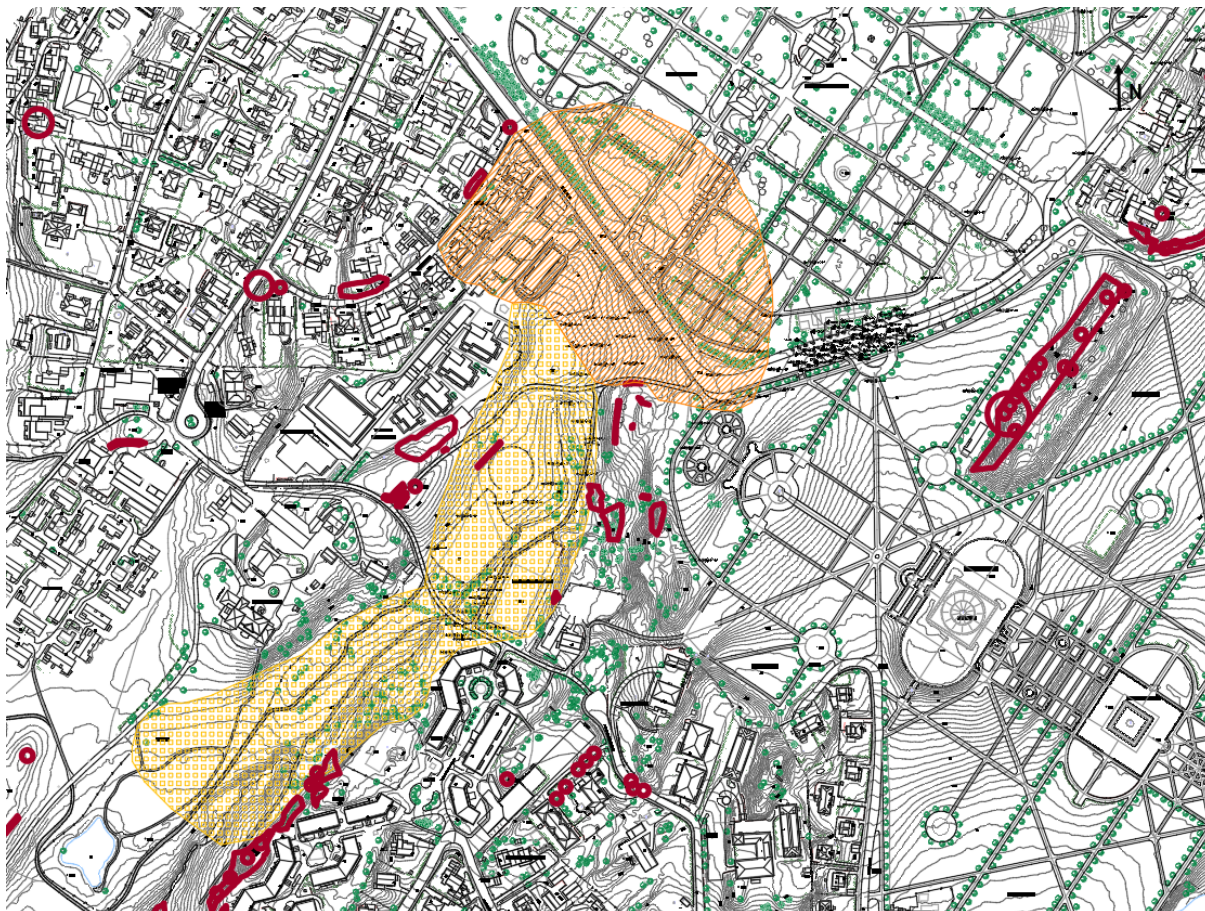
$$L_u = 3 \times L = 3 \times 165 \text{ m} = 495 \text{ m}$$

Sannsynlige løsne- og utløpsområder avgrenset i samsvar med punktene foran, tegnes inn på kart som faresoner. Løsne- og utløpsområder gis hver sin skravur, avgrensningen ved Madserud er vist i Figur 8-14.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 28 av 41



Figur 8-14: Sannsynlig løsne- og utløpsområde for prosjektorrådet til Madserud tverrslag er markert med oransje og gul skravur. Rødt omriss viser kartlagt berg i dagen.

8.2.8.1 Utløpesområder for nærområdet

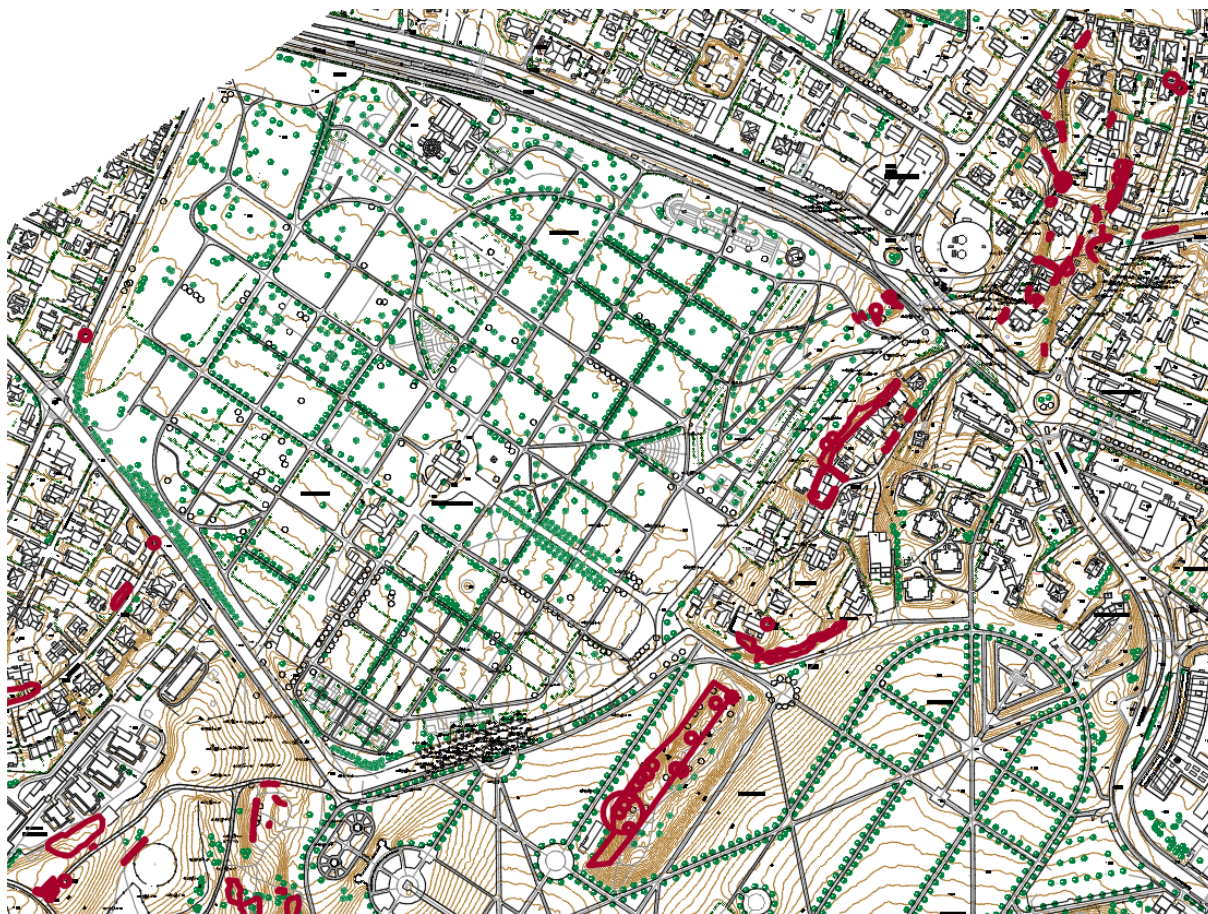
Områdene omkring prosjektorrådet med lokal terrenghelning større enn 1:15 anses, basert på topografi, potensielt å kunne være løsneområder og å kunne påvirke tiltaket. Følgelig kan det ikke umiddelbart utelukkes at prosjektorrådet ligger innenfor et utløpsområde. Det er sett nærmere på terrengforhold for å vurdere dette.

