



Oslo

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Dok.nr.: PF-VEK0-721-RB-0003

Revisjon: 05G



Oslo Kommune – Fornebu banen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 2 av 45

Dokumentet er utarbeidet av



Rev.	Dato	Utgitt for	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01G	10.12.2020	Gjennomsyn	J. Nordahl	L.L. Aune, A.S. Simonsen	B. S. Lystrup
02G	05.03.2021	Gjennomsyn	J. Nordahl	L.L. Aune	B. S. Lystrup
03G	19.01.2022	Gjennomsyn	J. Nordahl	M. R. Lund	B. S. Lystrup
04G	07.02.2022	Gjennomsyn	J. Nordahl	M. R. Lund	B. S. Lystrup
05G	24.03.2022	Gjennomsyn	J. Nordahl	M. R. Lund	B. S. Lystrup

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 3 av 45

Innhold:

1.	INNLEDNING	5
1.1	Regelverk og veiledninger	5
1.2	Hensikt	5
1.3	Kort sammendrag	6
1.4	Anbefaling	6
2.	ENDRINGSLOGG	6
3.	OMRÅDEBESKRIVELSE	7
3.1	Topografi	7
3.1.1	Adkomst A, Vennersborgveien	7
3.1.2	Adkomst B, Vækerøveien	8
3.2	Grunnforhold	9
3.2.1	Adkomst A, Vennersborgveien	9
3.2.1.1	Poretrykk	11
3.2.2	Adkomst B, Vækerøveien	14
4.	POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG OG ANDRE FAKTORER	14
4.1	Oversvømmelse og isgang	14
4.2	Erosjon	15
4.3	VA infrastruktur i Vennersborgveien	15
4.4	Utførelse av kalksementstabilisering	15
5.	TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE OG TIDLIGERE KVIKKLEIRESKRED	17
6.	FARE FOR KVIKKLEIRESKRED, GJENNOMGANG AV PROSEDYRE NVE 1/2019	18
6.1	Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019, Adkomst A	18
6.1.1	Registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	19
6.1.2	Avgrense områder med mulig marin leire	19
6.1.3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	19
6.1.3.1	Vurdering av terreng mot sør/retning jernbane	20
6.1.3.2	Vurdering av terreng mot nordøst	23
6.1.4	Bestemme tiltakskategori	27
6.1.5	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løснеområde	27
6.1.6	Befaring	28
6.1.7	Gjennomføring av grunnundersøkelser	28
6.1.8	Vurdering av aktuelle skredmekanismer og avgrensning av løсне- og utløpsområder	28
6.1.8.1	Aktuell skredmekanisme	28
6.1.8.2	Avgrensning av løсне- og utløpsområder	29
6.1.9	Klassifisering av faresoner	32
6.1.9.1	Faregrad (sannsynlighet)	32
6.1.9.2	Skadekonsekvensklasse	33

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 4 av 45

6.1.9.3	Risikoindikator	34
6.1.10	Stabilitetsvurderinger	34
6.2	Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019, Adkomst B Vækerøveien	39
6.2.1	Registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.....	39
6.2.2	Avgrense områder med mulig marin leire	39
6.2.3	Avgrense områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.....	39
7.	BEHOV FOR SUPPLERENDE GRUNNUNDERSØKELSER.....	39
8.	KONKLUSJON	39
9.	VIKTIGE OG KRITISKE MOMENTER	39
10.	REFERANSER	40
VEDLEGG	41	41
Vedlegg 1: Jordparametre	41	41
Vedlegg 2: Snitt nordøst Adkomst A.....	43	43
Vedlegg 3: Snitt mot sør, Adkomst A.....	44	44
Vedlegg 4: Kartutdrag fra PBE, hva fins av grunnundersøkelser på sørsiden av E18	45	45

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 5 av 45

1. INNLEDNING

Fornebubanen 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.

Områdestabilitet må iht. NVEs veileder 1/2019 [1] og TEK 17 [2] vurderes i områder der det finnes sprøbruddmaterialer/kvikkleire. For å vurdere områdestabilitet må omfanget av kvikkleire/sprøbruddmateriale i området kartlegges i tilstrekkelig grad. Dersom områdestabilitet ikke er tilfredsstillende iht. krav må det påregnes stabiliserende tiltak.

Det er gjort funn av kvikkleire på planområdet på Vækerø Adkomst A Vennersborgveien. Det er derfor nødvendig å gjennomgå geoteknisk utredning for områdestabilitet.

Foreliggende rapport gir en vurdering av områdestabilitet i henhold til prosedyren i NVEs veileder 1/2019, kap. 3.2 [1] for Vækerø stasjon. I forprosjektfasen ble det gjort innledende vurdering av områdestabilitet for Adkomst Vennersborgveien, presentert i Prosjekteringsforutsetninger [3]. Det er i dette notatet gjort rede for ytterligere undersøkelser for å vurdere dette nærmere.

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 [1]
- Plan- og bygningsloven, Byggeteknisk forskrift TEK 17 [2]
- NVE Retningslinjer nr 2/2011 "Flaum- og skredfare i arealplanar" med vedlegg [4]
- NGI Rapport 20001008-2 rev3/2008. "Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire" [5]
- NIFS Rapport nr 14-2016 "Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred" [6]

For øvrig henvises det til geoteknisk fagrapport [7].

1.2 Hensikt

Formålet med denne vurderingen er å påvise om utbygging av Adkomst A og B på Vækerø stasjon (hhv. adkomst Vennersborgveien og adkomst Vækerøveien) kan utgjøre risiko i forhold til områdestabilitet. Tilgjengelige kart, utførte grunnundersøkelser og befarings er brukt som grunnlag for konklusjon. Pga. relativt stor avstand mellom oppgangene, samt helt ulike grunnforhold, blir adkomstene behandlet separat.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 6 av 45

1.3 Kort sammendrag

Vækerø stasjon har tiltakskategori K4.

Jernbanefylling har beregningsmessig lav lokalstabilitet. Planlagte tiltak for Fornebubanen er derfor lagt med en avstand såpass langt unna fot fylling slik at anleggsarbeid ikke påvirker stabiliteten for jernbanen.

Områdestabilitet er ivaretatt på begge adkomstene, og det trengs ikke ytterligere tiltak for å hensynta dette i anleggs- eller permanent fase.

1.4 Anbefaling

Rapporten skal iht. krav i NVE veileder [1] kvalitetssikres av uavhengig foretak.

2. ENDRINGSLOGG

Rev.	Rev.dato	Kapittel/side	Beskrivelse av endring
01G	10.12.2020		Første utgave
02G	05.03.2021	Kapittel 1, 6.1.10, 10	Oppdatert i henhold til kommentarer fra FOB. Endret fra notat til rapport i innledning, lagt inn henvisning til fagrapport for beregning av lokalstabilitet, Referanseliste oppdatert med riktig navn på fagrapport
03G	19.01.2022	Hele rapporten	Alle vurderinger og endringer i tekst som er nødvendige for å oppdatere vurderingen til NVE veileder 1/2019 (fra tidligere revisjonen 01G og 02G som hensyntok v.7/2014)
04G	07.02.2022	3.2.1.1 (ny) 4.4 (ny) Mindre tekstjusteringer	Inkludert tolkning av alle poretrykksmålere i området Inkludert vurdering rundt kalksementstabilisering.
05G	24.03.2022	Kap 3 og 6	Oppdatering av faresone og flere snitt med terrenghelning. Figurer: 3-6, 6-3, 6-4, 6-5, 6-6, 6-10, 6-12, 6-16, 6,17, 6-19 Summering på faregrad, skadekonsekvens og risikoklasse Vedlegg 3, 4

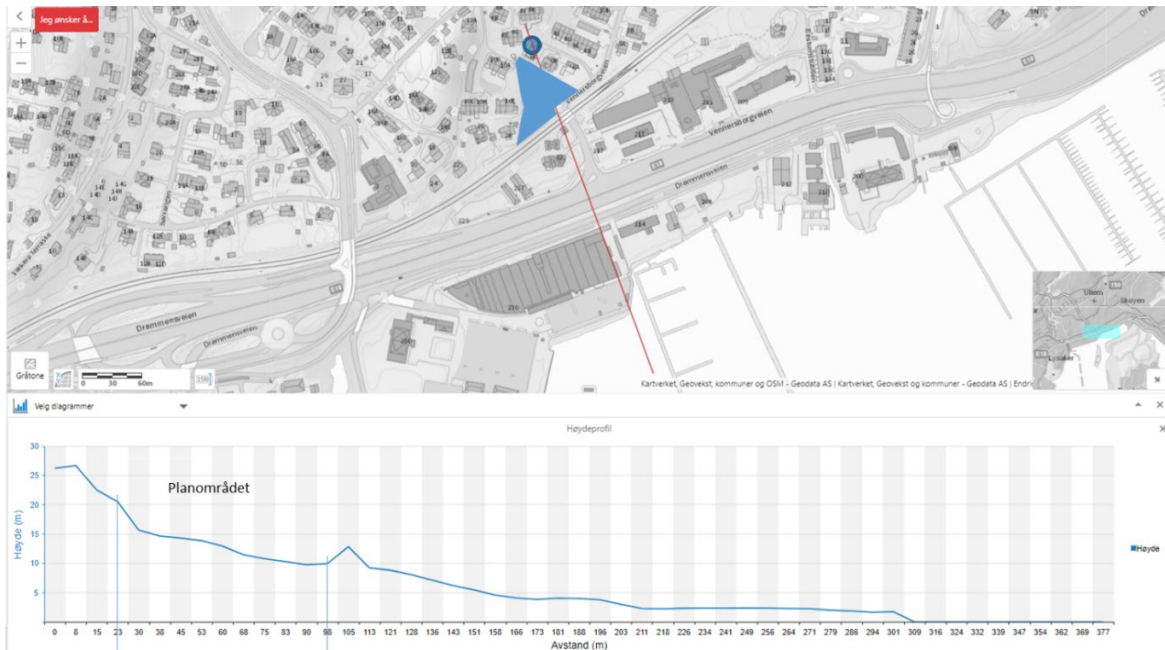
Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 7 av 45

3. OMRÅDEBESKRIVELSE**3.1 Topografi****3.1.1 Adkomst A, Vennersborgveien**

Figur 3-1 viser terrengprofil for Adkomst Vennersborgveien retning NV-SØ. Profilet indikerer en helning på ca. 1:12,6 omtrent fra topp av planområdet ned til nedsiden av E18. Innenfor planområdet ligger kotenivået mellom +10 og +20.



Figur 3-1. Høydeprofil fra planområdet ned mot sjøkanten. Den opphøyde profilen rundt avstand 100 m viser togfylling. Planområdet ligger nord (til venstre i figuren) for togfyllingen og er markert med blått [8]

I bakkant (nordvest) av planområdet er det en bergskjæring som avgrenser området i denne retningen. Rett på nedsiden av E18 er det observert berg i dagen.

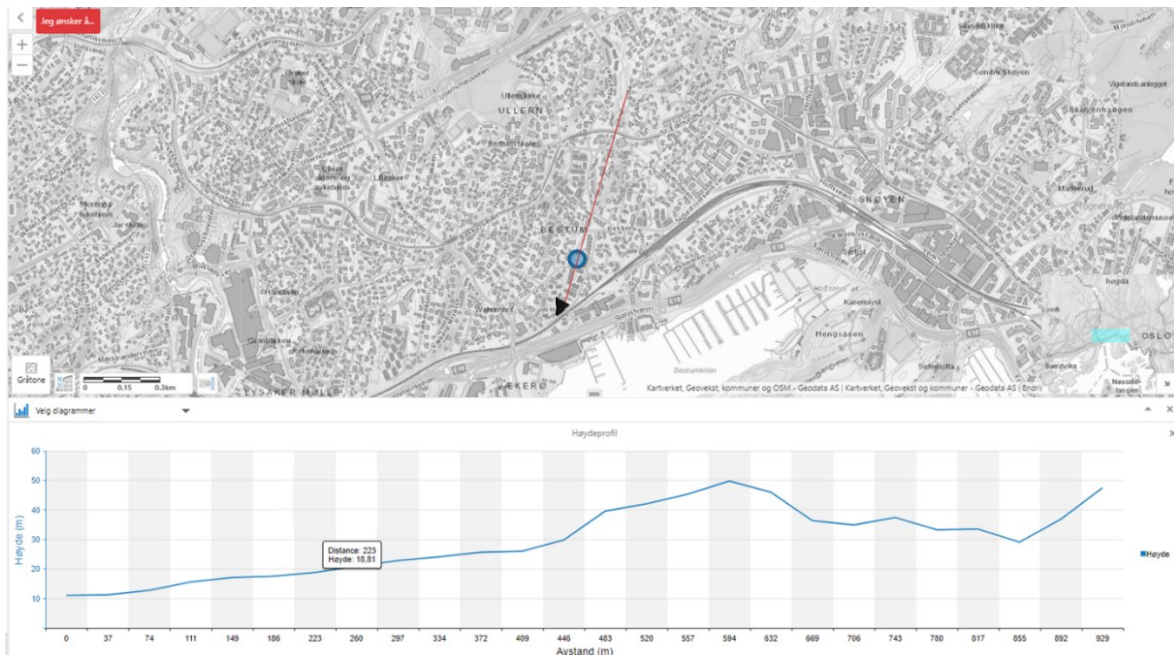
Mot nordøst stiger retningen noe slakkere enn 1:20 (ca. kote +10 til +30) opp til en kolle mellom Ullernveien og Fagertunveien der det er brattere (starter omtrent ved avstand 446 m i Figur 3-2). Det er også gjort en grundigere vurdering av denne skråningen ved å tolke tilgjengelig terreng- og bergmodell.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

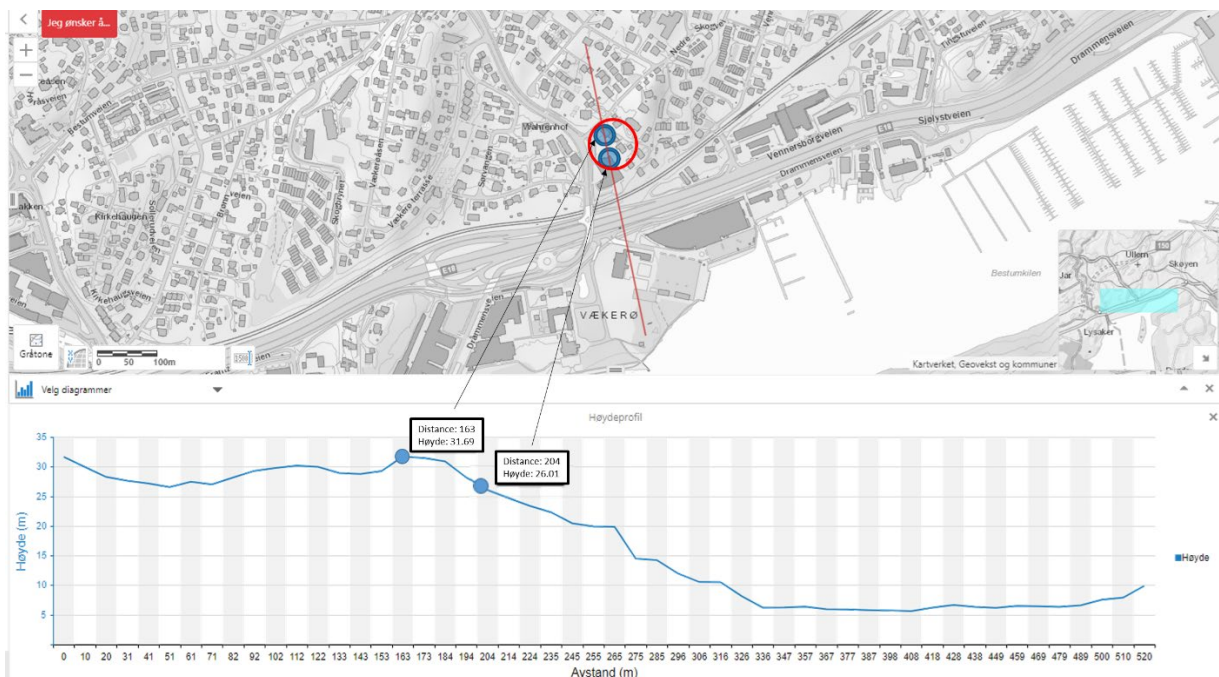
Side: 8 av 45



Figur 3-2. Høydeprofil fra planområdet opp mot nordøst. Planområdet er markert med svart.

3.1.2 Adkomst B, Vækerøveien

Figur 3-3 viser høydeprofil fra planområde Vækerøveien. Innenfor planområdet for Vækerøveien (omtrentlig markert på figuren) er høydeforskjellen 5,7 m over en distanse på 41 m (kote +32 til +26). Dette tilsvarer en terrenghelning på 1:7.



