

TIL: Trysilhus Trykon AS
v/Trine Hastad

Kopi:

Fra: GrunnTeknikk AS

Dato: 25.04.2023
Dokumentnr: 116514n1 rev. 3
Prosjekt: 111616
Utarbeidet av: Jon Adersen Gulbrandsen
Kontrollert av: Olav Frydenberg

Porsgrunn. Elvegata, leilighetsbygg **Utredning områdestabilitet**

Sammendrag:

Trysilhus Trykon AS jobber med regulering av et planområde på Elvegata i Porsgrunn. GrunnTeknikk er engasjert som geoteknisk rådgiver i prosjektet og har gjennomført grunnundersøkelser i to omganger.

Fare for områdeskred (områdestabilitet) er tidligere utredet for det aktuelle området, oppsummert i vårt tekniske notat [1] fra 2017.

Planområdet skal nå reguleres på nytt. I den forbindelse er tidligere utredning av områdestabiliteten revidert, slik denne er i tråd med reviderte og gjeldende NVE veileder 1/2019 [2], supplerende utførte grunnundersøkelser [3] og aktuelle planer for utvikling av området.

Rev. 3 av notatet omfatter endringer basert på NGI kontrollnotat [21] og dialog med NGI, samt reviderte planer. Endringer ift. tidligere versjon av notatet er markert med kursiv.

Nybyggene planlegges direktefundamentert under kompenserte forhold. Dette både pga. setningsforhold, samt fordi stabiliteten ned mot elva ikke skal bli forverret ift. dagens situasjon.

For å ivareta områdestabiliteten for *utbyggingsområdet* er det behov for å utføre sikringstiltak lokalt i elvekanten nedenfor *utbyggingsområdet*. Omfang og utforming av nødvendige sikringstiltak i elvekanten må vurderes i detaljprosjekteringsfasen.

Det er iht. NVE veileder 1/2019 å krav om kvalitetssikring av uavhengig foretak.

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	4
2	Planer.....	4
3	Grunnforhold.....	6
3.1	Grunnforhold og utførte grunnundersøkelser.....	6
3.2	Kartlegging av elvebunnen i 2002, 2006 og 2022.....	8
4	Utredning områdestabilitet.....	11
4.1	Punkt 1 – undersøk om det finnes registrerte kvikkleiresoner i området.....	16
4.2	Punkt 8 – Avgrens løсне- og utløpsområder.....	17
4.2.1	Gjennomgang av kvikkleiresoner langs elva.....	17
4.2.2	Ny avgrensning av sonene «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes».....	22
4.2.3	Utløpsområde for kvikkleiresonen «Lahelle».....	23
4.3	Punkt 9 – klassifiser sonene.....	27
4.4	Punkt 10 – dokumenter tilfredsstillende stabilitet.....	28
4.4.1	Krav til sikkerhet.....	28
4.4.2	Stabilitetsforhold innenfor utbyggingsområdet.....	28
4.4.3	Stabilitetsforhold sør for utbyggingsområdet.....	30
4.4.4	Stabilitetsforhold nord for utbyggingsområdet.....	33
4.5	Oppsummering – vurdering av områdestabilitet for utbyggingsområdet.....	43
4.6	Krav til kvalitetssikring.....	44

TEGNINGER

Tegn nr.	Tittel	Målestokk
500 - 501	Plantegninger, sammenstilling dybdekartlegging	1:2000
502 - 503	Plantegninger, kvikkleiresoner, grunnundersøkelser mm.	1:2000

VEDLEGG

1	Mottatte planer utarbeidet av Feste Sør AS
2	Klassifisering av kvikkleiresonen nye «Tollnes»
3	Kontrollberegning Janbu direkte metoden, Lahelle
4	Bilder befarings 06.07.2022