Basert på topografiske forhold vurderes eventuelle utløpsområder fra skred å komme fra retning nord i området nord for Vestre gravlund. Basert på bratthetskart må en nord for Sørkedalsveien for å finne områder med lokale terrenghelninger brattere enn 1:20. Sørkedalsveien ligger ca. 500 m unna prosjektorrådet. Øst langs Vestre gravlund er det kartlagt flere bergskrenter med berg i dagen, markert med rødt i Figur 8-15, som naturlig danner en avgrensning videre østover. I retning vest og sør heller terrenget nedover.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 29 av 41



Figur 8-15: Kartlagt berg i dagen markert med rødt.

Dersom en konservativt vurderer et potensielt retrogressivt skred nord for Sørkedalsveien, vil et utløpsområde for skredmassene maksimalt gå 1,5 x løsneområdet grunnet åpent terreng. Dette betyr med at løsneområdet for et kvikkleireskred nord for Sørkedalsveien må være ca. 330 m, som videre tilsvarer en skråningshøyde $\geq 22,5$ m forutsatt helning brattere enn 1:15.

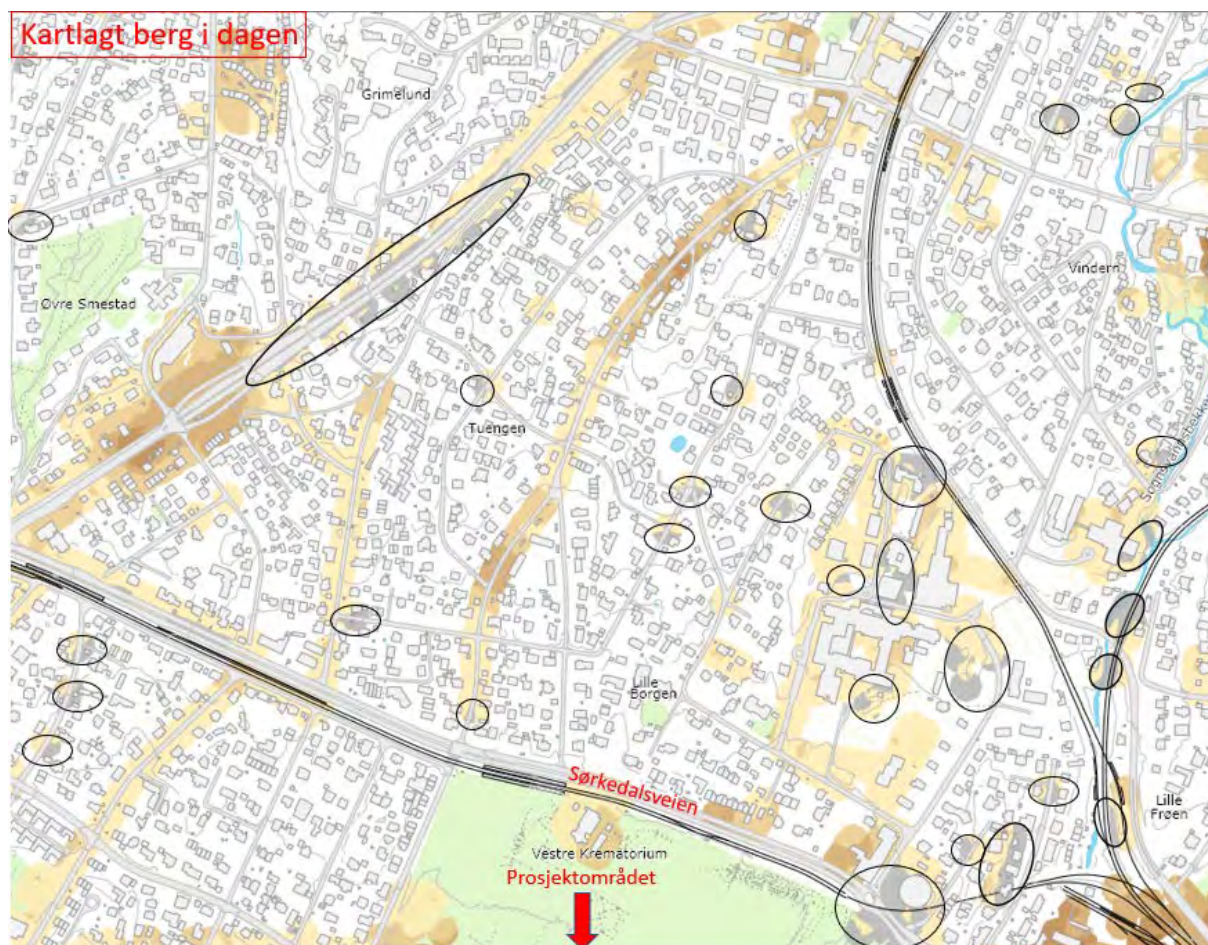
For vurderinger av området nord for prosjektområdet er det sett nærmere på utførte grunnundersøkelser, berg i dagen, kartlagte grunnforhold og topografiske forhold:

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 30 av 41



Figur 8-16: Kartlagt berg i dagen registrert i "Under Oslo" [9].