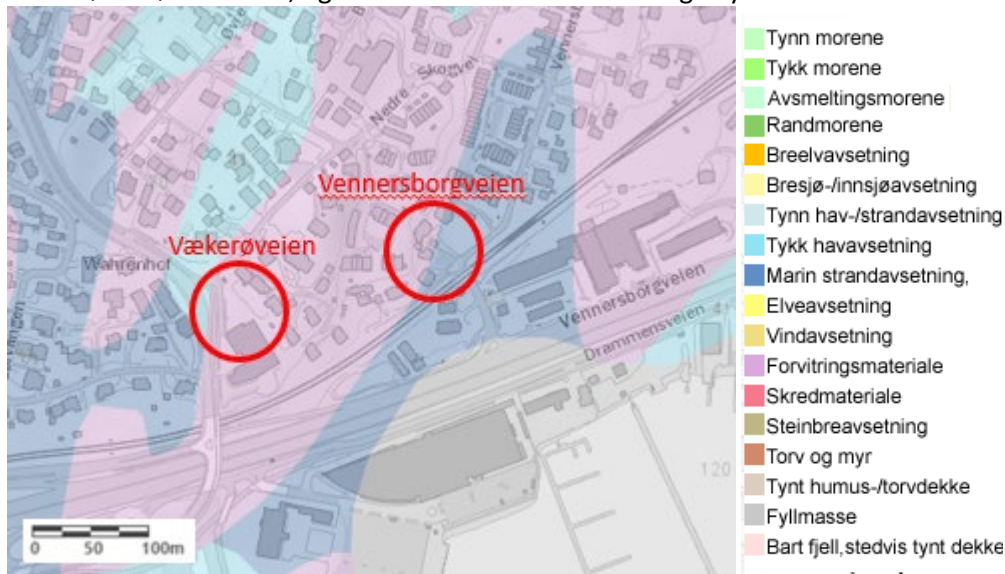
Figur 3-3. Høydeprofil over området for Adkomst Vækerøveien. Planområdet markert.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEKO-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 9 av 45

3.2 Grunnforhold

Se generelt datarapport [9]. Designparametere er tolket og presentert i Fagrapport Vækerø Stasjon, Vedlegg 1 [7].

Et utsnitt av kvartærgeologisk kart er vist i Figur 3-4. Det kvartærgeologiske kartet indikerer forvitningsmateriale på Adkomst Vækerøveien og forvitningsmateriale/marin strandavsetning på Adkomst Vennersborgveien. Det gjøres oppmerksom på at kvartærgeologisk kart kun gir informasjon om de øvre løsmassene, og ikke om hva som befinner seg i dybden.



Figur 3-4. Utsnitt av kvartærgeologisk kart ihht NGU med omtrentlig plassering av byggegrøper inntegnet

3.2.1 Adkomst A, Vennersborgveien

Det er påvist tilstedeværelse av kvikkleire og sprøbruddsmateriale på Adkomst Vennersborgveien. Området er delt i «Nord» og «Sør» mht. løsmassetypene. Se Figur 3-5. Figur 3-6 viser et større område utover kun planområdet, der det ser ut til at det kan være sprøbrudd i retning nordøst (basert på totalsonderinger i veibanen), samt også på sørsiden av E18.

Generelt er det forventet et topplag med fyllmasse og tørrskorpeleire ned til 1,5-2,0 m, deretter bløt leire ned til berg, stedvis morene over berg.

Dybde til berg tenderer å øke mot sør. Typiske sonderingsprofiler for Nord og Sør vises i Figur 3-7.

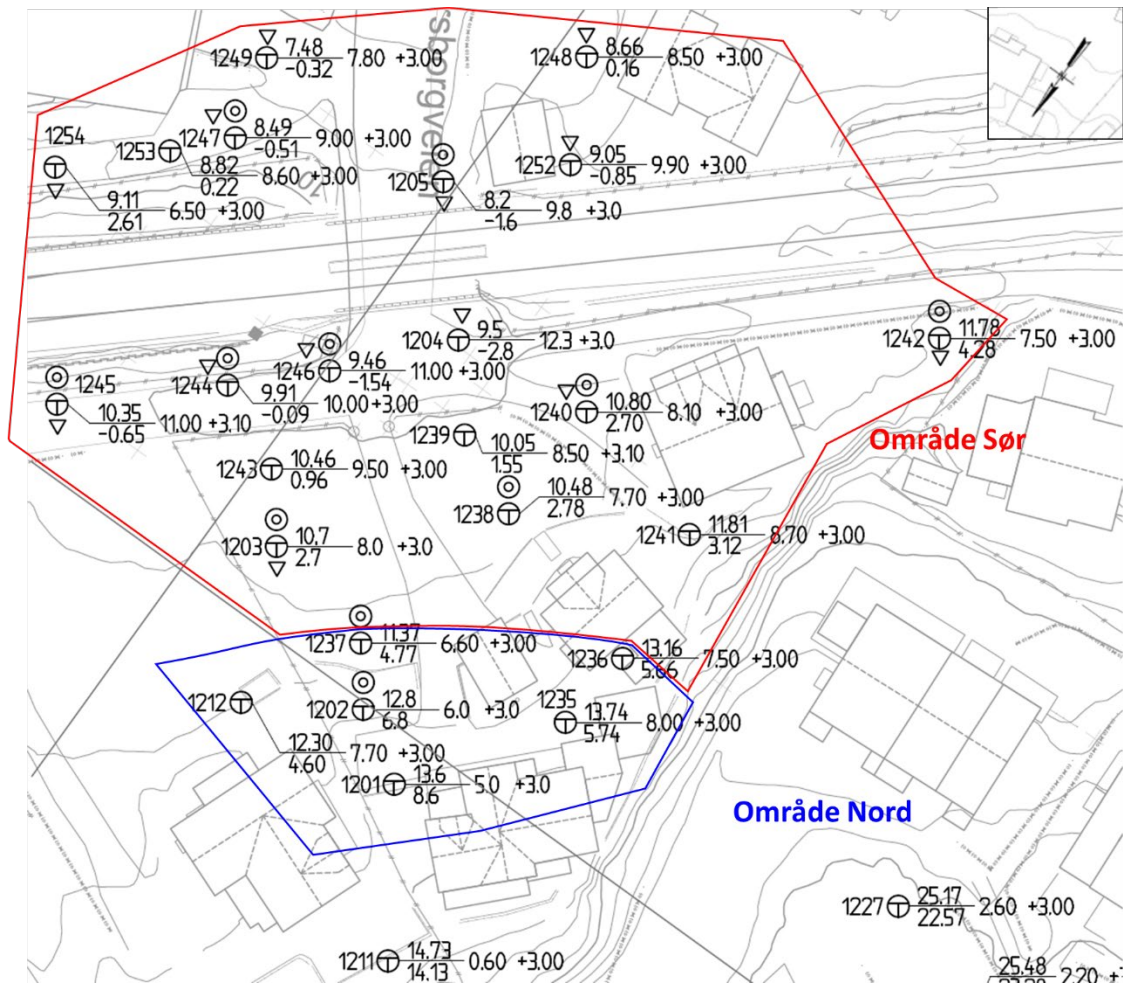
Tabell 3-1 viser aktiv skjærstyrkeprofil for de to områdene.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 10 av 45



Figur 3-5. Inndeling av adkomst Vennersborgveien i område Nord og Sør i fht. forventede grunnforhold.



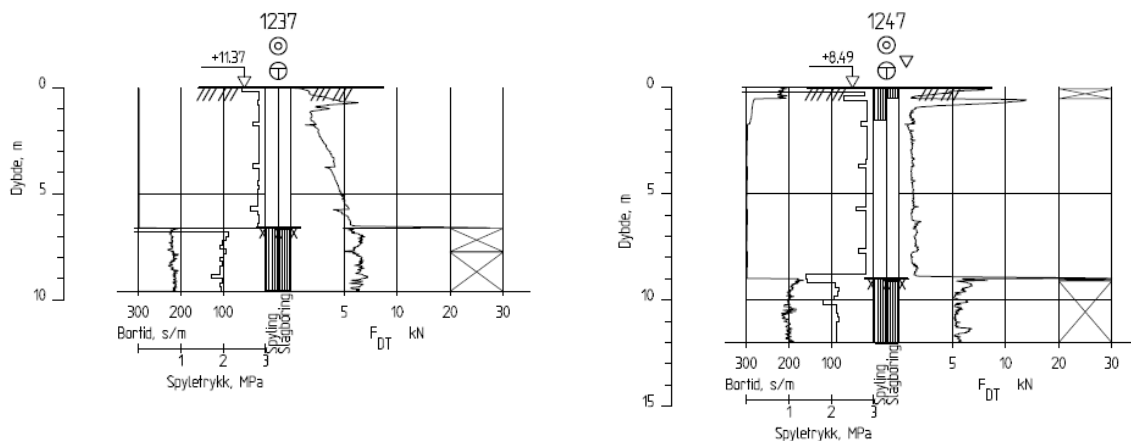
Figur 3-6. Adkomst A. Rødt: påvist sprøbruddmateriale gjennom prøveserie. Oransje: mulig sprøbrudd basert på totalsonderinger. Grønt: antatt leire eller friksjonsmateriale.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 11 av 45



Figur 3-7. Venstre: typisk sonderingsprofil for område Nord/blått. Høyre: typisk sonderingsprofil for område Sør/rødt.

Tabell 3-1. Aktiv tolket skjærstyrke for område Nord og Sør.

Nord, z [m]	Nord, SuA [kPa]	Sør, z [m]	Sør, SuA [kPa]
1	50	1	21.3
2.7	50	2.4	16.2
3.5	42	5.4	17
4.5	25.5	7.5	22.1
7	33.5	10	28.2

Hele området Sør kan tolkes til å være sprøbruddmateriale/kvikkleire under 2 m dybde og ned til berg.

3.2.1.1 Poretrykk

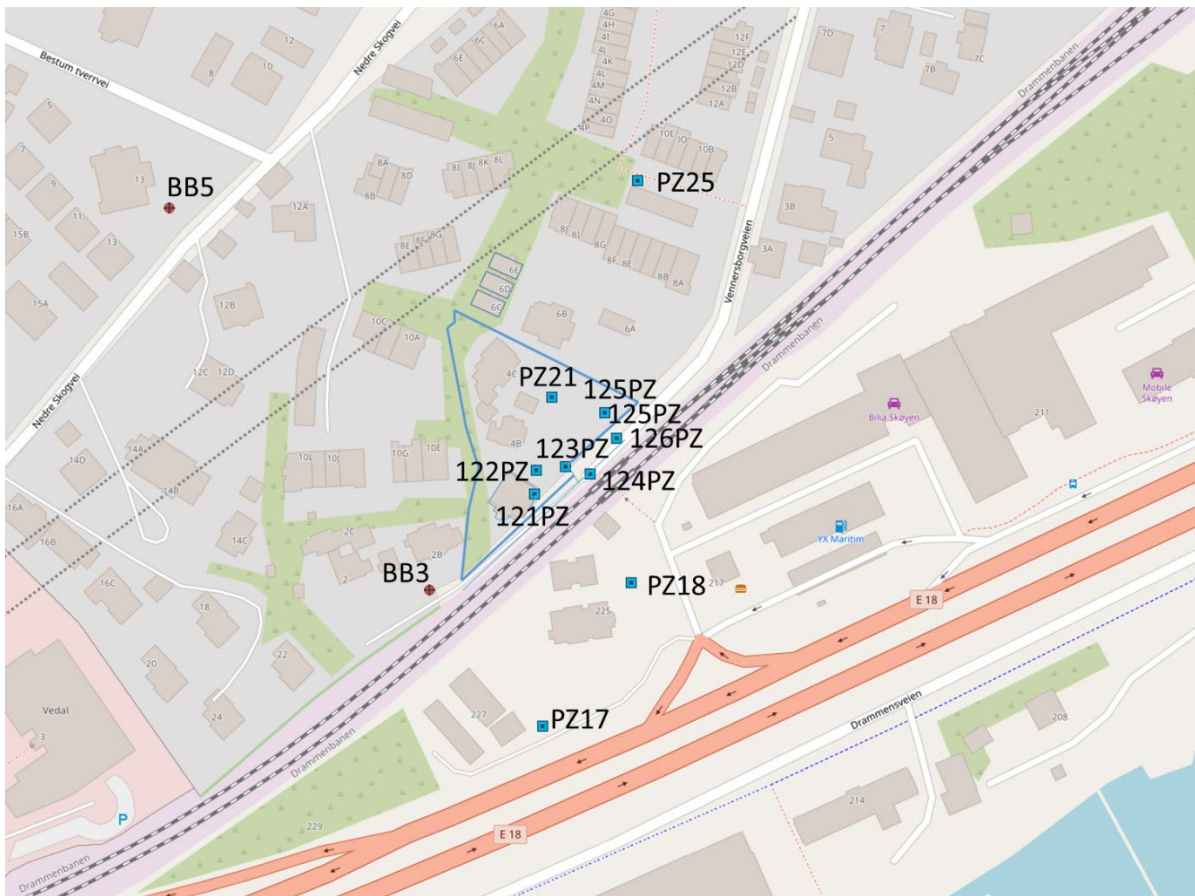
Ifb. planlagt kalksementstabilisering er det for adkomst A etablert flere elektriske poretrykksmålere i forkant. Disse har nettløsning for avlesning, og avlesningsfrekvens kan justeres etter behov. Figur 3-8 viser aktuelle poretrykksmålere i området. Tabell 3-2 viser kort oppsummert de ulike målerne og trender på disse avlesningene. Poretrykksmålere med navn 'BB' er bergbrønner.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 12 av 45



Figur 3-8. Poretrykksmålere på planområdet adkomst A er markert innenfor blått polygon.

Tabell 3-2. Poretrykksmålere på Vækerø, rundt område for adkomst A.

ID		Start måling	Terreng- kote	Spissdybde, m u. terreng	Generell trend grunnvannstand, meter under terreng. Avlesning.	
					Øvre trend	Nedre trend
BB3	Øvre	16.11.2018	12.92	12,5	1,5	2,6
	Nedre	-	-	20	4,3	7,8
BB5	Øvre	16.11.2018	32.57	15	4,2	8,6
	Nedre	-	-	35	6,9	7,8
PZ17	-	19.06.2018	4.58	10,6	1,4	1,8
PZ18	Øvre	19.06.2018	7.07	5	1,1	2,4
	Nedre	-	-	11	3,4	4,3
PZ21	-	23.10.2018	11.21	5	0,4	1,0
PZ25	-	23.10.2018	13.64	5,2	0,0	1,0
121PZ	Øvre	08.11.2021	11.105	5	2,2	2,3
	Nedre	-	-	8,6	3,8	4,0
122PZ	Øvre	20.12.2021	11.047	5	3,3	3,4

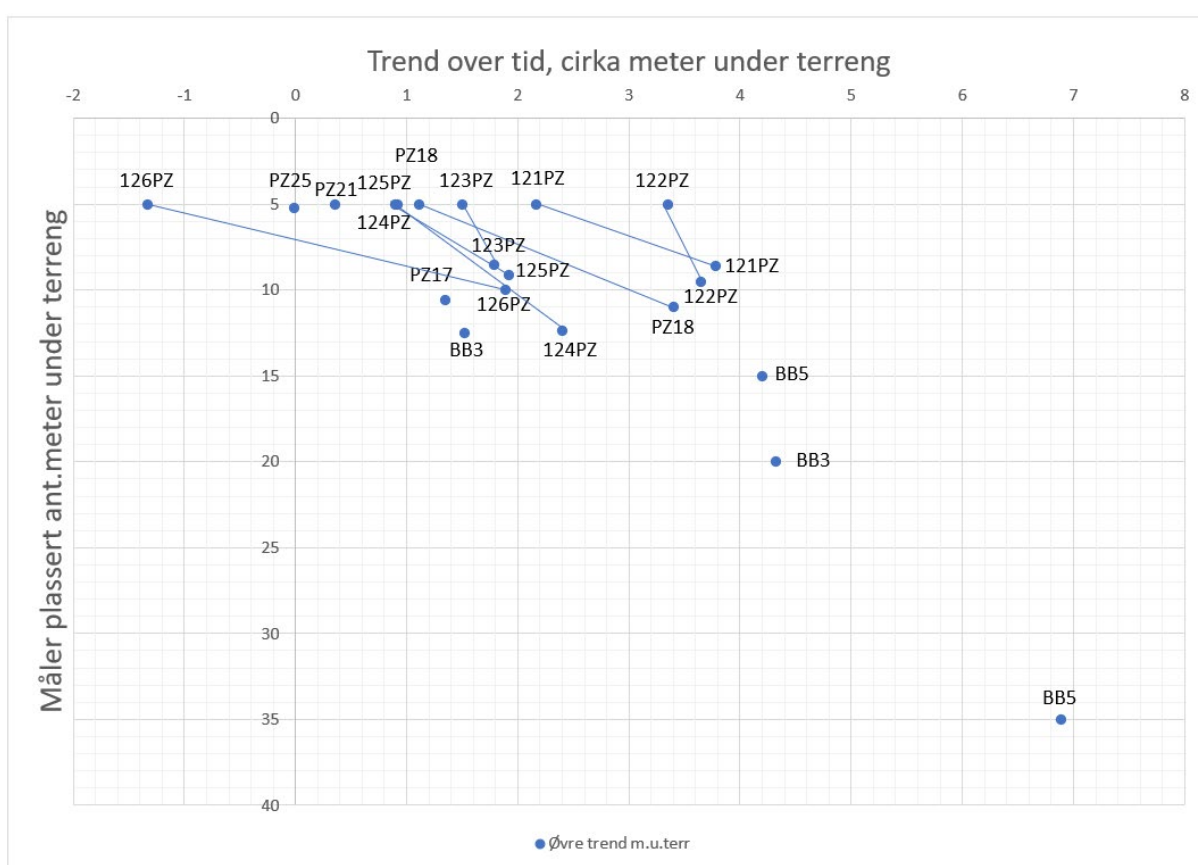
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 13 av 45

	Nedre	-	-	9,5	3,6	3,8
123PZ	Øvre	20.12.2021	10.064	5	1,5	1,6
	Nedre	-	-	8,5	1,8	2,0
124PZ	Øvre	20.12.2021	9.376	5	0,9	1,2
	Nedre	-	-	12,4	2,4	2,5
125PZ	Øvre	08.11.2021	10.403	5	0,9	1,2
	Nedre	-	-	9,1	1,9	2,2
126PZ	Øvre	20.12.2021	9.651	5	-1,3	0,7
	Nedre	-	-	10	1,9	2,0



Figur 3-9. Poretrykksmålere, kun øvre avlesningstrend inkludert for lettere avlesning. De blå linjene viser hvilke målere som hører sammen.