REFERANSER

- [1] GrunnTeknikk AS. Teknisk notat områdestabilitet 112199n1, datert 05.01.2017.
- [2] NVE. Veileder nr. 1/2019 «Sikkerhet mot kvikkleireskred», utgitt desember 2020.
- [3] GrunnTeknikk AS. Geoteknisk datarapport 116599r1, datert 05.07.2022.
- [4] NGL. Teknisk notat «Kvalitetssikring av geoteknisk utredning av områdestabilitet iht. NVEs veileder», dok. nr. 20220424-01-TN, datert 30.09.2022.
- [5] GrunnTeknikk AS. Geoteknisk rapport skråningsstabilitet, grunnundersøkelser og geotekniske vurderinger 114659r1, datert 18.03.2020.
- [6] Multiconsult AS. Geoteknisk datarapport Lahelle brygge, 812931-102/1, datert 30.08.2011.
- [7] GrunnTeknikk AS. Teknisk notat «reg. plan IF PORS» 111829n1, datert 17.02.2016.
- [8] NVE. Ekstern rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred» utarbeidet av NGL, rev. 4 datert 27.11.2020.
- [9] GrunnTeknikk AS. Teknisk beregningshefte stabilitetsberegninger områdestabilitet 112199tb1, datert 13.12.2016.
- [10] GrunnTeknikk AS. Teknisk notat sikring av bolverk 112633n1, datert 05.11.2018.
- [11] Scandiaconsult AS. Geoteknisk datarapport 620207A, rapport nr. 1, datert 04.10.2002.
- [12] NGL. Rapport 20011544-1 «Skienselven. Risiko for kvikkleireskred», datert 14.02.2003.
- [13] Blom Maritime AS. Dybdekart Skienselva, datert 01.08.2002
- [14] Blom Maritime AS. Dybdekart Skienselva, datert 04.10.2006
- [15] Multiconsult AS. Geoteknisk rapport 700206-1, datert 30.05.2001.
- [16] Statens vegvesen. Geoteknisk rapport «Foreløpig redegjørelse for fundamenteringsforholdene for bru over Skienselva – alternativ Osebakken», oppdrag H-48, datert 23.10.1964.
- [17] NGL. Notat 20120092-00-1-TN «Vestheimvegen, Porsgrunn», datert 25.1.2012.
- [18] NGL. Notat 20071069-1 «Grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger Eiklund», datert 10.4.2007.
- [19] GrunnTeknikk AS. Teknisk beregningshefte 116514tb1, datert 24.03.2023.
- [20] NGL. Rapport nr. 880075-1 «Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred», datert desember 1996.
- [21] *NGL. Teknisk notat «Kvalitetssikring av geoteknisk utredning av områdestabilitet iht. NVEs veileder», dok. nr. 20220424-01-TN, rev. 1 datert 30.09.2023.*

1 Innledning

Trysilhus Trykon AS jobber med regulering av et planområde på Elvegata i Porsgrunn. GrunnTeknikk er engasjert som geoteknisk rådgiver i prosjektet og har gjennomført grunnundersøkelser i to omganger.

Vår kontaktperson har vært Trine Hastad i Trysilhus Trykon AS.

Fare for områdeskred (områdestabilitet) er tidligere utredet for det aktuelle området, oppsummert i vårt tekniske notat [1] fra 2017.

Planområdet skal nå reguleres på nytt. I den forbindelse er tidligere utredning av områdestabiliteten revidert, slik denne er i tråd med reviderte og gjeldende NVE veileder 1/2019 [2], supplerende utførte grunnundersøkelser [3] og aktuelle planer for utvikling av området.

Foreliggende notat gir en oppsummering av vår reviderte utredning av områdestabiliteten. Øvrige geotekniske vurderinger vil bli oppsummert i egne notater.

Rev. 1 av notatet omfatter endringer basert på NGI kontrollnotat [4] og møte med NGI den 14.11.2022.

Rev. 2 av notatet omfatter endringer basert på videre dialog med NGI.

Rev. 3 av notatet omfatter endringer basert på NGI kontrollnotat [21] og dialog med NGI, samt reviderte planer. Endringer ift. tidligere versjon av notatet er markert med kursiv.

2 Planer

Prosjektet er nå inne i en forprosjekteringsfase, der det vurderes ulike alternativer for utbygging innenfor planområdet.