Kartet fra «Under Oslo» [9] viser flere registrerte områder med berg i dagen nord for Vestre gravlund. Mot øst sammenfaller dette godt med kartlagt berg i dagen videre sørover mot Madserud tverrslag.

Det er videre satt disse registrerte områdene inn i bratthetskartet fra NVE i Figur 8-17 [8].

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 31 av 41



Figur 8-17: Bratthetskart over området nord for Vestre gravlund [8].

Som Figur 8-17 illustrerer, sammenfaller flere av de registrerte «berg i dagen»-områdene fra «Under Oslo» med bratthetskartet. Terrenganalysen tar ikke hensyn til skråningshøyden, altså kan det være fargemarkerte områder i kartet som ikke gir fare for områdeskred da høydeforskjellen er lavere enn 5 m. Et potensielt løснеområde for kvikkleireskred begrenser seg til områder med jevnt hellende terreng brattere enn 1:15, og det må derfor utføres sjekk av grunnforhold og utførte grunnundersøkelser for å se om det er områder med registrert sprøbruddmaterialer/ kvikkleire.

I Figur 8-18 er kartlagte grunnforhold fra andre prosjekter Multiconsult har vært involvert i presentert. Mot øst og i området til Diakonhjemmet er det som forventet beskjedne bergdybder. I nordøst er det registrert leire med varierende fasthet, men basert på avstand ca. 1,4 km fra prosjektområdet og alle hindringene i form av berg i dagen og infrastruktur, vurderes det at potensielle skredmasser vil stanse langt unna Madserud tverrslag.

Det er registrert tre områder hvor en kan forvente marin leire og sprøbruddmaterialer/kvikkleire. To av punktene er ved Smestadkrysset iht. Figur 8-18. Topografiske forhold viser at helningen ned mot Vestre gravlund og prosjektområdet til tverrslag Madserud ikke tilfredstiller krav til helninger brattere enn 1:15, noe tilfellet derimot er fra Smestadkrysset og nedover sørvest mot Nedre

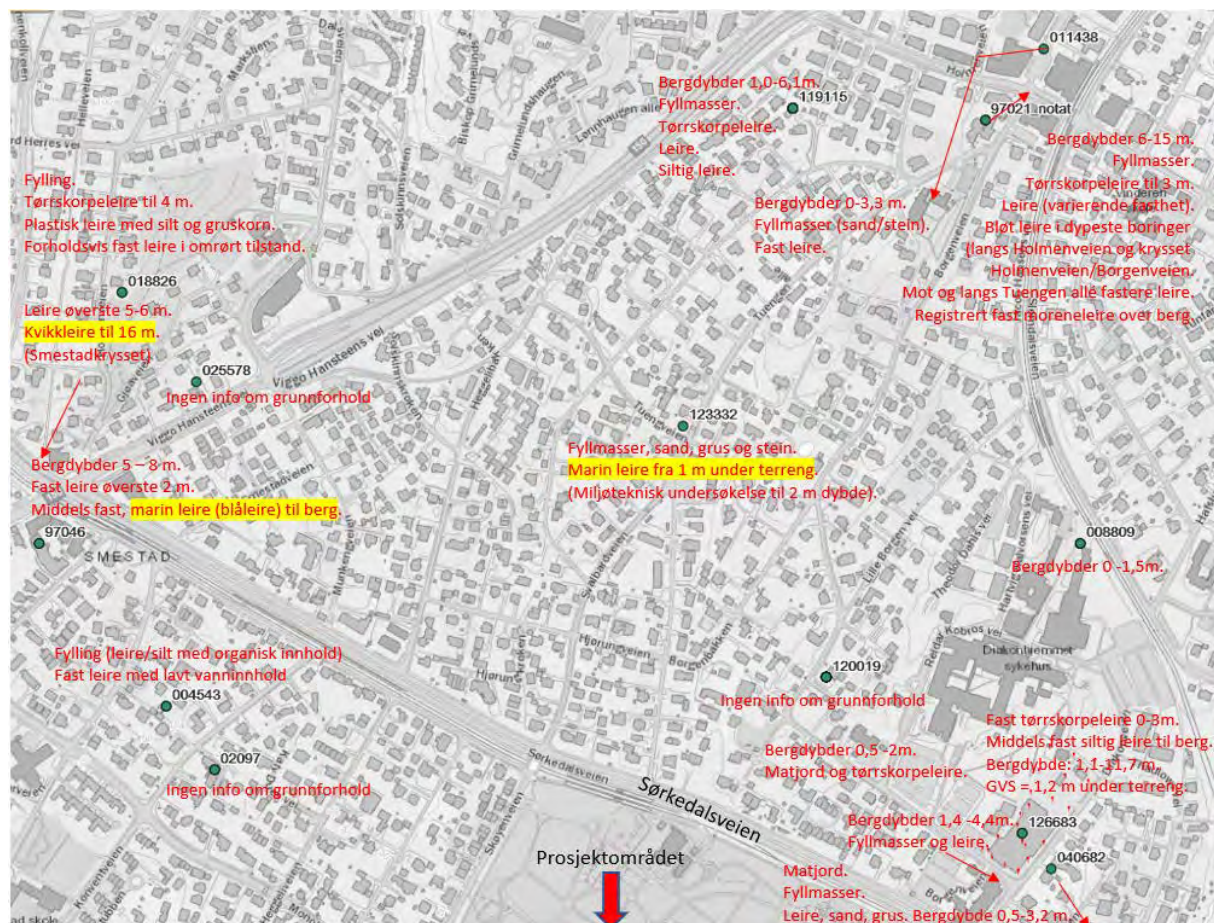
Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

Side: 32 av 41

Smestaddammen. Et potensielt skred i dette området vil derfor ha utløpsområde sørvestover og ikke mot prosjektområdet til Madserud tverrslag.

Det siste punktet hvor det er beskrevet marin leire er fra miljøteknisk undersøkelse ved Tuengveien. Dette er undersøkelser som begrenser seg til dybde 2 m under terreng, og det kan derfor ikke utelukkes marin leire og sprøbruddmaterialer/kvikkleire i dybden.



Figur 8-18: Grunnforhold basert på tidligere prosjekter i området nord for Vestre gravlund.

Det er derfor vurdert et snitt fra Tuengveien og sør mot prosjektområdet til tverrslag Madserud, for å vurdere eventuelt utløpsområde for skredmasser, se Figur 8-19. Basert på terrenghelning brattere enn 1:15 og antagelser om sprøbruddmaterialer/kvikkleire, vil utløpsdistansen konservativt bre seg $L_u = 810$ m dersom en betrakter området som ravinert. Med andre ord vil skredmasser stanse på Vestre gravlund, ca. 100-150 m nord for prosjektområdet til Madserud tverrslag. Utløpsdistansen vil begrenses til 1,5x løsneområdet ved åpent terreng, tilsvarende $L_u = 405$ m.