Vertikal akse: dybde måleren er etablert i. Horisontal akse: antall meter under terreng der omtrentlig øvre avlesning er.

Figur 3-9 viser at de fleste poretrykksmålere sitter 5-12 m under terreng. Ut fra plot kan det tolkes en mulig trend på at målerne som sitter høyt i løsmassene måler et noe høyere poretrykk enn målere som sitter lenger ned i løsmassene, noe som muligens kan indikere et større grunnvannspotensiale her.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 14 av 45

121-126 PZ har kun vært etablert kort tid; 121 og 125 nesten tre måneder, resten ca. 1,5 måned. 126PZ indikerer mulig artesisk trykk i øvre lag, dette er hensyntatt i faregradsvurderingen.

3.2.2 Adkomst B, Vækerøveien

På Adkomst Vækerøveien er det kun påvist friksjonsmateriale. Det er ikke tatt opp prøveserier i dette området. Totalsonderinger indikerer et fyllmasse/tørreskorpelag i hele sonderingsdybden. Det er generelt forventet 0,5 - 3,5 m til berg, i området for utgraving forventes det løsmassedybder < 2,5 m (dette inkluderer ikke tilbakefylte masser rundt utsprengt areal for Vækerøveien 3). Det er også utført fire «manuelle fjellkontroller» med spett som sammenfaller med utførte totalsonderinger.

4. POTENSIELL FARE KNYTTET TIL VASSDRAG OG ANDRE FAKTORER

4.1 Oversvømmelse og isgang

Vækerø stasjon er ikke markert som et område som er flomutsatt ifht 1000 års flom. Det er heller ikke markert som et "aktsomhetsområde" ifht flom, som vist i Figur 4-1. Områdene er ikke vurdert til å være utsatt for isgang.



Figur 4-1. Venstre: 1000-års flom markert iht. karverket.no. Høyre: Aktsomhetsområde for flom iht. atlas.nve.no

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 15 av 45

4.2 Erosjon

Det er ingen elver eller bekker i nærheten av Vækerø. Nærmeste bekk er Mærradalsbekken som ligger omtrent 260 m lenger øst mot Skøyen (fra Vennersborgveien). Det er 170 m ned til nærmeste sjøkant (Vennersborgveien), og det er ikke vurdert noen fare for erosjon fra sjø.

4.3 VA infrastruktur i Vennersborgveien

I prosjektering er det tatt høyde for noe grunnvannssenkning i området ifb. etablering av tunnel. Det er gamle VA-rør i Vennersborgveien bla. fra 1930-tallet som er antatt setningsømfintlig. En lekkasje fra disse rørene her i kvikkleiresonen må anses som et ikke-scenario. Et separat notat rundt dette ble utarbeidet i 2021. Per mars 2022 skal informasjon rundt dette sendes til VAV i Oslo kommune for forhåndsuttalelse [10].

4.4 Utførelse av kalksementstabilisering

Kalksementstabilisering er inkludert for å øke lokalstabilitet ved utgraving av skråning mot nordøst på planområdet samt gi økt bæreevne i midlertidig og permanent fase. En 4 m bred blokk mot Vennersborgveien gir økt stabilitet mot jernbanefylling (ca. 7 m unna planavgrensing og fot jernbanefylling). Det er ikke tenkt at KC-stabilisering skal ha positiv effekt på områdestabilitet, selv om det vil ha det også. Et evt. skred utløst fra jernbanefylling vil ha begrenset omfang mot nord der området er kalksementstabilisert. Det anses derfor som et godt tiltak for områdestabilitet, selv om det ikke er inkludert av den årsak.

Det er lagt til grunn minimum 3 uker herdetid av KC-pelene før utgraving starter.

Det er vurdert at dette er den mest kritiske fasen for utførelse på planområdet. I en kort periode før skjærstyrken øker (antatt til noen få timer) er et lite lokalt område (Ø800) omrørt og poretrykket økes lokalt rundt pelen.

Lokal omrøring påvirker ikke kritisk snitt for lokalstabiliteten til jernbanefyllingen. Det er derfor ment at dette kan håndteres ved spesiell oppfølging rundt rekkefølge og etablering med krav til avstand og tid mellom etablering av peler, og tett oppfølging av poretrykk på etablerte målere. Det vurderes om det er mulig å tilpasse tidspunkt for etablering av pelene til planlagt jernbanetraffikk for å unngå store laster på togfylling.

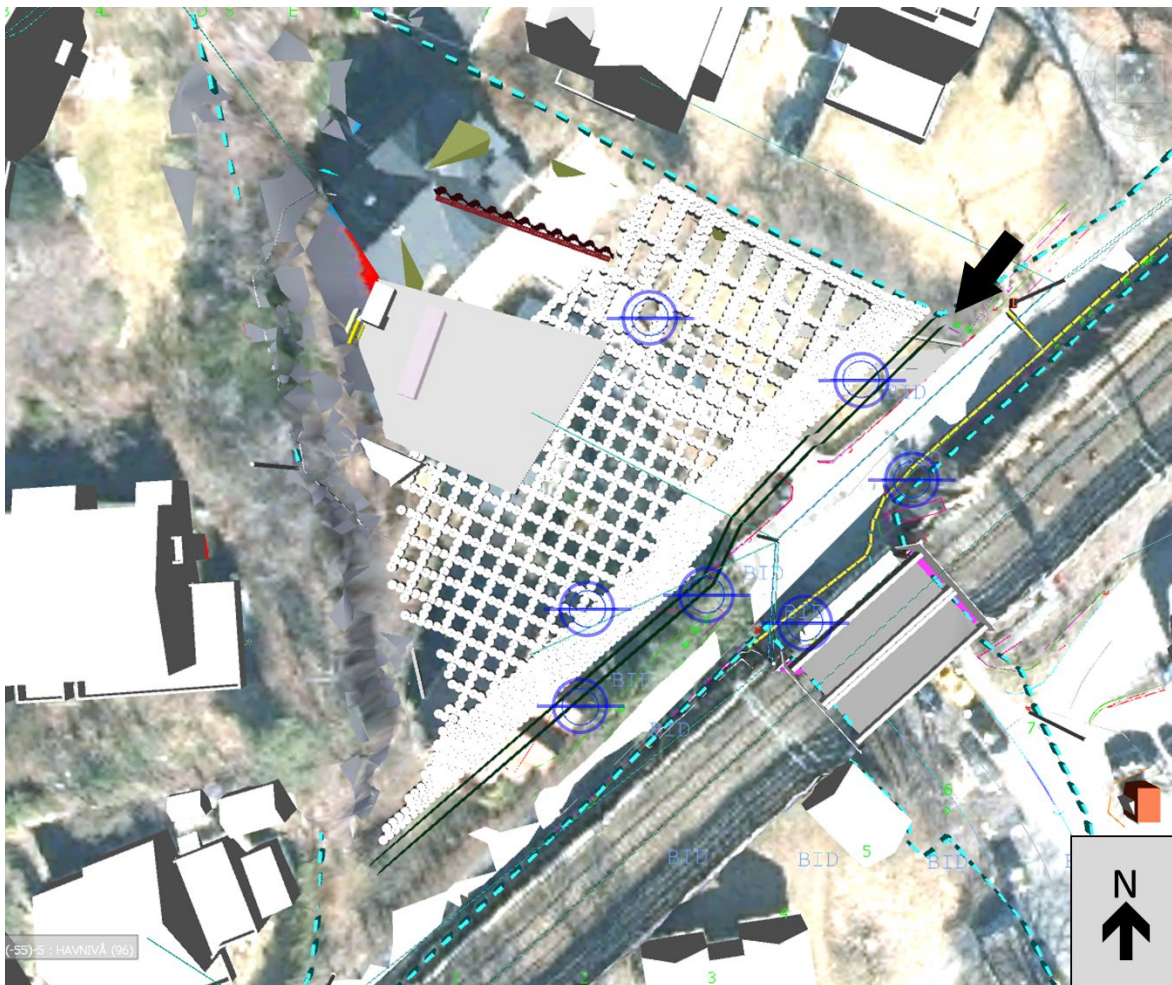
Det vurderes også å etablere "en vegg" av vertikaldren rett utenfor KC-blokk i retning jernbanefylling, slik at man forhindrer økning i poretrykk i å nå området rundt jernbanefyllingen. Omtrentlig senterlinje er vist i Figur 4-2. I tillegg kan det vurderes å installere flere elektriske poretrykksmålere for tettere oppfølging.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 16 av 45



Figur 4-2. Planområdet Vækerø adkomst A. Hvitt: prosjekterte KC-peler, Ø800. 4 m bred blokk mot Vennersborgveien. Pelene etableres ved å hoppe litt att og fram for å unngå store lokale poretrykkoppbygginger. Blå sirkler viser allerede etablerte poretrykksmålere. Svarte linjer markert med pil: Mulig lokasjon for vertikaldren for å redusere poretrykkoppbygging mot jernbanefylling.

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 17 av 45

5. TIDLIGERE KARTLAGT FARESONE OG TIDLIGERE KVIKKLEIRESKRED

Planområdet ligger ikke innenfor tidligere kartlagt faresone iht. kart på atlas.nve.no. Det er heller ikke registrert tidligere skredaktivitet i området. Nærmeste kartlagte område er ved Lysaker, øst for Lysakerelven, registrert av Statens Vegvesen, se Figur 5-1.



Figur 5-1. Kart over planområdet med oversikt over faresoner og eksisterende skredhendelser [8]

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 18 av 45

6. FARE FOR KVIKKLEIRESKRED, GJENNOMGANG AV PROSEDYRE NVE 1/2019

Krav vedr. formell kompetanse:

Utførende foretak har fagansvarlige med formell kompetanse innen fagområde geoteknikk med minimum 5 års relevant erfaring, samt erfaring med tidligere vurderinger av områdestabilitet i NVEs veileder "Sikkerhet mot kvikkleireskred".

6.1 Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019, Adkomst A

Tabell 6-1 viser oppsummering av gjennomgang av prosedyren i henhold til i avsnitt 3 i NVE veileder 1/2019 [1].

Vurdering av punktene er videre gitt i avsnitt 6.1.1 til 6.1.10.

Tabell 6-1. Oppsummering av gjennomgang av prosedyren NVE 1/2019.

Pkt.	Overskrift	Kommentar
1.	Registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	Det er ikke tidligere kartlagte faresoner for kvikkleireskred i området.
2.	Avgrense områder med mulig marin leire	Hele området ligger under marin grense. I følge løsmassekart består løsmassene i området i hovedsak av tykk strandavsetning og forvittringsmateriale. Adkomst A Vennersborg har dokumentert sprøbrudd/kvikkleire på området.
3.	Avgrense områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	Se kapittel 6.1.3. Selve planområdet for Adkomst A og snitt mot sør, samt skråning mot nordøst er vurdert å være utsatt for områdeskred.
4.	Tiltakskategori	Tiltakskategori K4, og videre utredning er påkrevet
5.	Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde	Se kap. 6.1.5. Det er identifisert to kritiske skråninger; en mot sør, og en mot nordøst
6.	Befaring	Det har vært noe mangel på tilkomst på flere eiendommer som har begrenset befaringsmulighet. Det er sett på området i kart og ved hjelp av Google street view.
7.	Gjennomføring av grunnundersøkelser	Grunnundersøkelser er utført i forbindelse med prosjektet i flere runder [9]
8.	Vurdering av aktuelle skredmekanismer og avgrensning av løsne- og utløpsområder	Se kap. 6.1.8. Det er vurdert å være skredtype "retrogressiv" som er aktuell for området.
9.	Klassifisere faresoner	Faresonen er klassifisert med faregrad "Middels" med "Meget alvorlig" konsekvensklasse. Risikoklasse 5 er høyeste risikoklasse.
10.	Dokumentere tilfredsstillende sikkerhet	Stabilitetsberegninger indikerer at området i dag har tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred. Se kap. 6.1.10
Konklusjon		Vurdering av områdestabilitet er utført og viser at sikkerheten er tilfredsstillende.

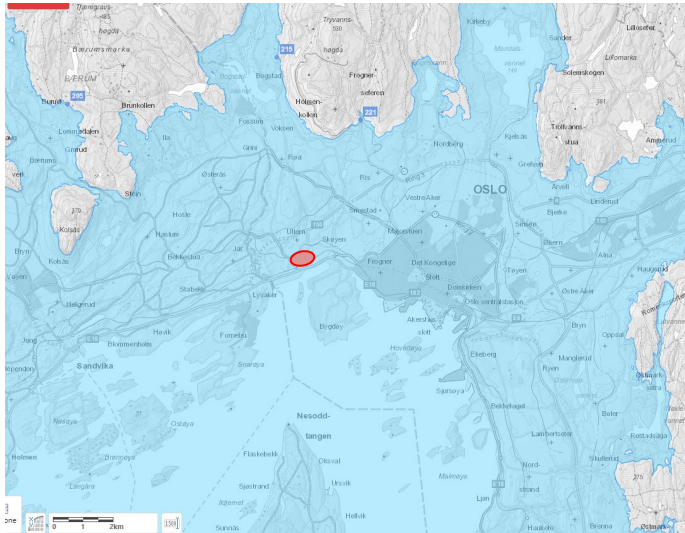
Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 19 av 45

6.1.1 Registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området

Det er ingen tidligere kartlagte faresoner i området i henhold til NVEs kart [8], se Figur 5-1.

6.1.2 Avgrense områder med mulig marin leire

Hele planområdet ligger under marin grense. Se Figur 6-1.



Figur 6-1. Områder under marin grense er markert med blått [8]. Tiltaksområdet er markert i rødt.

6.1.3 Avgrens områder med terreng som kan være utsatt 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.

Terreng som kan inngå i løснеområdet for et skred:

- Total skråningshøyde over 5 meter
eller
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20, tilsvarende 2,9°, og total skråningshøyde over 5 m.

Maksimal bakovergrepene skredutbredelse = 20 ganger skråningshøyde, målt fra fot skråning (inntil 25 muh).

Terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred:

- 3x lengden til løснеområdet. Løснеområdet er enten eksisterende faresone eller et aktsomhetsområde
- Utløpssone som allerede er kartlagt (som vist i NVEs temakart kvikkleire)

Figur 6-2 viser at deler av området har en terrenghelning > 3 grader.

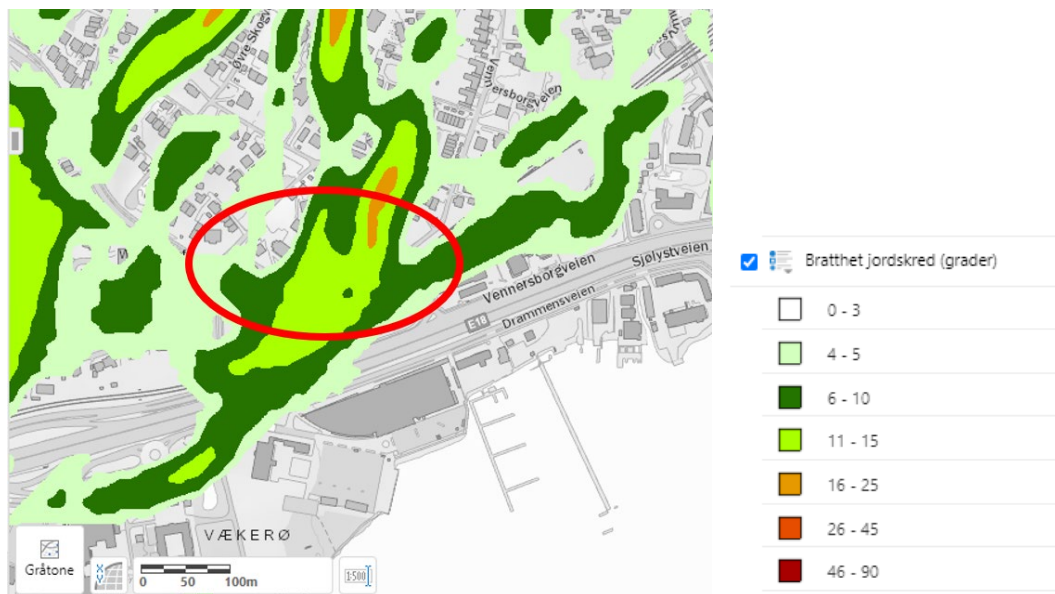
Det er en bergskjæring i bakkant av eksisterende boliger på området, og det er sannsynlig at det er denne bergskjæringen som gir utslag på vinkler over 15 grader (markert oransje).

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 20 av 45

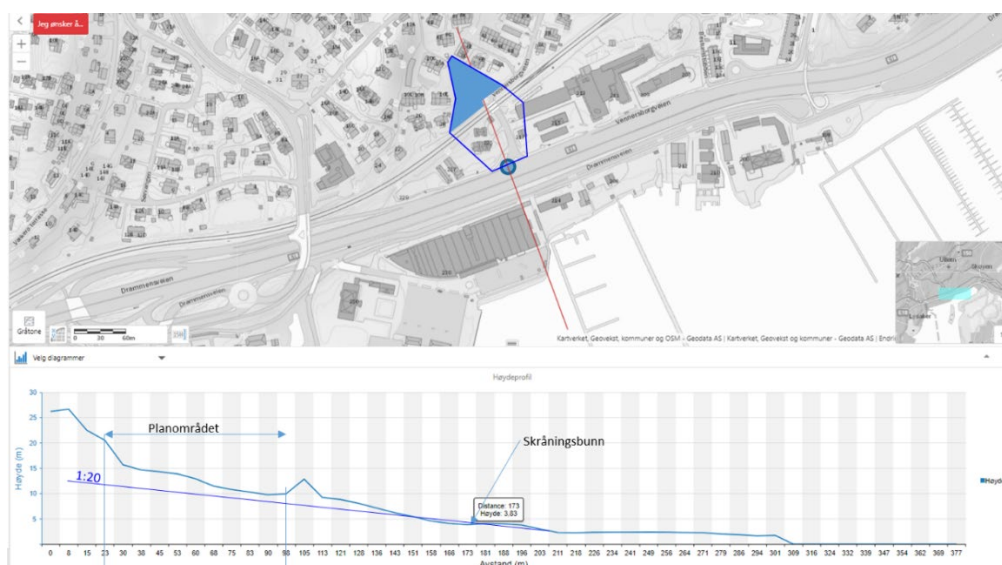


Figur 6-2. Kart over området der helning er inndelt etter farger [8]. Aktuelt område er markert med rødt.

6.1.3.1 Vurdering av terreng mot sør/retning jernbane

Sørøver fra planområdet slakker terrenget av ved påkjøringen til E18 til helning under 3 grader. Fra bunn skråning ved E18 der det flater ut, til topp planområde, er det en total skråningshøyde på 22,8 m. Horisontal distanse er 150 m. Helning fra planområdet ned til E18 er dermed brattere enn 1:20, og dette er derfor definert som et aktsomhetsområde. Skrent med berg i dagen i bakkant av planområdet er en naturlig avgrensning av skred i denne retningen.

Figur 6-3 viser terrenghelning mot sørøst, ned mot E18. Terrenget flater ut ved E18. Start skråning er definert herfra, og denne er brattere enn 1:20. Tilsvarende snitt, men inkludert totalsonderinger, er vist i Figur 6-4 (også i Vedlegg 2).



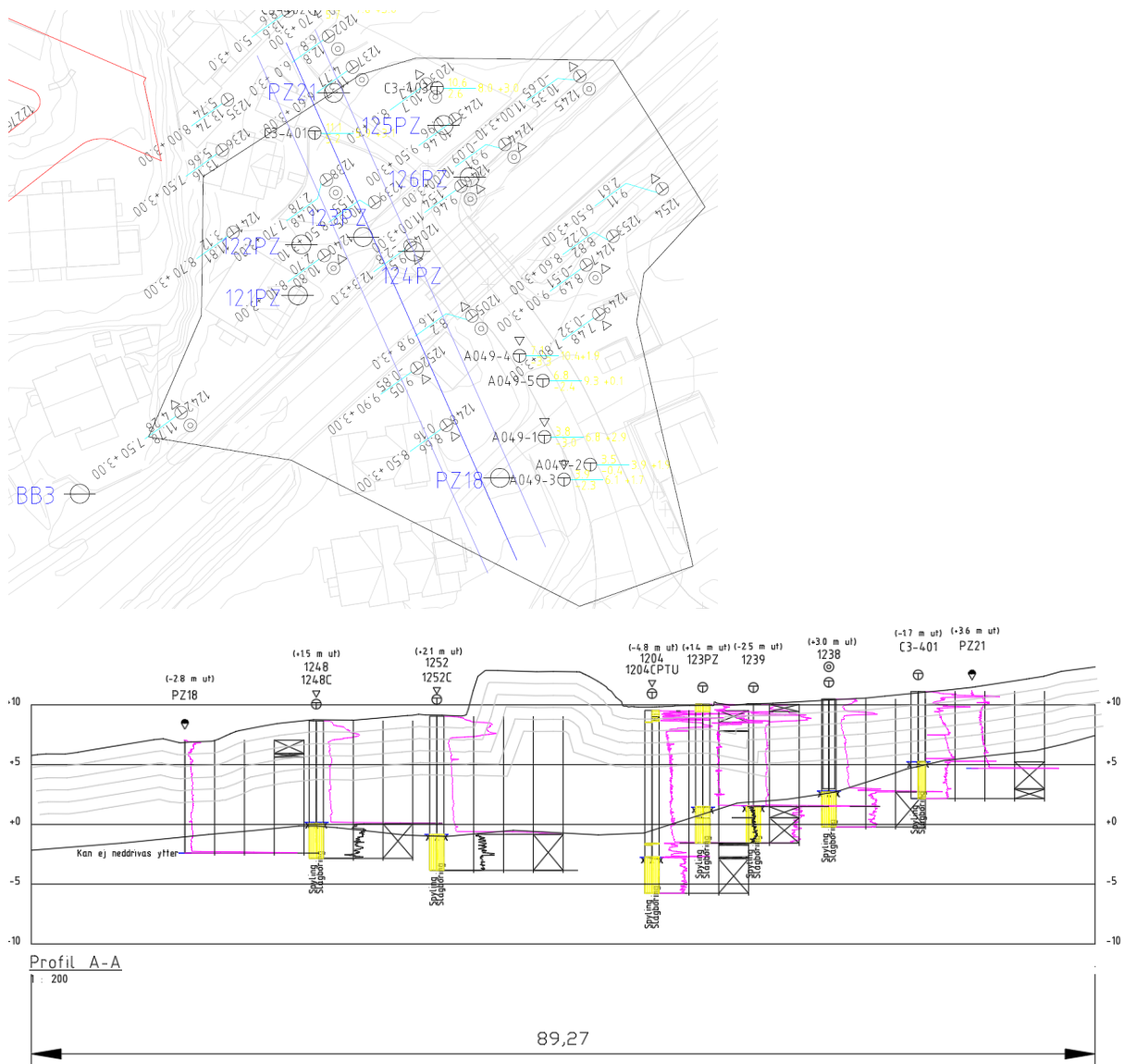
Figur 6-3. Snitt mot sør. Blått heldekkende: omtrentlig markering av planområdet. Blått omriss har høydeforskjell > 5 m og er brattere enn 1:20 og er definert som aktsomhetsområde [8]

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 21 av 45



Figur 6-4. Øverst: Snitt fra sør mot nord. Nederst: Profil som inkluderer totalsonderinger. De grå linjene er 1m-offset fra topp terrenng.

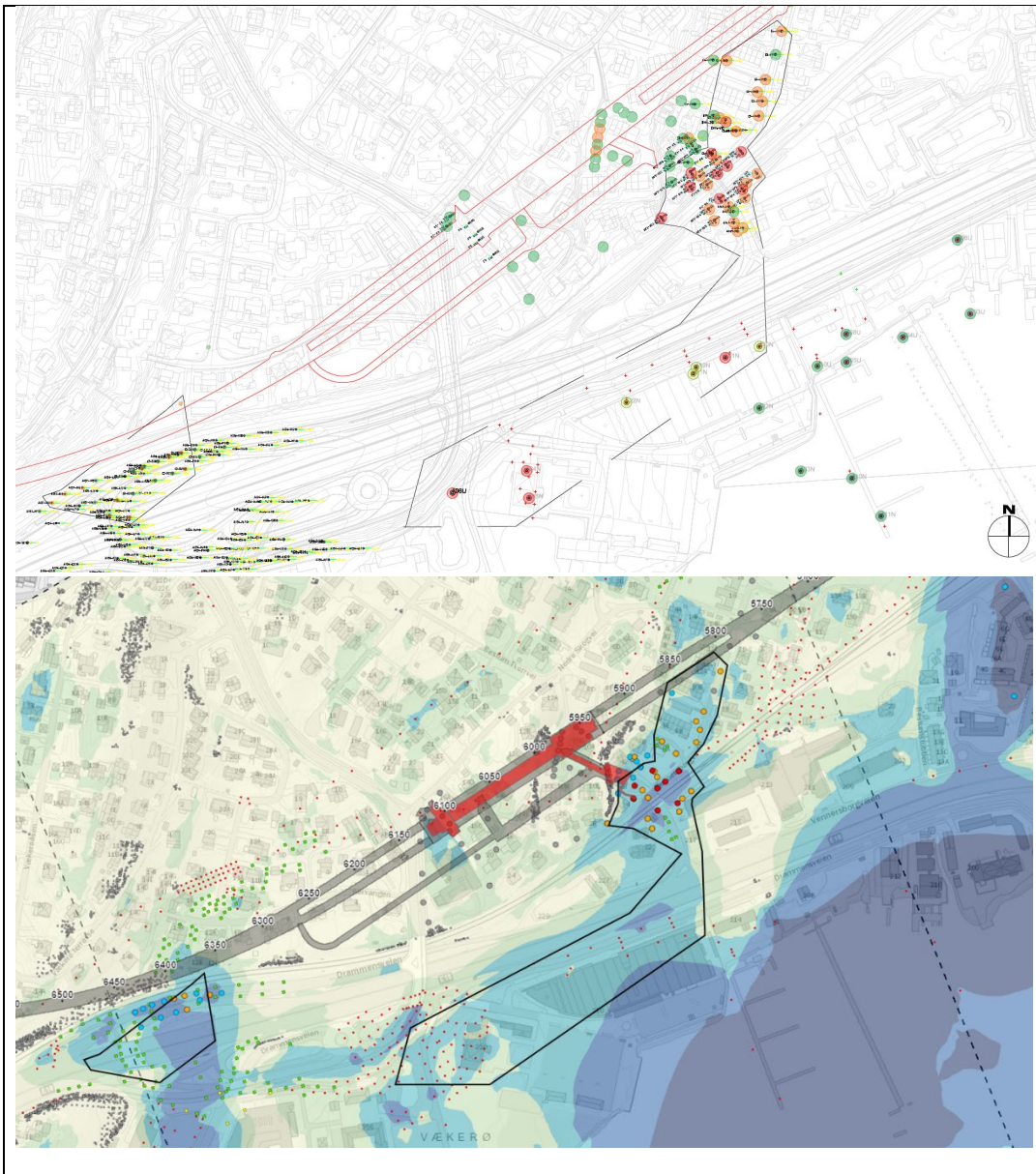
Det er påvist kvikkleire på sørsiden av E18, ved Maxbo og mot Løvenskiold og mulig også videre vest. Markert i Figur 6-5.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 22 av 45



Figur 6-5. Markering av både påviste og mulige sprøbruddsområder på Vækerø. Stort bilde.

Øverst: basert på borpunkter

Nederst: omtrentlig plassert, i sammenheng med modell av løsmassedybde samt punkter som er brukt i bergmodell, der grå punkter er berg i dagen. Andre farger baserer seg på hvem som har utført grunnundersøkelsene. Kilde: GIS modell. Ikke alle punkter er vurdert.

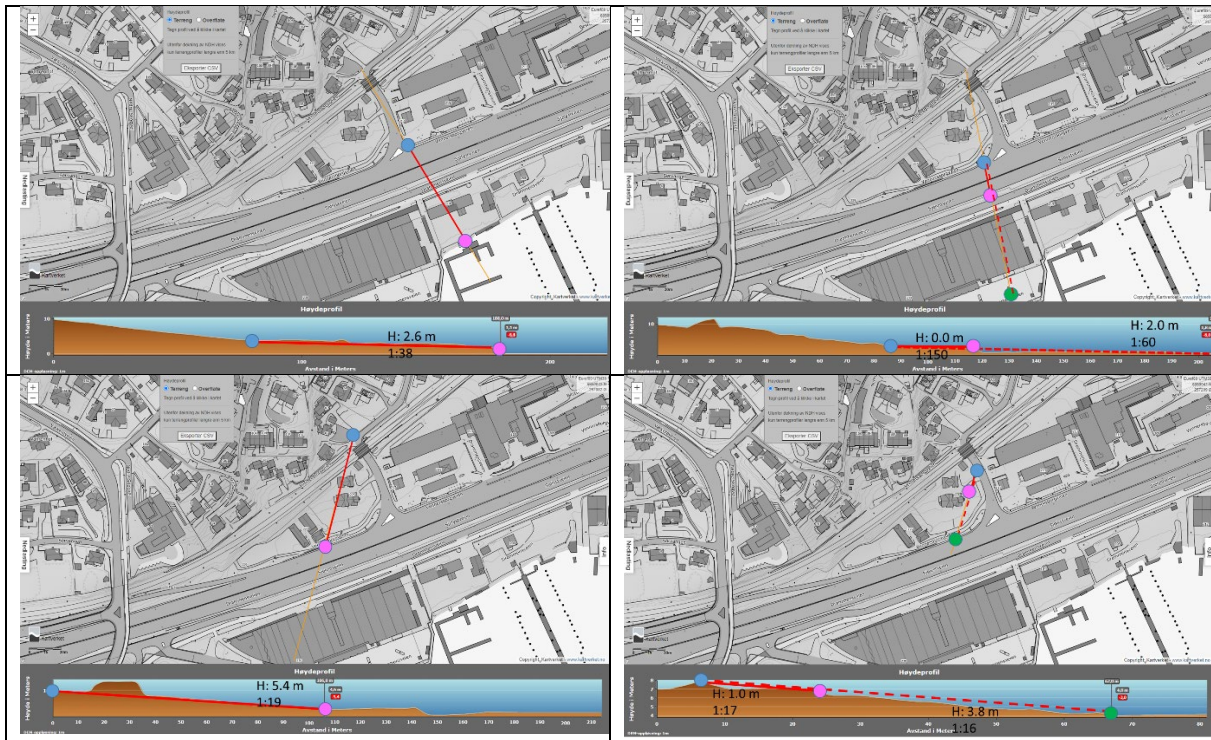
Flere snitt mot sør er inkludert for å vise av avgrensning av løsneområdet ikke bør utvides sørover over E18, se Figur 6-6.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 23 av 45



Figur 6-6. Fire snitt mot sør/E18 og vurdering av terrenghelning

6.1.3.2 Vurdering av terreng mot nordøst

Basert på kartgrunnlag fra NVE [8] er det i retning nordøst jevnt over en helning fra planområdet slakkere enn 1:20 inntil man kommer til Ullernveien (ved ca. 450 m i Figur 6-7). Ved Ullernveien er det en bratt stigning, her det også en terrengforhøyning (antatt bergkulle), se Figur 6-8.