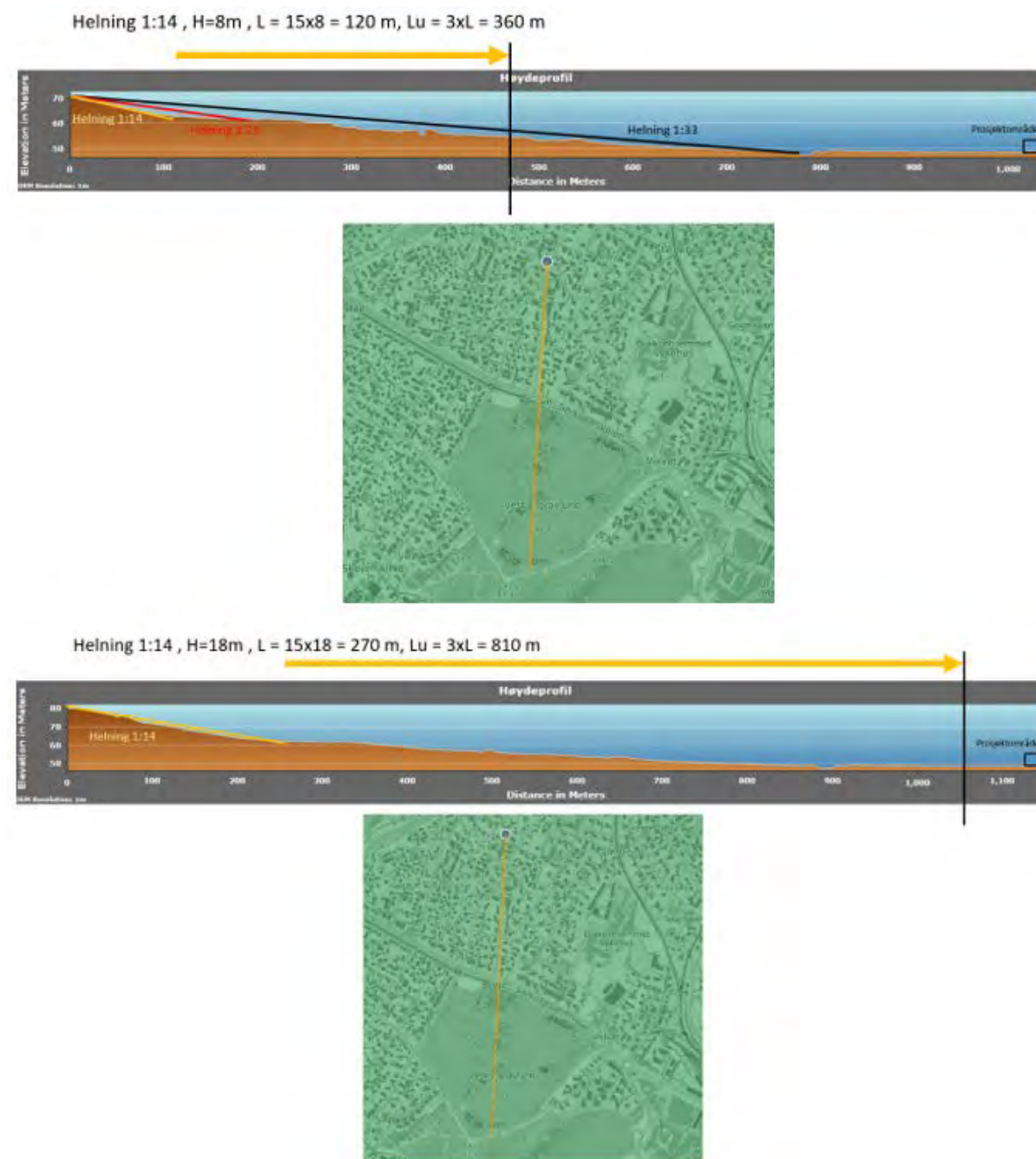
Med grunnlag i vurdering av topografi og potensiell utløpsdistanse, vurderes det at prosjektområdet til tverrslag Madserud ikke ligger innenfor utløpsområder for områdeskred i nærområdet.

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 33 av 41



Figur 8-19: Vurdering av terrenghelninger og potensielle utløpsdistanser for området nord for Vestre gravlund.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 34 av 41

8.2.9 Klassifiser faresoner

Faresonen klassifiseres med faregrad og konsekvens. Utløpsområdet får samme faregrad som løснеområdet. Konsekvens klassifiseres samlet for sonens løsne- og utløpsområde. Faregrad og konsekvens gir sonens risikoklasse. Metode beskrevet i [12] benyttes i klassifiseringen.

Mulig erosjon i eller inn mot faresoner må vies særlig oppmerksomhet. Det er registrert en bekk i bunnen av skråningen, i løsneområdet. Slik bekken foreligger i dag er det få/ingen tegn til erosjon og det vurderes at tiltak for å hindre erosjon ikke er nødvendig.

Faregraden for Madserud er evaluert på bakgrunn av tabell og anbefaling i [12]. Basert på klassifiseringen vil faresonen ved Madserud oppnå «**middels faregrad**», Tabell 8-3. Soner med middels faregrad vil, relativt sett, ha lav sannsynlighet for at skred vil inntreffe.

Tabell 8-3: Faregradsklassifisering av faresone ved Madserud tverrslag.

Faktorer	Vekttall	Score	Poeng	Begrunnelse
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Ikke registrert noen skredhendelser
Skråningshøyde, meter	2	0	0	Skråningshøyde er mindre enn 15 m.
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	0	0	OCR>2 innenfor kritiske snitt. Tolket fra ødometerforsøk i punkt 0567 i dybde 2,8 og 4,7 m.
Poretrykk. Overtrykk, kPa: Undertrykk, kPa:	3 -3	0	0	Måling av poretrykk indikerer hydrostatisk grunnvannstand.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Stor mektighet av sprøbruddmateriale sammenlignet med skråningshøyde, mektighet i kritiske snitt er vurdert å være 4-5 m.
Sensitivitet	1	3	3	Sensitivitet i punkt 0567 er mellom 16-129 i lag med sprøbruddmateriale.
Erosjon	3	1	3	Lite synlig erosjon og noe naturlig erosjonssikring. Lav naturlig gradient. Passer inn i score både for lite erosjon og ingen erosjon, derfor konservativt valgt lite erosjon.
Inngrep: Forverring Forbedring	3 -3	2	6	Bygd ut skoler og barnehager i området.
Sum			18	
% av maksimal poengsum			35,3	
Faregrad			MIDDELS	

Skadekonsekvensklasse vurderes ut fra fare for at liv kan gå tapt, skade på mennesker, økonomiske og verdiforringelse, samt fare for at viktige samfunnsmessige funksjoner skal stoppe opp. På Bakgrunn av evalueringen som er utført for Madserud havner faresonen i konsekvensklasse «**meget alvorlig**», Tabell 8-4.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 35 av 41

Tabell 8-4: Evaluering av skadekonsekvens for Madserud.