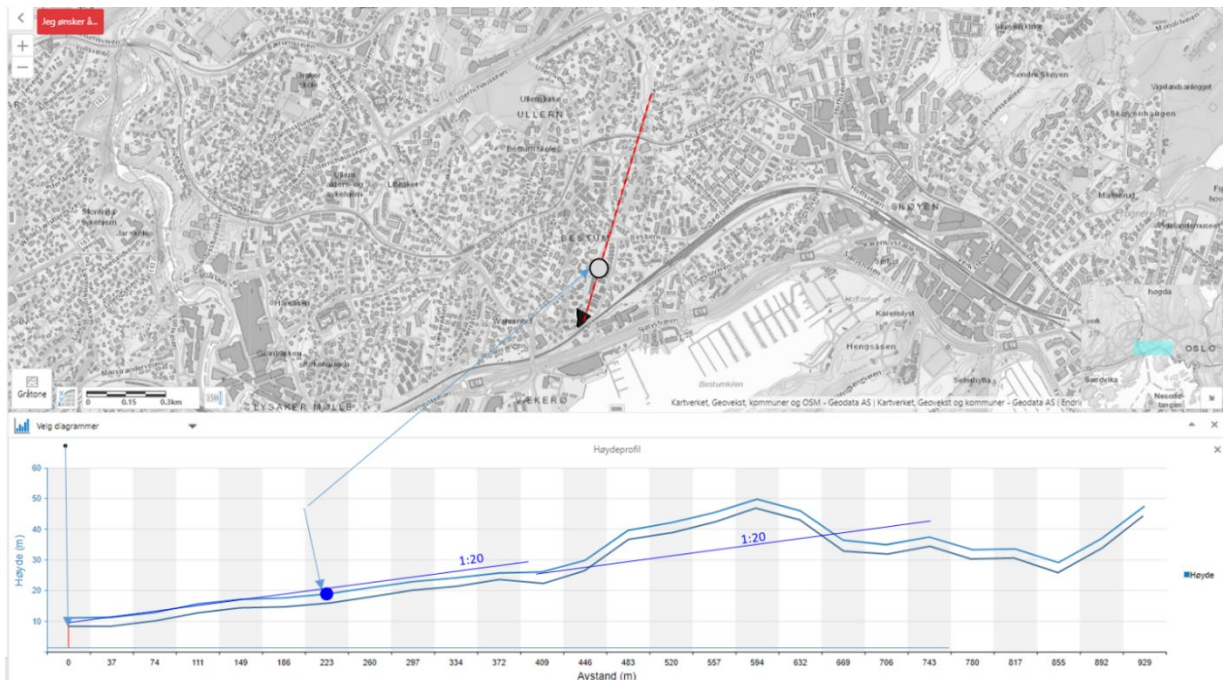
Figur 6-7 viser terrenghelning fra planområdet mot nordøst. Her er terrenget slakkere enn 1:20. Terrenget er brattere enn 1:20 ved Ullernveien. Planområdet kan derfor ligge i et mulig utløpsområde fra denne terrengforhøyningen.

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

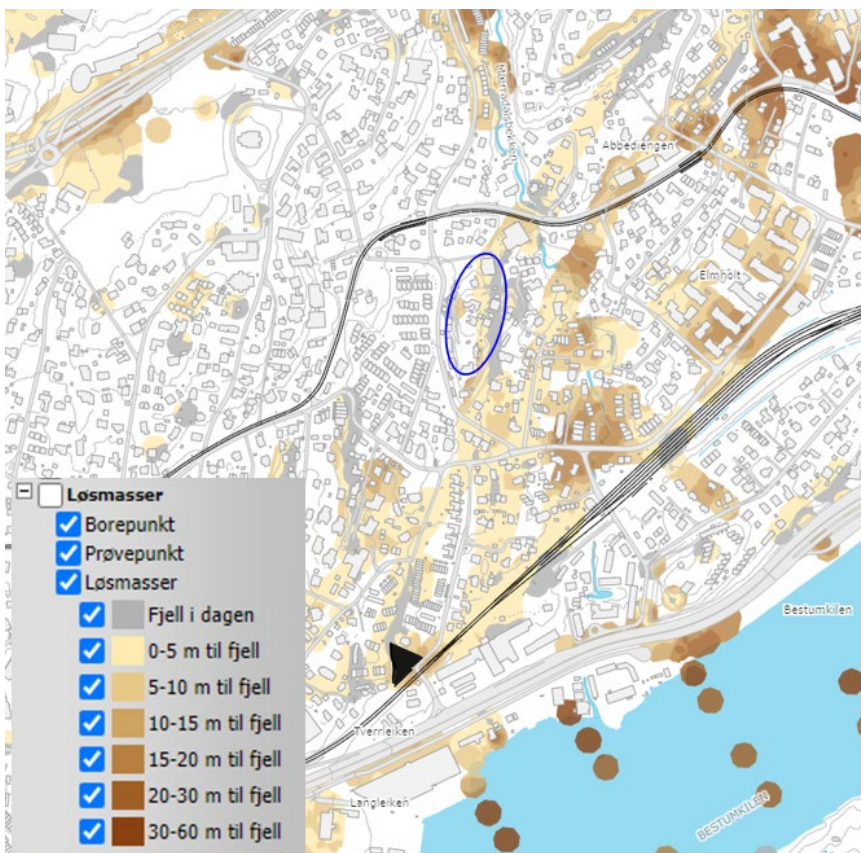
Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 24 av 45



Figur 6-7. Snitt mot nordøst. Svart heldekkende: omtrentlig markering av planområdet adkomst A. Mot nordøst er det ut fra planområdet generelt lavere terrenghelling enn 1:20. Ved Ullernveien er det brattere enn 1:20. Planområdet må vurderes å ligge i et utløpsområde fra Ullernveien [8]



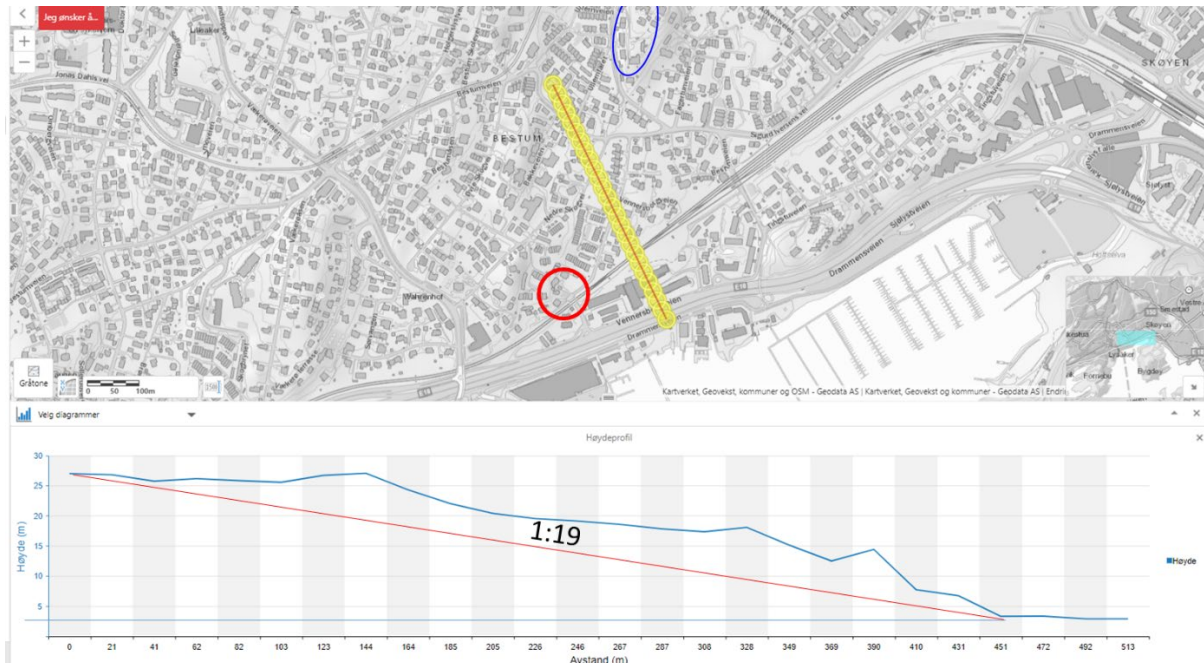
Figur 6-8. Kart som viser løsmasseemektighet. Jo mørkere partier, jo dypere til berg er det forventet. Grå farge indikerer berg i dagen. Planområdet adkomst A er omtrentlig markert med svart. Kollen ved Ullernveien der det er noe brattere partier, er markert med blå sirkel [11]

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 25 av 45

Det er gjort en vurdering av terrenghelning mellom Ullernveien (nedsiden av kollen) og planområdet. Et evt. ras her oppe er vurdert til å følge det bratteste terrenget. Det er terrenghelning ca. 1:19 ned mot kystlinja, og > 1:20 mot planområdet, se Figur 6-9. I dette tilfellet forventes det da at et evt. ras vil bli ført minste motstands vei ned mot kystlinja (se Figur 6-7 og Figur 6-9) og ikke ned mot planområdet.



Figur 6-9. Snitt med terrenghelning mot kystlinje. Helningen er ca. 1:19. [8]

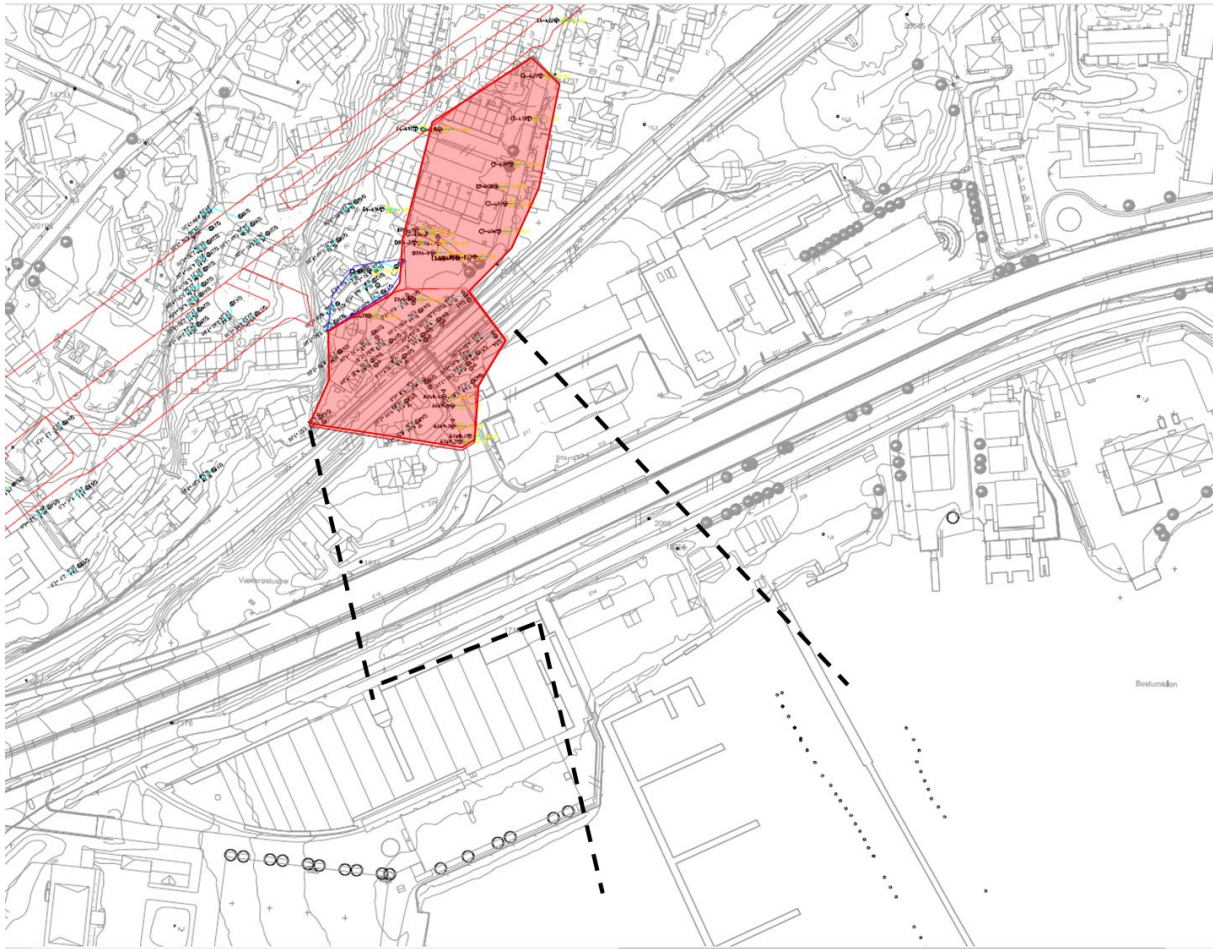
Siden snittet mot nordøst er litt i grenseland og det er ifb. gjennomgang av NVE 1/2019 gjort en ny supplerende vurdering av denne skråningen, der terreng- og bergmodell basert på tilgjengelige boringer er vurdert. Snittet som er vurdert er vist i Figur 6-10 og Figur 6-11. Basert på boringer er det vurdert at mulig sprøbruddsmateriale ikke strekker seg lenger opp i skråningen. Høydedifferanse i snittet er ca. 6 m. Nederste del av snittet er anleggsområdet for adkomst A, men terrenget fortsetter videre nedover til E18 der det flater ut samt har påvist berg i dagen rett på sørsiden av E18.

Et mulig løsne- og utløpsområde er da vist i Figur 6-12.

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 27 av 45



Figur 6-12. Mulig løsne- og utløpsområde markert med rødt og stiplet svart linje.

6.1.4 Bestemme tiltakskategori

Tiltaket er vurdert å tilhøre tiltakskategori K4 med bakgrunn i at det tidvis kan forventes et stort antall mennesker tilstede, samt nærhet til kritisk infrastruktur som jernbane og europavei.

6.1.5 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde

Grunnundersøkelser er utført ifb. forprosjekt og detaljprosjektering av Fornebubanen. Figur 3-5 viser kart over Adkomst Vennersborgveien med markerte grunnboringer i området. Figur 6-13 viser markeringer av berg i dagen etter befaring. I tillegg henvises det til der berg i dagen er markert som grått iht. kart fra Oslo Kommune, Figur 6-8.

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 28 av 45



Figur 6-13. Venstre: Markering av berg i dagen (brune rektangler) etter befaring. Høyre: bilde bak Vennersborgveien 4C.

6.1.6 Befaring

Befaring er utført, se punkt 6.1.5. På grunn av mangel på tilkomst på flere av eiendommene da dette ble utført (før mange av husene ble fraflyttet) er det ikke utført grundig befaring. Det er sett på området i kart og ved hjelp av Google street view.

Det er vurdert at dette er tilstrekkelig. Alternativt må det gjøres et nytt forsøk med tilkomst og utføre ytterligere undersøkelser etter snøsmelting vår 2022.

6.1.7 Gjennomføring av grunnundersøkelser

Grunnundersøkelser er utført i forbindelse med prosjektet i flere runder. Se separat datarapport [9]. Se også Figur 3-5.

6.1.8 Vurdering av aktuelle skredmekanismer og avgrensning av løsne- og utløpsområder

6.1.8.1 Aktuell skredmekanisme

For Vækerø adkomst Vennersborgveien er følgende verdier for løsmasseparametere brukt med bakgrunn i laboratorieundersøkelser:

ISO 17892-6, Sur: 0,2-1,5 kPa under 2 m, enkelte punkt opp til 5 kPa.

Vi kan anta sprøbruddmateriale/ kvikkleire 2 m under overflate og ned til berg, antatt dypeste er 12 m til berg. b/D forhold er ikke beregnet nøyaktig, men det er > 40% i alle snitt, se Figur 6-24 (b er tykkelse av sprøbruddmateriale, og D er dybde til berg fra terreng).

Med bakgrunn i Figur 6-14 og parameterverdier tilsier dette at en mulig skredmekanisme er retrogressiv.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 29 av 45



Figur 6-14. Figur hentet fra NVE veileder 1/2019 for vurdering av ulike skredtyper

6.1.8.2 Avgrensing av løсне- og utløpsområder

Snitt mot nordøst

I snitt mot nordøst skal det være lokale utgravinger opp mot 3 m etter at området er kalksementstabilisert (beregnet stabil graveskråning opp til 5 m). Det kalksementstabiliseres min. 0.5 m bak prosjektert topp skråning. Lokalstabilitet er ivaretatt med beregningsmessig stabil skråning, og det er derfor vurdert at et evt. områdeskred ikke kan starte her.

Med dagens terreng er det gjort to separate vurderinger av snitt mot nordøst. I vurdering basert på kart fra NVE er det konkludert med at helningen er for slakk til at denne skal utgjøre noen fare. I fb. oppdatering av rapporten iht. ny NVE 1/2019 versjon, er det gjort en supplerende vurdering av skråningen basert på faktisk utførte boringer i området.

Vurdering basert på faktisk utførte boringer og tilhørende terreng- og bergmodell:

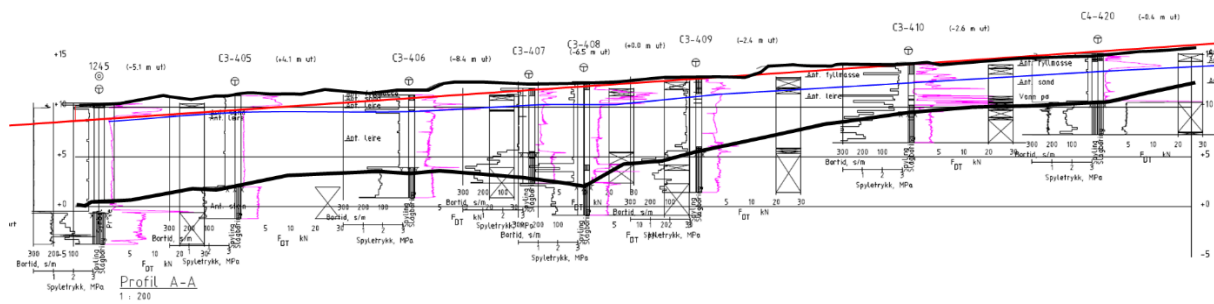
LØSNEOMRÅDE

Det er ikke utført beregninger i dette snittet, og derfor er NGI metoden brukt. Den baserer seg på å legge 1:15 linje ned med en maksimal avstand fra bunn skråning på 0,25 x skråningshøyde for at dette skal kunne være relevant for et initialscred. I dette tilfellet er total skråningshøyde 5.8 m (Figur 6-11). 1:15 linja skal da legges ned 1,44 m. Figur 6-15 viser at ved å bruke denne metoden vil ikke kritisk sirkel teoretisk berøre sprøbruddssonen (Figur 6-15 er forstørret og vises bedre i 'Vedlegg 2: Snitt nordøst Adkomst A'). I tillegg vil glideflaten ved kryssing over i drenert materiale/ikke sprøbruddmateriale kunne legges inn med helning 1:3, noe som ikke er lagt inn i figuren. På bakgrunn av dette vil ikke snitt mot nordøst inngå som et løsneområde og vil ikke bli utredet videre i henhold til prosedyren. Lokalstabiliteten ved utgraving er i varetatt [7].

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 30 av 45



Figur 6-15. Snitt som vist i Figur 6-10. Rød linje: 1:15 lagt 0,5xH under bunn skråning. Blå linje: topp sprøbruddmateriale. De små tallene i parentes henviser til hvor mange meter ut fra snittet det viste borpunktet ligger. Total lengde på snittet er 110 m.

UTLØPSOMRÅDE

Vurdering basert på kart fra NVE:

Adkomst A Vennersborgveien er vurdert til ikke å ligge i utløpsområde for snitt mot nordøst ref. kap.6.1.3.

Snitt mot sør, jernbane

Kritisk fase for snitt mot sør/jernbane og E18 er i anleggsfasen før utgraving og avlasting av planområdet. Da vil det være økt anleggsaktivitet med tilkjøring av maskiner, samt perioder med lokalt økt poretrykk ifb. kalksementstabilisering. Et worst case scenario kan tenkes å være økt poretrykk mot jernbanefylling og Vennersborgveien som gjør at kvikkleiren kolliderer og mister skjærkapasitet. Det kan da tenkes at togfylling som med totalspenningsberegninger i dag har beregningsmessig stabilitet rundt 1,0 (inkluderer verste kombinasjon av toglaster med lastfaktorer) da vil kollapse og ytterligere destabilisere området. For å hindre dette scenariet er det installert flere poretrykksmålere i området slik at en poretrykksøkning utover anleggsområdet vil gjøre at arbeidet stoppes umiddelbart inntil poretrykket igjen er stabilt/lavt. Flere tiltak er beskrevet i kapittel 4.4.

Ellers vurderes dette snittet som en forbedring av dagens situasjon siden området skal graves av og laster i aktiv sone vil reduseres.

LØSNEOMRÅDE

Løsneområdets utstrekning er avhengig av aktuell skredmekanisme, løsneområdets størrelse og terrengforholdene i utløpsområdet. Ved et retrogressivt skred opprettholdes lengden på løsneområdet lik $15 \times H$, der H er høyden på skråningen.

Empiriske data tyder på at de aller fleste løsneområder for kvikkleireskred begrenser seg til en terrenghelning brattere enn 1:15 for jevnt hellende terreng, og maksimal utstrekning lik $15 \times$ skråningshøyde i ravinert terreng.

Med bakgrunn i utførte grunnundersøkelser, topografi og kvartærgeologisk kart er det avgrenset et mulig løsneområde (område der sprøbruddmateriale/kvikkleire sammenfaller med terreng med

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 31 av 45

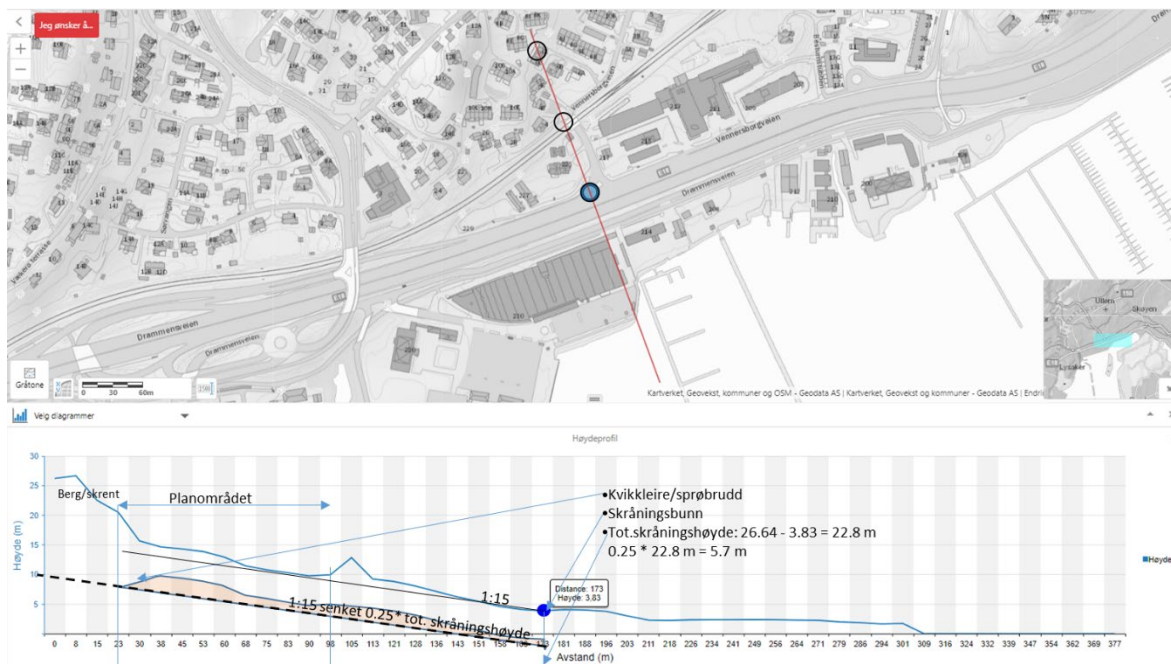
helning 1:15 eller brattere), som vist i Figur 6-16 og Figur 6-17. Området avgrenses i tillegg av berg i dagen nordvest for planområdet og slakkere terreng enn 1:15 sør for skråningsbunn.

UTLØPSOMRÅDE

Utløpsområdet for et retrogressivt skred ligger empirisk i et åpent terreng $1,5 \times L$, der L er lengden på løsneområdet. Løsneområdets lengde er i dette tilfellet 224 m, og utløpsområdet vil derfor nå helt ned til sjøen. Det er ikke gjort vurderinger rundt spredning av løsmasser i Oslofjorden.

Utløpsområder i sjø kan bli vesentlig større enn på land, og et skred i sjøen kan også medføre sekundæreffekter som flodbølger. I dette tilfellet flates terrenget ut ved E18 og vil bremse og muligens spre massene i større grad, og det er derfor vurdert at utløpsområdet kan være noe begrenset ut i fjorden.

Generelt er bredden på utløpsområdet omtrent det samme som bredden på løsneområdet i et åpent terreng.

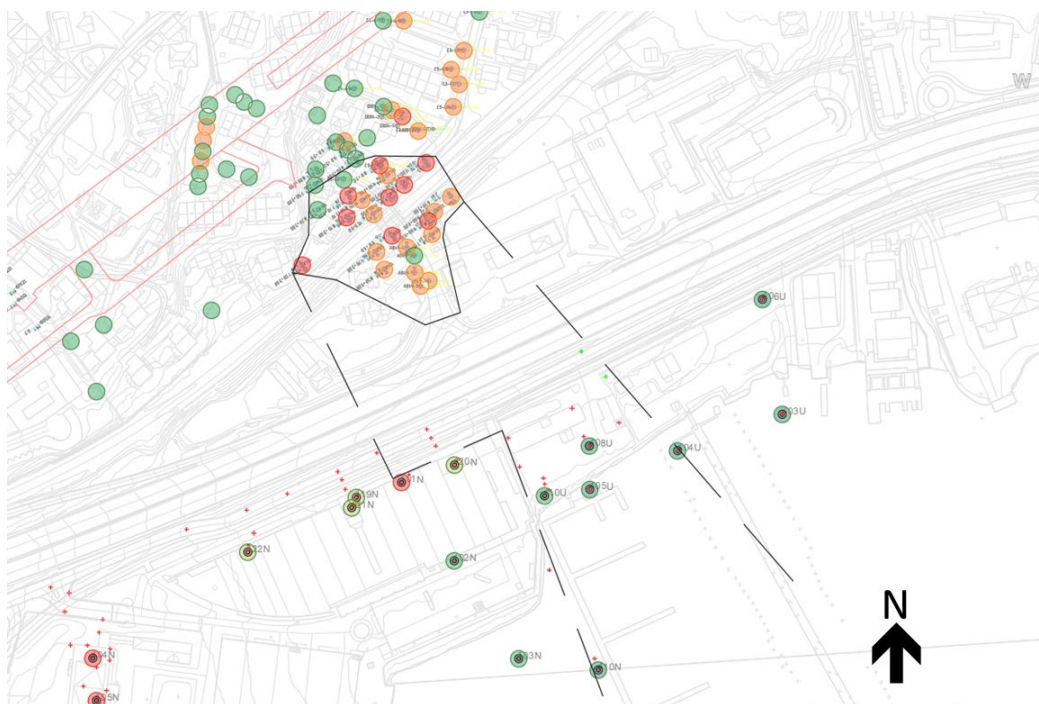


Figur 6-16. Snitt mot sør som viser 1:15 linje, antatt lokasjon av sprøbrudd.

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 32 av 45



Figur 6-17. Løsneområdet er markert med svart omriss. Dette er basert på terrenghelning brattere enn 1:15 samt tilstedeværelse av sprøbruddsmateriale/kvikkleire. Stiplet linje er mulig utløpsområde

6.1.9 Klassifisering av faresoner

Løsne- og utløpsområdet for et potensielt områdeskred utgjør til sammen faresonen. Ved en soneutredning skal faresonen klassifiseres med faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse iht. metoden beskrevet i NVE Ekstern rapport 9/2020 [12]. Faregrad og skadekonsekvens evalueres ved at det beregnes poeng for hver sone i henhold til utarbeidede klassifiseringskriterier. Avhengig av antall poeng beskrives skadekonsekvensklassene som enten 1: mindre alvorlig, 2: alvorlig eller 3: meget alvorlig. Tilsvarende beskrives faregradklassene som enten 1: lav, 2: middels eller 3: høy. Sonene inndeles så i fem risikoklasser, avhengig av poengverdiene for skadekonsekvens og faregrad, hvor risikoklasse fem er høyest (risiko = skadekonsekvens x faregrad). Oppnådd faregrad før utbygging påvirker bla. kravene som stilles til dokumentasjon av områdestabilitet i byggesaker, dokumentert i kvikkleireveilederen [1].

Ved utredning av sikkerhet mot områdeskred for ny bebyggelse, gir faregrad sammen med tiltakskategori føringer for krav til sikkerhet. Det er faregrad før utbygging som skal legges til grunn for vurdering av sikkerhetsnivå, dette betyr at det er mulig å gjennomføre sikringstiltak som medfører at faregrad senkes før utbygging.

6.1.9.1 Faregrad (sannsynlighet)

Faregrad bestemmes for et antatt kritisk snitt og er avhengig av topografiske og geologiske/geotekniske forhold samt terrengendringer. Dagens situasjon legges til grunn for klassifiseringen og inkluderer løsne- og utløpsområdet. Se Tabell 6-2.

Oslo Kommune – Fornebuibanen	Dok. nr.: PF-VEKO-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 33 av 45

Tabell 6-2. Vurdering av faregrad iht. NVEs retningslinjer [1]

Faktorer	Vekttall	Poeng	SCORE	Begrunnelse
Tidligere skredaktivitet	1	0	0	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	2	4	Over 20 m
Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR)	2	2	4	OCR > 1,2 (Se Vedlegg 1 i Fagrapport [7])
Poretrykk. Overtrykk, kPa	3	2	6	Mulig poreovertrykk i flere avlesninger, men noe usikkerhet knyttet til lengden målerne har vært installert, spesielt i 126PZ
Poretrykk. Undertrykk, kPa	-3	0	0	
Kvikkleiremektighet	2	2	4	Begrenset dybde til berg ifht. skråningshøyde
Sensitivitet	1	3	3	Verdier opp mot 170 (Se Vedlegg 1 i Fagrapport [7])
Erosjon	3	0	0	Det er ikke elver/bekker i området
Inngrep: Forverring	3	1	3	Togfylling. Denne er konservativt valgt å vektlegges i noe grad. Det antas at masser under denne er konsoliderte og dermed sånn sett et positivt bidrag i aktiv sone.
Inngrep: Forbedring	-3	0	0	Ingen tidligere inngrep som har forbedret situasjonen
		SUM, F_i	24	
		Middels faregrad		

Oppsummert: Faregrad "Middels", med 24 av 51 mulige poeng, tilsvarer 47,1 % av full score.

6.1.9.2 Skadekonsekvensklasse

Skadekonsekvenser som skal vurderes er: fare for at liv kan gå tapt, skade på mennesker, økonomiske tap og verdiforringelse, samt fare for at viktige samfunnsmessige funksjoner skal stoppe opp.

Konsekvensen av et skred deles inn i tre klasser; mindre alvorlig, alvorlig og meget alvorlig. Se Tabell 6-3 for vurdering.

Tabell 6-3. Vurdering av skadekonsekvens iht. NVEs retningslinjer [1]

Faktorer	Vekttall	Poeng	SCORE	Begrunnelse
Boligheter, antall	4	3	12	Svært tett bebyggelse
Næringsbygg, personer	3	3	9	Bilia og Maxbo samt flere andre mindre bedrifter i området
Annen bebyggelse, verdi	1	2	2	Fredning av Bestum politistasjon og Vækerøstuene
Vei, ÅDT	2	3	6	> 70000 ref. kart SVV trafikkmengde E18 ved Vækerø
Toglinje, bruk	2	3	6	Drammensbanen
Kraftnett	1	0	0	Iht. kart fra NVE Atlas
Oppdemning og flodbølge	2	2	4	Kort avstand til Bygdøyhalvøya
		SUM, S_i	39	
		Meget alvorlig		

Oslo Kommune – Fornebuveien	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 34 av 45

Oppsummert: Konsekvens "Meget alvorlig", med 39 av 45 mulige poeng, tilsvarer 86.7 % av full score.

6.1.9.3 Risikoindikator

Risikoindikatoren, R_i , er produktet av prosenttallet for sannsynlighet (faregrad) og konsekvens, og blir da

$$R_i = F_i \times S_i = 47,1 \times 86,7 = 4078.$$

Denne tallverdien tilsier at området Vækerø Adkomst Vennersborgveien har Risikoklasse 5, som er høyeste nivå av risikoinndeling. Inndeling i ulike risikonivåer sier noe om hvordan NVE prioriterer sonen i videre arbeid i sikring mot skred.

6.1.10 Stabilitetsvurderinger

Stabilitetsberegninger for lokale utgravinger er dokumentert i Vedlegg 3 i Geoteknisk fagrapport [7].

Sikkerheten mot utglidning av en skråning skal bestemmes både for dagens situasjon, og situasjonen under og etter tiltak. Kravet til sikkerhetsfaktor for langtidsstabilitet, $F_{c\phi}$ forholder seg til en ren effektivspenningsanalyse hvor alle lag modelleres med effektivspenningsparametre. Kravet til sikkerhetsfaktor for korttidsstabilitet, F_{cu} forholder seg til udrenert analyse hvor de jordlagene som viser grad av sprøbruddoppførsel modelleres med udrenert fasthet, og andre materialer modelleres med effektivspenningsparametre.