Faktorer	Vekttall	Konsekvens, score	Poeng	Begrunnelse
Boligheter, antall	4	3	12	Det er registrert 4 tomannsboliger innenfor løsneområdet.
Næringsbygg, personer	3	3	9	Barnehage/Skole innenfor utløpsområdet.
Annen bebyggelse, verdi	1	2	2	Deler av løsneområdet omfatter bebyggelse på Vestre Gravlund. Dette inkluderer garasjer og noen religiøse bygg.
Vei, ÅDT	2	1	2	ÅDT fra Oslo kommunes registreringer er 500.
Toglinje, bruk	2	0	0	Ingen toglinje i bruk.
Kraftnett	1	2	2	Regional kabel som går langs Monolitveien
Oppdemming og flodbølge	2	1	2	Bekk i bunn av løsneområdet. Denne kan bli tettet/demt opp ved et eventuelt skred. Men ingen boenheter innenfor dette området.
Sum poeng			29	
% av maksimal poengsum			64,4%	
Konsekvensklasse			Meget alvorlig	

Risikoklasse defineres fra evalueringen av skadekonsekvens og faregrad, Risiko=skadekonsekvens x faregrad. Det er verdien for % av maksimal poengverdi som benyttes. For Madserud gir dette:

$$\text{Risiko} = 64,4 \times 35,3 = 2273$$

Dette gir at faresone Madserud havner i «**risikoklasse 4**».

8.2.10 Stabilitetsvurdering. Dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet

Ettersom planen innebærer tiltak innenfor avgrensede faresoner, og tiltaket tilhører tiltakskategorier der det forutsettes utredning av og krav til områdestabilitet, gjennomføres stabilitetsanalyser i samsvar med NVE veileder 1/2019 [1]. Det er særskilte sikkerhetskrav for tiltakskategori K3 og K4. Siden tiltaket forverrer stabiliteten skal det dokumenteres at sikkerhetsfaktoren er $F_{cu} \geq 1,4 * f_s = 1,61$ og $F_{c\phi} \geq 1,25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene. Dersom tilfredsstillende sikkerhet ikke kan dokumenteres må nødvendige stabilitetsforbedrende tiltak skisseres, beskrives og dokumenteres gjennom stabilitetsberegninger. Sikkerheten mot skred må også ivaretas i byggefasen.

8.2.10.1 Analysemetode

Sikkerheten mot utglidning skal bestemmes både for dagens situasjon med drenert jordoppførsel, og for hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel og bruddutvikling. Dagens drenerte tilstand analyseres med en drenert $a\phi$ -analyse, mens udrenert tilstand analyseres med en udrenert C_u -analyse.

Områdestabilitet – Tverrslag MadserudRevisjon: **04G**

Dato: 03.05.2022

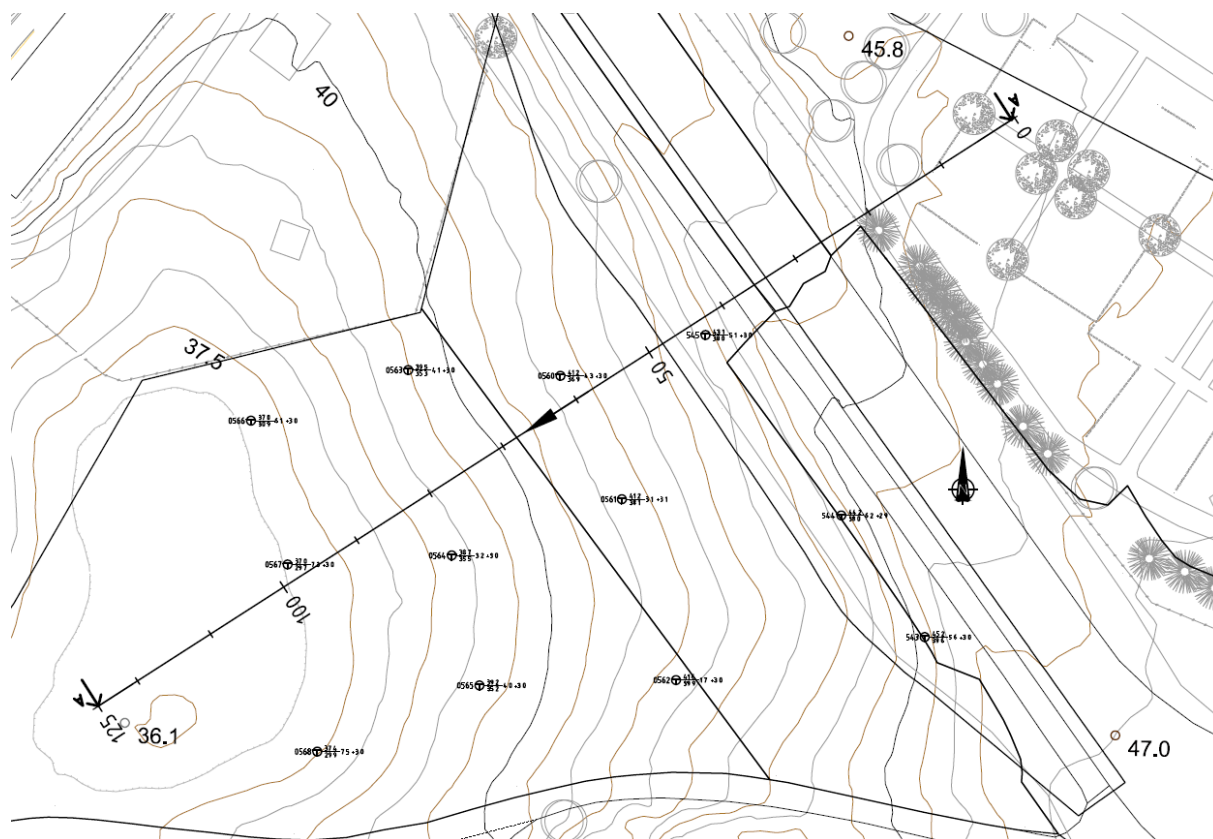
Side: 36 av 41

Tørrskorpelaget og forvitringssonen modelleres som et drenert a ϕ -materiale, uavhengig om en ser på drenert eller udrenert tilstand.