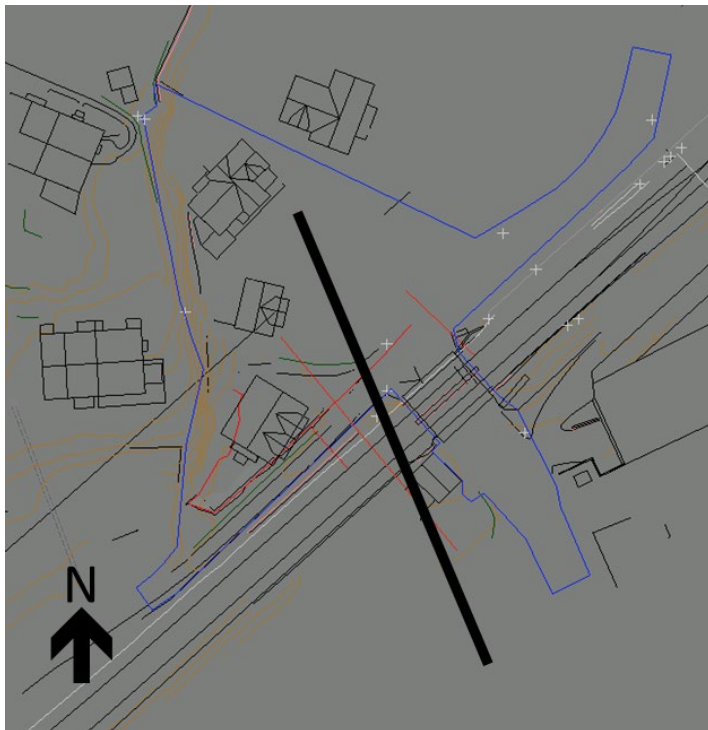
Når et tiltak medfører forverring av stabiliteten av en skråning med sprøbruddmateriale, skal det ved udrenert analyse tas hensyn til effekt av sprøbrudd. Når det utføres beregninger med grenselikveksmetoden eller FEM som ikke tar hensyn til sprøbrudd, må beregnet sikkerhetsfaktor korrigeres dersom tiltaket innebærer en forverring av stabilitet. I dette tilfellet er det brukt GeoSuite Stability beregningsprogram som baserer seg på grenselikveksmetoden. I snitt mot sør og jernbane og E18 er det vurdert at en avlasting av terreng i overkant av skråningen er en forbedring av sikkerheten, og krav til dokumentert sikkerhet er da $F_{cu} > 1,4$ iht. NVE veileder [1].

På Adkomst Vennersborgveien er planlagte tiltak: riving av eksisterende bebyggelse samt etablering av byggegrop med nedsenking av terreng ca. 1 m i området nærmest jernbanen i anleggsfase. Senkingen av terreng vil være større inn mot påhugget siden terrenget i dag stiger i denne retningen. I permanent fase skal terrenget senkes til kote 9-11. Det skal kalksementstabiliseres i byggegrop før utgraving starter. Etablering av byggegrop innbefatter også spuntinstallasjon for midlertidig situasjon mot nordøst, samt graveskrånninger mot nordøst. Største dybde på graveskråning er 3 m mot nordøst som er kalksementstabilisert før utgraving.

Det er utført stabilitetsberegninger i ett snitt som vist på Figur 6-18. Dette snittet er tatt i det som anses som det mest konservative området sett ifht. togfyllingshøyde og utgraving i snitt og plan.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 35 av 45

Beregningene er gjort både for drenert og udrenert tilstand, og har tatt hensyn til store glidesirkler, lokalstabilitet og initialstabilitet.



Figur 6-18. Snitt (svart) som viser området hvor det er beregnet stabilitet, fra sør til nord.

Resultatene fra stabilitetsberegningene er som vist i Figur 6-20 til Figur 6-25. Disse viser en beregningsmessig lav nåværende sikkerhet lokalt, under 1,0 i udrenert tilstand. Dette inkluderer verste toglastkombinasjon med lastfaktor. En såpass lav sikkerhetsfaktor er ikke sannsynlig siden vi vet at det er en situasjon som står i dag og dermed må sikkerheten være 1,0 eller høyere. Det er også en natursteinsmur på sørsiden av jernbanefyllingen som støtter denne opp, oppbyggingen av denne er ukjent. Siden denne lokalstabiliteten ikke er i området hvor Fornebubanen gjør inngrep er det ikke vurdert som nødvendig å justere jordparametrene for å få tilfredsstillende sikkerhet i dette området. I tillegg viser beregninger med drenert situasjon sikkerhetsfaktor > 1, og dagens situasjon kan være tilnærmet drenert siden fyllingen har stått lenge.

For beregningssnitt med sammensatt glideflate er det prøvd mange ulike posisjoner og varianter for å prøve å få lavere sikkerhetsfaktor. Dette gjelder både drenert og udrenert situasjon. For drenert situasjon er det konservativt brukt 20° friksjonsvinkel under tørrskorpe, det er ikke gjort i de andre beregningene.

Beregninger (unntatt for sammensatt glideflate) presentert i dette kapittelet ble utført iht. tidligere NVE kvikkleireveileder [13], og da var retningslinjene at sprøbruddsmateriale ble korrigert ved 15 % reduksjon av skjærstyrke brukt i beregninger. I ny veileder [1] skal denne konservative justeringen heller gjøres ved at kravet til sikkerhetsfaktor der deler av glideflaten går gjennom/tangerer sprøbruddmateriale og inngrepet forverrer områdestabiliteten, økes til $1,4 \times 1,15 = 1,61$. (Dette

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

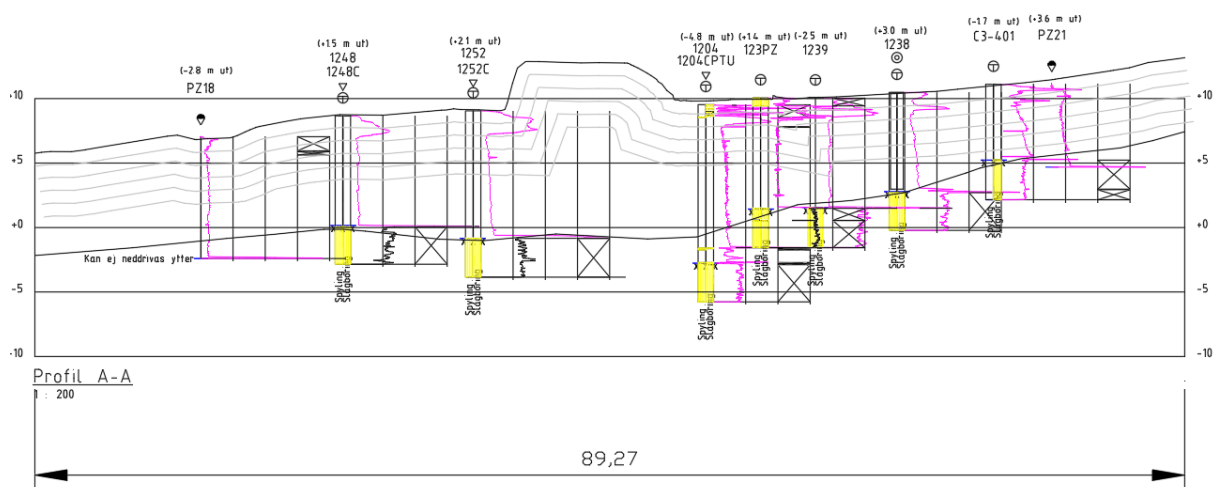
Side: 36 av 45

gjelder ikke for stabilitetsberegning med sammensatt glideflate som er utført ifb. rev.03G, her er ikke skjærstyrkeparametrene nedjustert).

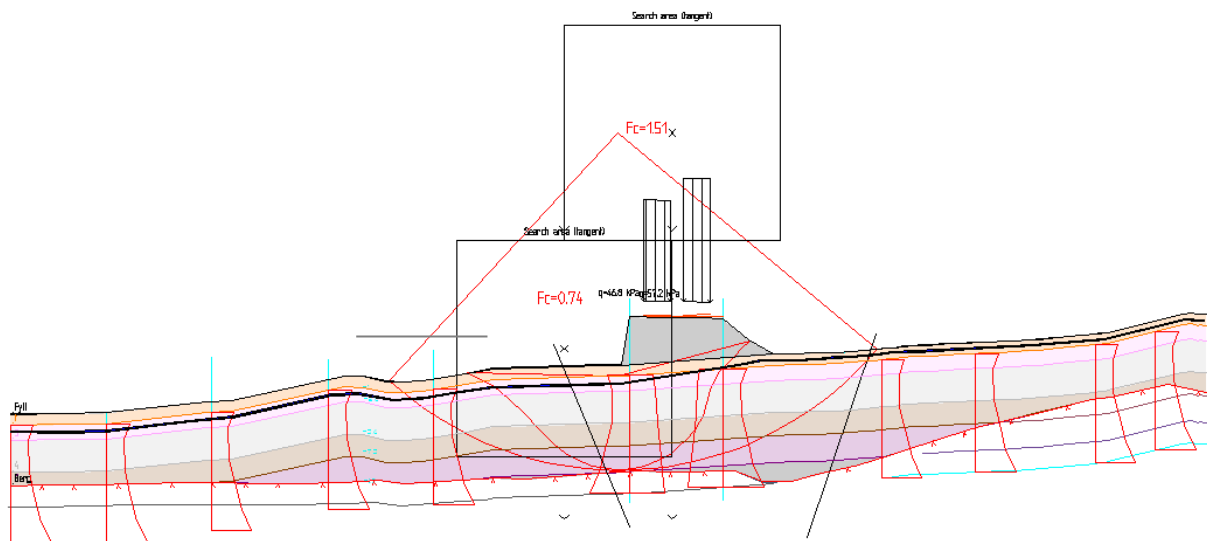
Siden kritisk snitt for adkomst Vennersborgveien anses som en forbedring og kravene opprettholdes med dagens skjærstyrkeprofil, er denne ikke justert iht. ny NVE veileder. Sikkerhetsfaktorene som presenteres her er derfor konservative basert på tidligere veiledninger.

Alle beregninger for områdestabilitet viser en sikkerhetsfaktor $F_{cu} > 1,4$, og områdestabilitet er derfor ansett som ivarettatt for Adkomst A, Vennersborgveien.

Samme snitt som beregningsprofil inkludert totalsonderinger er vist i Figur 6-19.



Figur 6-19. Samme snitt som beregningsprofil, inkludert totalsonderinger



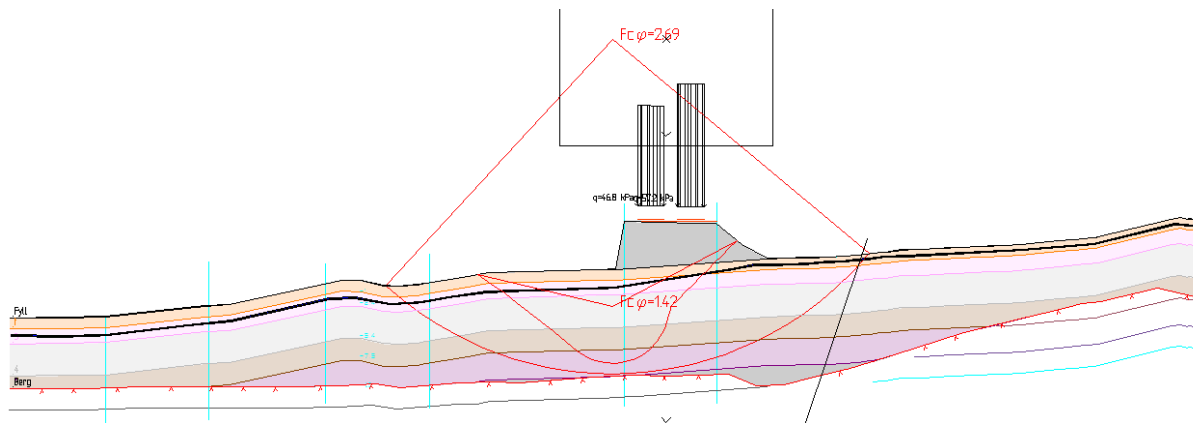
Figur 6-20. Udrenert: Initiell modell før utgraving. To glidesirkler, begge inkluderer toglast: lokal SF 0,74 og områdestabilitet for påvirkning av utgraving (SF 1,51).

Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

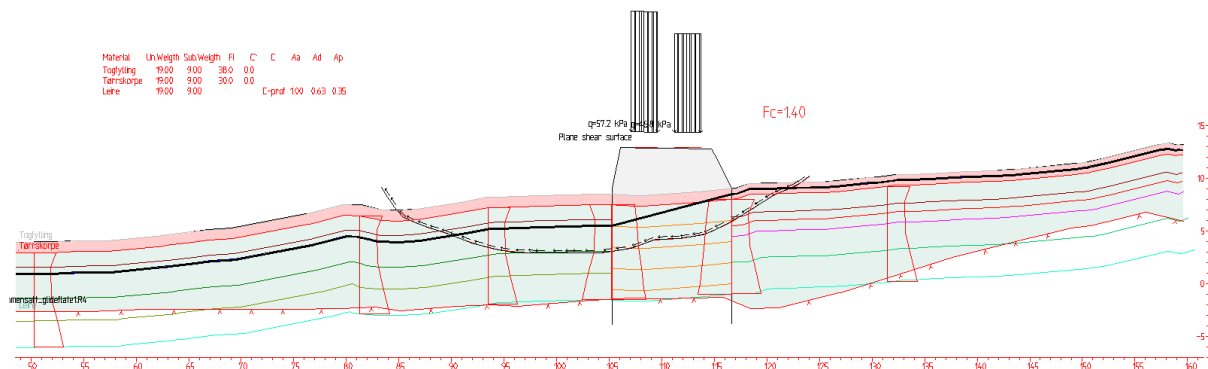
Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

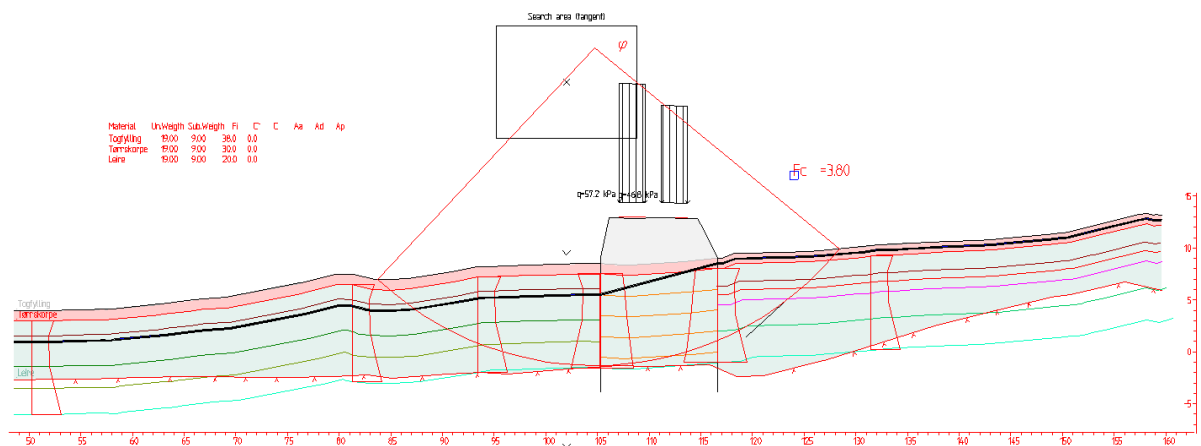
Side: 37 av 45



Figur 6-21. Drenert: Initiell modell før utgraving. To glidesirkler, begge inkluderer toglast: lokal SF 1,42 og områdestabilitet for påvirkning av utgraving (SF 2,69).



Figur 6-22. Udrenert: S sammensatt glideflate, modell før utgraving. Toglaster inkl. lastfaktor. Skjærstyrke er ikke nedjustert ifht. designverdi. Laveste oppnådde sikkerhetsfaktor: 1,40.



Figur 6-23. Drenert: S sammensatt glideflate ga ikke lavere beregningsmessig sikkerhet enn sirkulære. Hele dybden med leire har konservativt 20° friksjonsvinkel

Etter utgraving (Figur 6-24) er lokal stabilitet som forventet uendret siden det ikke gjøres tiltak i dette området. I modellen er det hensyntatt en utgraving på ca. 1,5 m som er noe konservativt ifht. det som er forventet i dette området (ca. 1 m).