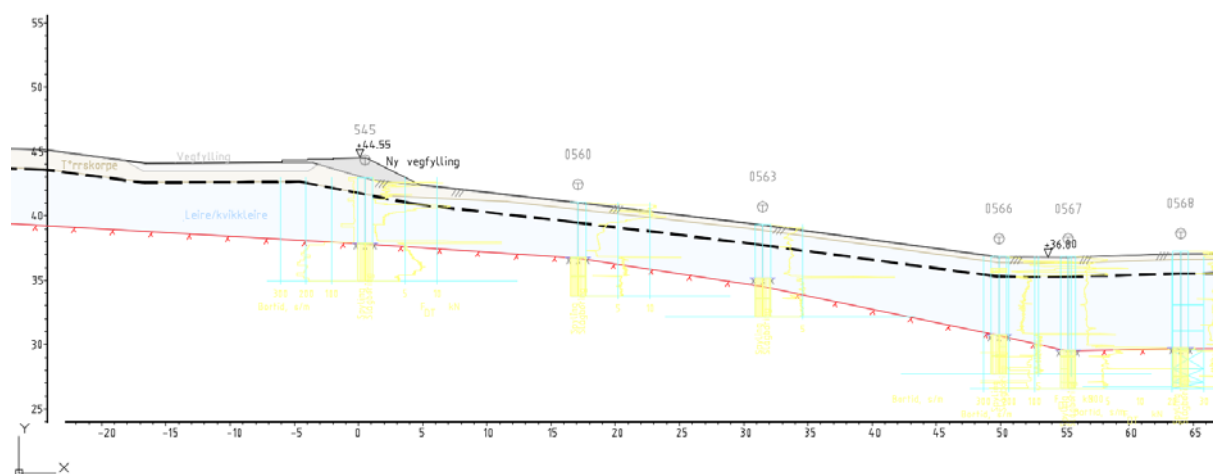
Beregningsprogrammet «GeoSuite Stability» er benyttet i stabilitetsanalysen.

8.2.10.2 Geometri

Mest kritiske snitt er vist i Figur 8-20 og med lagdeling i Figur 8-21.



Figur 8-20: Utgangspunktet til stabilitetsberegningene for dagens situasjon.







Figur 8-21: Geometri ved oppfylling for veg. Utvalgte borpunkt er valgt for å representere største mulige løsmassemektighet i skråningen basert på totalsonderingene utført i mai 2021.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 37 av 41

8.2.10.3 Parametere og lagdeling





Parametere benyttet i drenert $\alpha\phi$ -analyse er vist i Tabell 8-5.

Tabell 8-5: Effektivspenningsparametere benyttet i drenert $\alpha\phi$ -analyse.

Name	Color	ρ [kN/m ³]	ρ' [kN/m ³]	Drained	ϕ [°]	C' [kPa]	Aa	Ad	Ap
∅ Ny vegfylling		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	40,0	4,2	1,00	1,00	1,00
Vegfylling		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	38,0	3,9	1,00	1,00	1,00
Tørrskorpe		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	30,0	1,4	1,00	1,00	1,00
Leire/kvikkleire		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	25,0	0,0	1,00	0,63	0,35

Parametere benyttet i udrenert C_u -analyse er vist i Tabell 8-6.

Tabell 8-6: Totalspenningsparametere benyttet i udrenert C_u -analyse.

Name	Color	ρ [kN/m ³]	ρ' [kN/m ³]	Drained	ϕ [°]	C' [kPa]	Aa	Ad	Ap
▶ Ny vegfylling		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	40,0	4,2	1,00	1,00	1,00
Vegfylling		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	38,0	3,9	1,00	1,00	1,00
Tørrskorpe		19,00	9,00	<input checked="" type="checkbox"/>	30,0	1,4	1,00	1,00	1,00
Leire/kvikkleire		19,00	9,00	<input type="checkbox"/>			1,00	0,63	0,35

8.2.10.4 Jordparametere

Designprofil og effektivspenningsparametere er tolket ut fra laboratorieforsøk utført på prøveserie tatt opp i borpunkt 545 og 567, henholdsvis på topp og i bunn av skråning.

Friksjonsvinkel for leire brukt i drenert analyse er tolket fra treaks i 567 til å ligge mellom 29 og 33 grader. Det er benyttet 25 grader i beregningene.

ADP-faktorer er valgt etter NIFS-anbefaling [11].

8.2.10.5 Grunnvannstand

Grunnvannstand er satt 1,5 m under terreng på toppen av skråningen og 0,5 m under terreng i bunn av skråningen, en tolkning av omkringliggende piezometere som vurderes å være på den konservative siden. Det er benyttet hydrostatisk grunnvannstand i beregningene.

8.2.10.6 Laster

For alle beregninger er det benyttet en anleggslast på 25 kPa på topp av skråning og med lastfaktor på 1,3. Området er ikke tenkt benyttet til parkering av store anleggskjøretøy eller lastebiler ytterst på vegskulder, men det tas høyde for at dette kan forekomme.