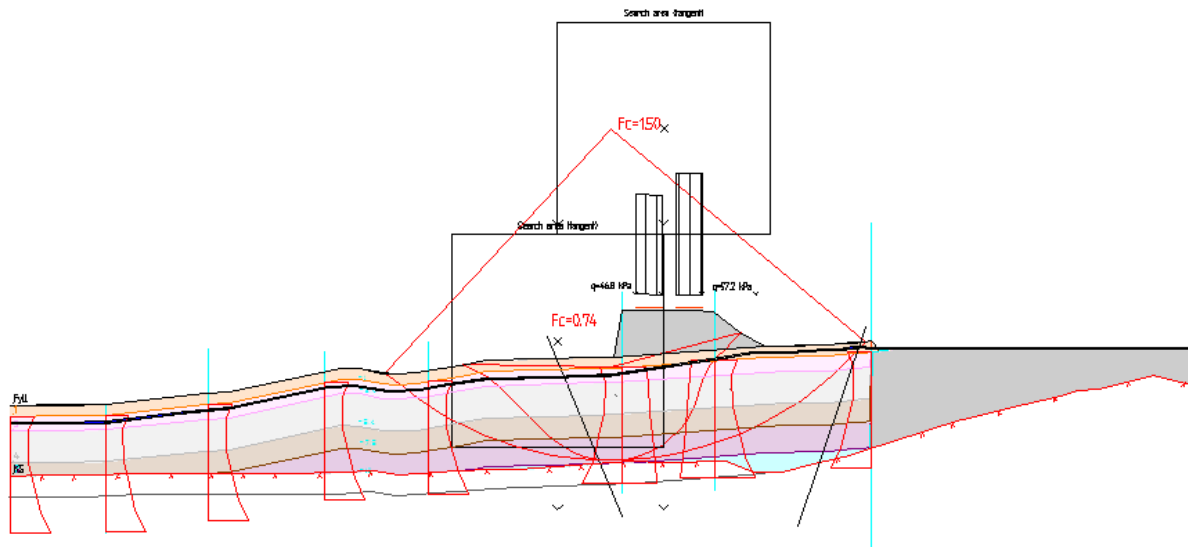
Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

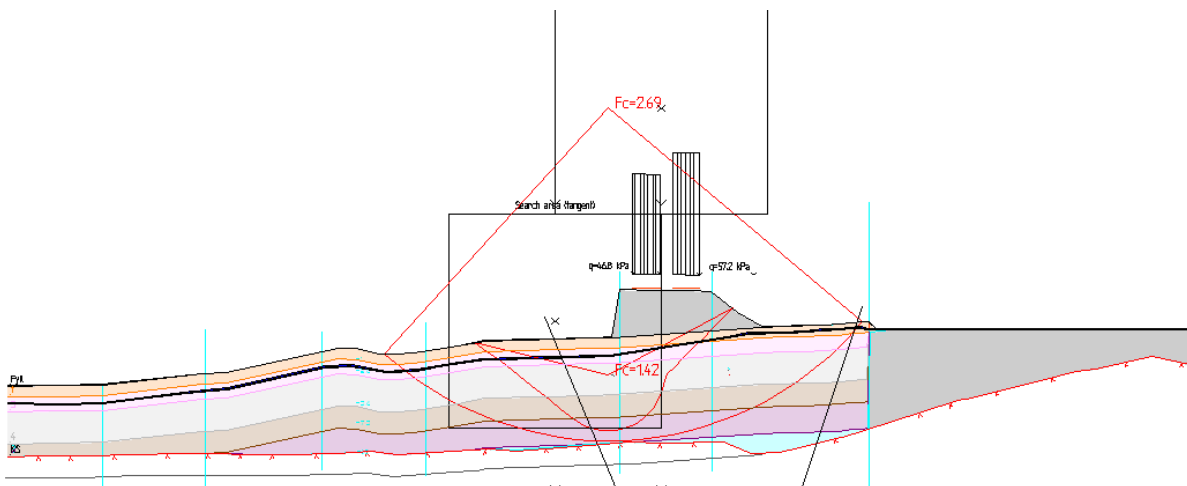
Side: 38 av 45

Også større glidesirkel for å hensynta områdestabilitet er uendret da den også går i et område som ikke påvirkes av utgraving og kalksementstabilisering.

Det er brukt en konservativ udrenert skjærstyrke på 50 kPa i kalksementstabilisert område. Dette samsvarer en dekningsgrad på omtrent 55%. Basert på laboratorieundersøkelser har vi grunnlag for å tro at endelig skjærstyrke i kalksementstabilisert område vil være høyere enn 50 kPa.



Figur 6-24. Udrenert: Resultat etter utgraving og kalk-sementstabilisering. SF for områdestabilitet er justert fra 1,51 til 1,50, dette anses som numerisk usikkerhet. Ellers ingen endringer.



Figur 6-25. Drenert: Resultat etter utgraving og kalk-sementstabilisering. Uendrede resultater etter utgraving

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEKO-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 39 av 45

6.2 Gjennomgang av prosedyre NVE 1/2019, Adkomst B Vækerøveien

6.2.1 Registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området

Se kap. 6.1.1. Det er ingen tidligere kartlagte faresoner i området i henhold til NVEs kart [8], se Figur 5 1.

6.2.2 Avgrense områder med mulig marin leire

Se kap. 6.1.2. Hele planområdet ligger under marin grense. Se Figur 6-1.

6.2.3 Avgrense områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred

Det er ikke påvist sprøbruddmateriale på området for Adkomst B (ved grunnundersøkelser [9]). Det er ikke registrerte områder med sprøbrudd i overliggende terreng, og det er ingen data som tilsier at dette området ligger i et utløpsområde fra NVE kart og underlag. Videre vurdering rundt områdestabilitet i dette området er derfor utelatt.

7. BEHOV FOR SUPPLERENDE GRUNNUNDERSØKELSER

Grunnundersøkelser er utført i flere omganger på Vækerø, og det er tatt opp flere prøveserier på Adkomst Vennersborgveien samt på sørsiden av jernbanen. Dette er presentert i egen datarapport [9]. Omfang av grunnundersøkelser anses som tilfredsstillende, og det er ikke funnet behov for supplerende grunnundersøkelser.

8. KONKLUSJON

Adkomst A Vennersborgveien er vurdert mht. retningslinjer gitt i NVE veileder 1/2019. Alle punkter er gjennomgått, der siste fase, stabilitetsberegninger, viser at utbygging nord for jernbanen ikke vil påvirke områdestabilitet negativt, og sikkerhetsfaktor for områdestabilitet er tilfredstilt.

Adkomst B Vækerøveien er vurdert til å ha tilfredsstillende sikkerhet pga. liten dybde til berg og massens egenskaper. Området er vurdert til heller ikke å ligge i et utløpsområde for kvikkleireskred.

Områdestabilitet er ivaretatt på Vækerø stasjon.

9. VIKTIGE OG KRITISKE MOMENTER

Før utgraving av anleggsområdet på adkomst Vennersborgveien skal området kalksementstabiliseres. Poretrykk skal følges opp tett i denne fasen.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEK0-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 40 av 45

10. REFERANSER

- [1] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Sikkerhet mot kvikkleireskred (Veileder nr. 1/2019),» 2019.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «TEK 17 Byggteknisk forskrift, Kap.7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger [Internett: www.dibk.no],» 2017.
- [3] PGF, «Prosjekteringsforutsetninger Vækerø, Vedlegg 10 til PF-U-070-RB-0004 Byggegrep bergstasjoner,» PGF, 2018.
- [4] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar, 2/2011,» 2014.
- [5] NGI, «Rapport 20001008-2 rev3/2008. Program for økt sikkerhet mot leirskred – Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire,» Norges geotekniske institutt, 2008.
- [6] NIFS v/NGI, «NIFS Rapport nr 14-2016 "Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred",» NVE, 2016.
- [7] PGF, «PF-VEK0-721-RB-0001 Geoteknisk fagrapport Vækerø stasjon,» PGF, 2021.
- [8] NVE, «NVEs temakart, [atlas.nve.no],» 2021.
- [9] PGF, «PF-U-721-RB-0012 Fornebubanen, Geoteknisk Datarapport Del 2, Vækerø - Lysaker,» PGF, 2022.
- [10] PGF, «PF-VEK0-610-RB-0002 Notat til VAV - Arbeider ved eksisterende VA-anlegg, Vækerø,» 2022.
- [11] Oslo Kommune (Under Oslo), «Web [<https://kart4.nois.no/underoslo/>],» 2020.
- [12] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Ekstern rapport 9/2020, Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred,» 2020.
- [13] NVE, «Sikkerhet mot kvikkleireskred, 7/2014,» 2014.
- [14] NIFS (NVE, Jernbaneverket, Statens Vegvesen), «En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer, 14/2014:,» 2014.

Oslo Kommune – Fornebubanen	Dok. nr.: PF-VEKO-721-RB-0003
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon	Revisjon: 05G
	Dato: 24.03.2022
	Side: 41 av 45

VEDLEGG

Vedlegg 1: Jordparametre

Se generelt datarapport [9] og fagrapport, Vedlegg 1 [7] for grunnundersøkelser og tolkning av jordparametre. I dybder > 10 m er profil ekstrapolert lineært.

ADP faktorer for direkte og passiv er hhv. 0,63 og 0,35 [14].

For området direkte under fyllingen er det antatt at dette kan være noe konsolidert etter ca 100 års belastning fra jernbanefylling. Skjærstyrken her er derfor økt vertikalt slik:

$s_u^D = 0,16 * p_o'$ Der:

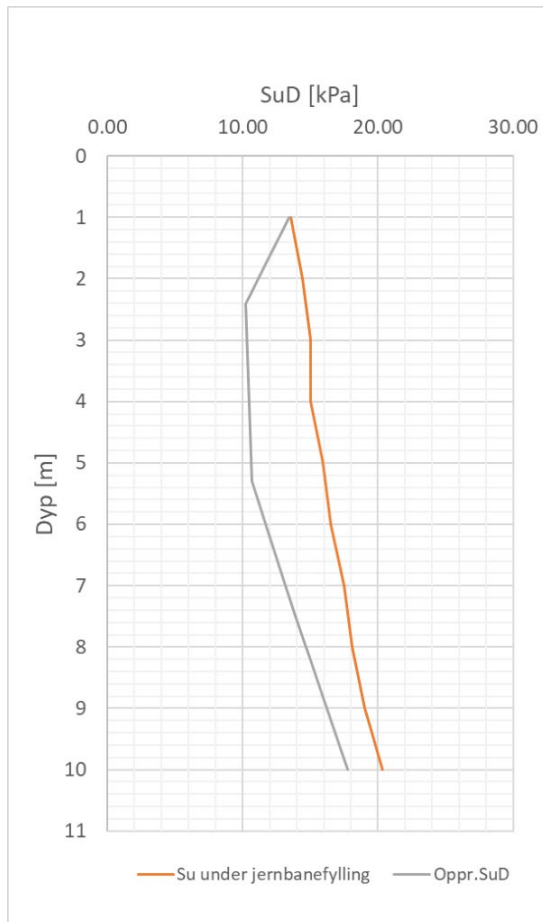
- p_o' inkluderer vekt fra 4 m fylling = 4 m x 19 kN/m³
- Effekten fra fyllingen er begrenset i dybden med faktor for dybdevirkning iht. Janbus diagram for spenningsfordeling, plastisk likevektsteori, leire
- Faktor 0,16 er iht. teori Berre 1983 verdi for direkte skjær, forholdet mellom udrenert skjærfasthet, S_u , og effektivt overlagingstrykk, p_o' , normalkonsoliderte leirer.
- Det siste leddet er lagt til som et konservativt tillegg i stedet for alternativet som er antatt styrke for "Sør" (ligger høyere)

Se Figur A1 og Tabell A1.

Områdestabilitet - Vækerø StasjonRevisjon: **05G**

Dato: 24.03.2022

Side: 42 av 45



Figur A1. Oransje profil viser hva som er brukt av skjærstyrke midt under jernbanefylling. Verdiene er oppsummert i Tabell A1.

Tabell A1. Jordparametre for beregninger stabilitet jernbanefylling. "Sør" indikerer det som er på hver side av fyllingen

Sør, z [m]	Sør, SuA [kPa]	Sør, f [grader]		Konsolidert under jernbanen, z [m]	SuA [kPa]
1	21.3	20		1	21.6
2.4	16.2	20		3	23.8
5.4	17	20		5	25.3
7.5	22.1	18		7	27.8
10	28.2	15		9	30.2
				10	32.3

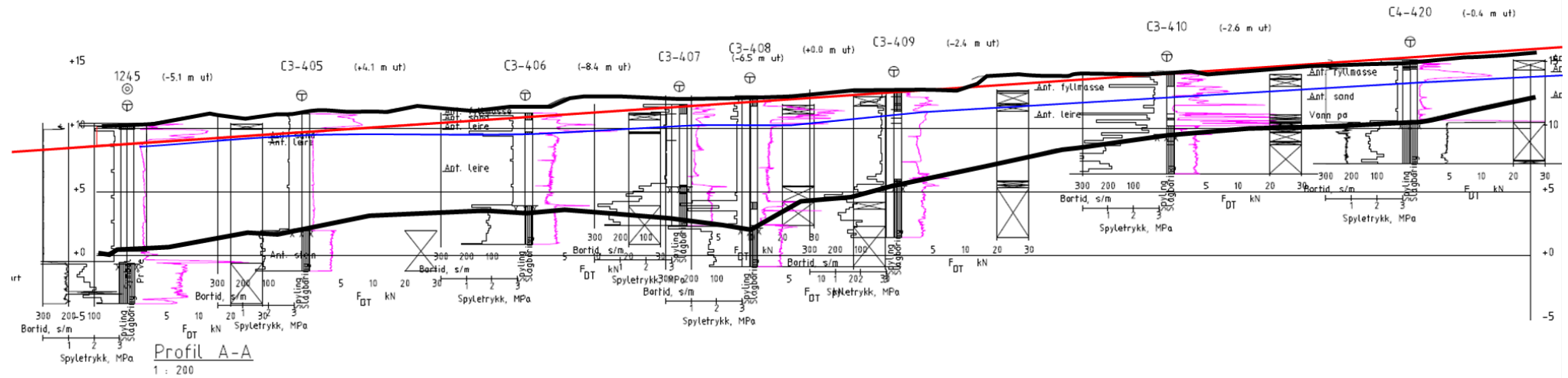
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 43 av 45

Vedlegg 2: Snitt nordøst Adkomst A



Lengde på profil øst: 110 m.

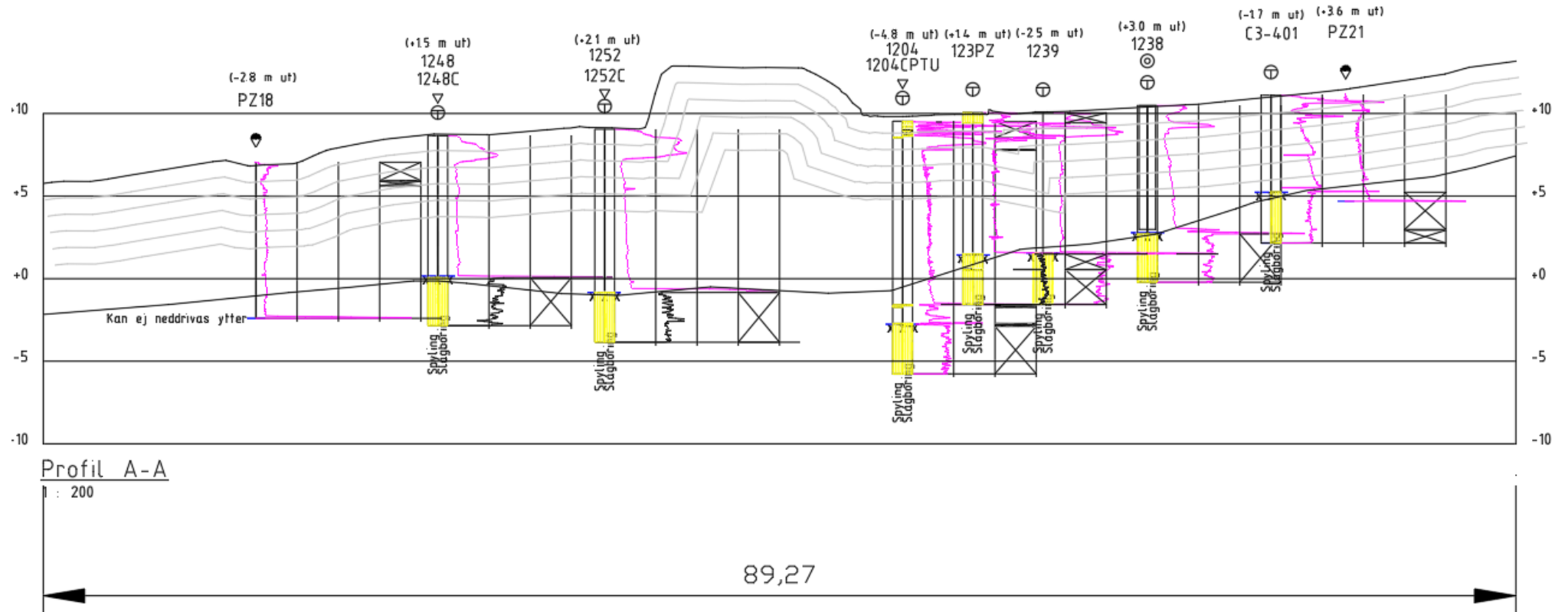
Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 44 av 45

Vedlegg 3: Snitt mot sør, Adkomst A



Områdestabilitet - Vækerø Stasjon

Revisjon: 05G

Dato: 24.03.2022

Side: 45 av 45

Vedlegg 4: Kartutdrag fra PBE, hva fins av grunnundersøkelser på sørsiden av E18