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

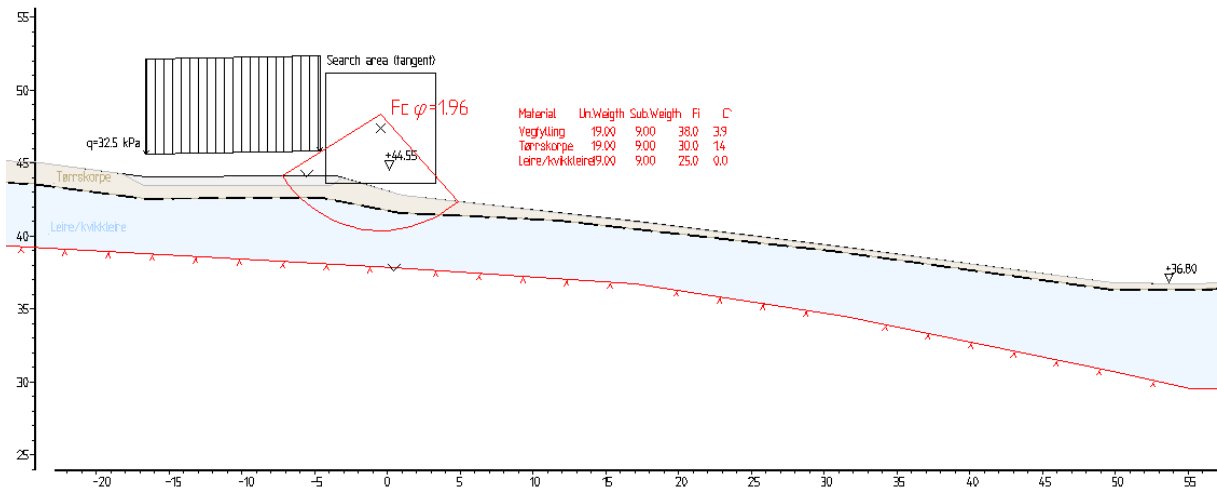
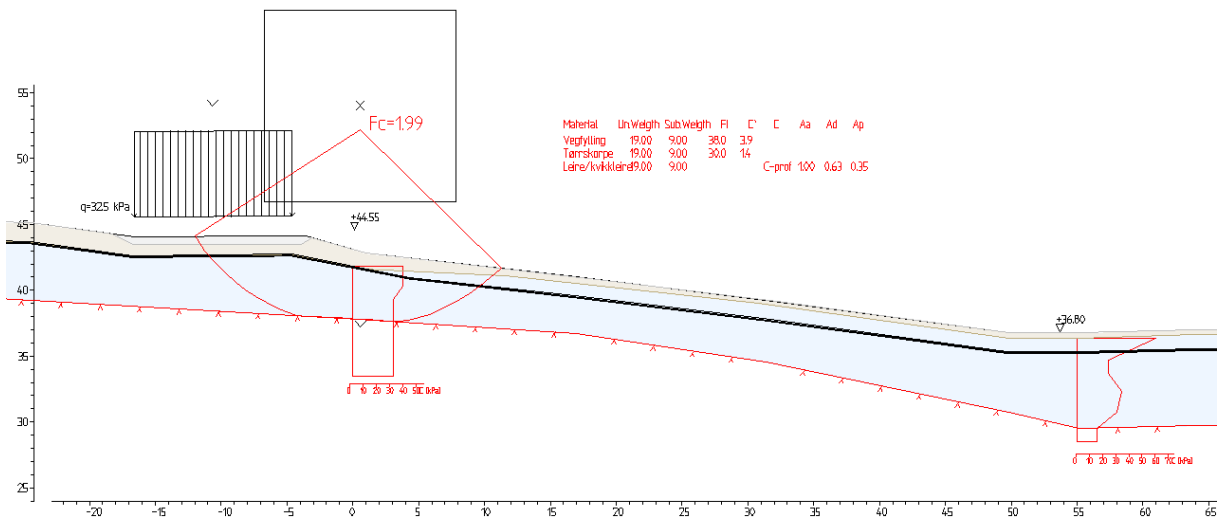
Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 38 av 41

8.2.10.7 Beregninger og resultat

Beregninger for dagens situasjon er vist i Figur 8-22 og Figur 8-23.

Figur 8-22: Dagens drenerte tilstand, $a\phi$ – analyse.Figur 8-23: Dagens udrenerte tilstand, C_u - analyse.

Sikkerhetsfaktor under utbygging/byggefase vurderes som den mest kritiske situasjonen for da største anleggsaktivitet på Monolitveien vil forekomme i tillegg til utfylling for ny bussparkering og gang/sykkelveg i vest.

Det er utført stabilitetsberegninger for udrenert tilstand med påføring av stor anleggslast ($q = 32,5$ kPa) helt ut på planlagt oppfylling for vegutvidelse. Mest kritiske glideflate for beregningene er sirkulære glideflater ytterst på skråningstopp. Det er i tillegg utført kontrollberegninger av sammensatte glideflater, men alle er funnet å ha tilfredsstillende sikkerhet, Figur 8-25 og Figur 8-26.

Beregningene for mest kritiske glideflater gir henholdsvis en sikkerhetsfaktor på $F = 1,99$ for dagens situasjon med økt anleggslast, og sikkerhetsfaktor $F = 1,67$ for snittet med oppfylling for veg med tilhørende anleggslast, Figur 8-24.

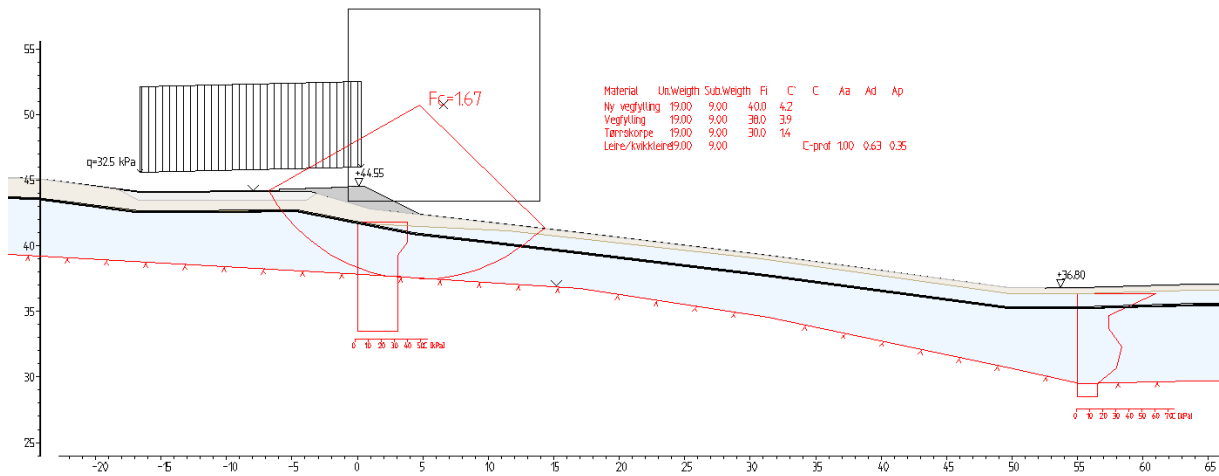
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

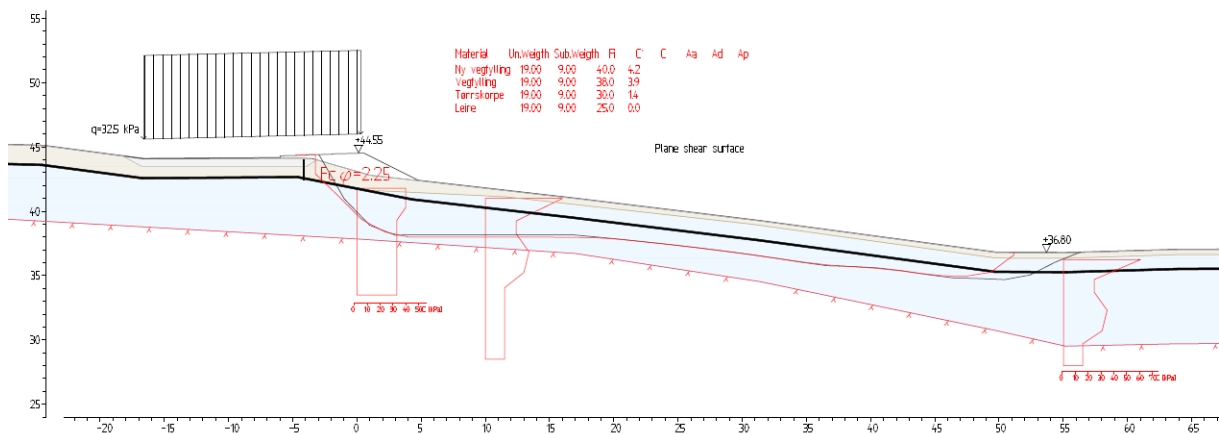
Dato: 03.05.2022

Side: 39 av 41

Resultatene gir tilfredsstillende sikkerhet og sikkerhetsfaktor med tanke på områdestabilitet i begge situasjoner.



Figur 8-24: Udrenert tilstand ved oppfylling for veg og påføring av anleggslast.



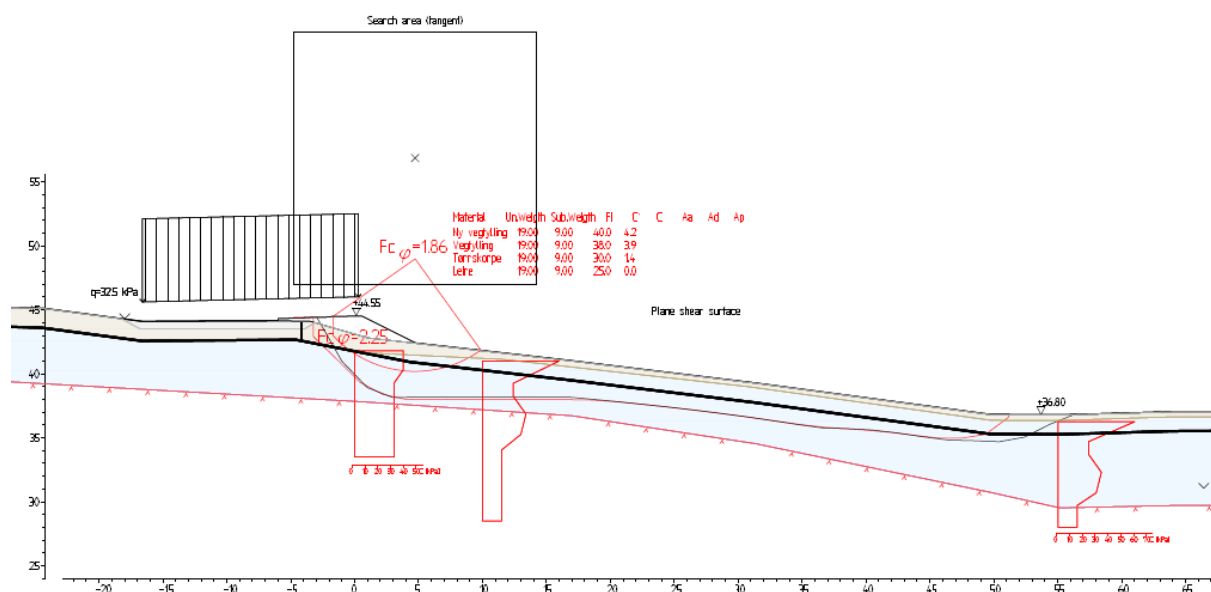
Figur 8-25: Udrenert tilstand ved oppfylling for veg med sammensatt glideflate.

Områdestabilitet – Tverrslag Madserud

Revisjon: 04G

Dato: 03.05.2022

Side: 40 av 41



Figur 8-26: Drenert tilstand ved oppfylling for veg, $\alpha\phi$ – analyse. Sammensatt og sirkulær glidefalte.

9. KONKLUSJON

Det er påvist sprøbruddsmateriale og kvikkleire i prosjektområdet, og topografiske forhold tilsier at områdestabilitet må utredes. Det er identifisert et løsnemråde vest for Monolitveien og behov for evaluering av faresonen.

Tiltaket vurderes i tiltakskategori K4 med «middels faregrad». Stabilitetsberegninger viser tilfredsstillende sikkerhet i mest kritiske situasjon under etablering/byggefase av Madserud tverrslag.

Prosjektområdet ligger ikke innenfor et sannsynlig utløpsområde for skred fra nærliggende områder.

Utført utredning viser at det ikke er reell fare for områdeskred i det aktuelle området.

Lokalstabilitet i forbindelse med planlagte tiltak må ivaretas i videre prosjektering, samt byggefase.

Faresonen med tilhørende vurderinger vil bli meldt inn via NVEs innmeldingsløsning når uavhengig kvalitetssikring er utført.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-U-721-RB-0017
Områdestabilitet – Tverrslag Madserud	Revisjon: 04G
	Dato: 03.05.2022
	Side: 41 av 41

REFERANSER

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Sikkerhet mot kvikkleireskred: Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper (V:1-2019)», NVE, Oslo, Veileder 1–2019, des. 2020. [Online].
- [2] PGF, «Design Basis - Prosjektering av byggegrop», Dok. nr. PF-U-721-EC-0001.
- [3] PGF, «Geoteknisk fagrapport – Forbedrende arbeider Madserud», Dok. nr. PF-U-721-RB-0016.
- [4] «NGU kvartærgeologisk kart». <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>
- [5] PGF, «Fornebubanen - Geoteknisk Datarapport Del 1, Majorstua – Skøyen», Dok. nr. PF-U-721-RB-0011, revisjon 04G, januar 2022
- [6] Statens Vegvesen, *Geoteknikk i vegbygging - Håndbok V220*. Vegdirektoratet, 2018.
- [7] (NVE) Norges vassdrags- og energidirektorat, «NVE Atlas», *NVE Atlas*.
<http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=NVEAtlas#>
- [8] NVE, «Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 'Kartkatalog'.»
<https://kartkatalog.nve.no/#kart>
- [9] Vann- og avløpsetaten, Oslo kommune, «Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten 'Under Oslo'.»
- [10] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «'Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred'. Naturfareprosjektet: Delprosjekt 6 Kvikkleire (NIFS). Rapport nr. 14-2016.», 14–2016.
- [11] V. Thakur *mfl.*, «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer», Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Statens Vegvesen (SVV) og Jernbaneverket (JV), NIFS rapport 14/2014, jan. 2014. [Online].
- [12] Norges vassdrags- og energidirektorat, "Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred", Norges vassdrags- og energidirektorat, ekstern rapport 9/2020, des. 2020.
- [13] Oslo kommune, vann- og avløpsverket, «Skøyen skole, orienterende grunnundersøkelse», Rapport nr. R-2962-01, 1. juni 1996.