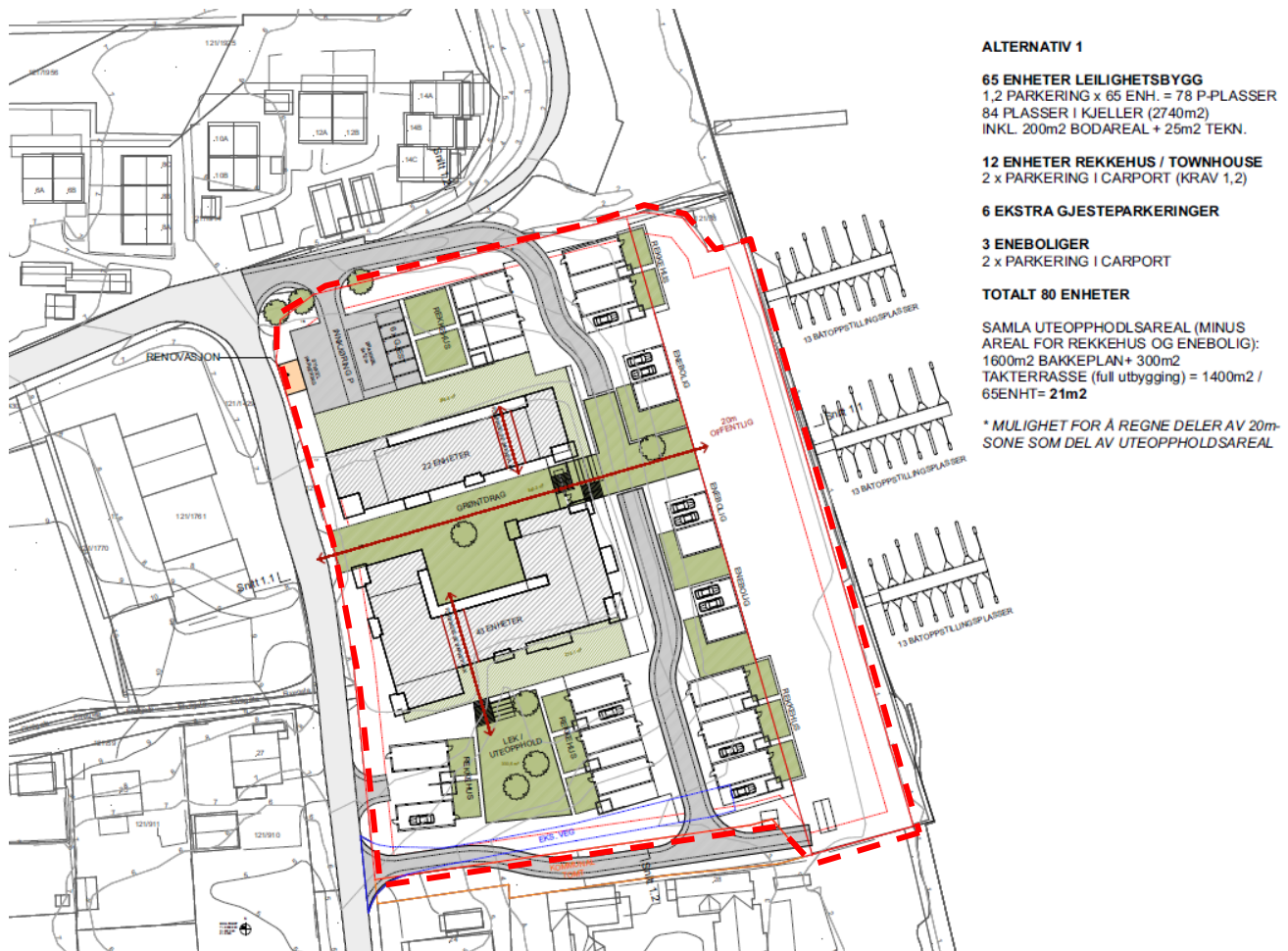
Figur 2.1 t.o.m. 2.4 på de etterfølgende sidene viser utsnitt av sist mottatte planer. Tegningene er også vist i vedlegg 1.

Det planlegges leilighetsbygg med parkeringskjeller innenfor den midtre og vestre delen av området og lettere rekkehusbebyggelse i hhv. nord, sør og øst.

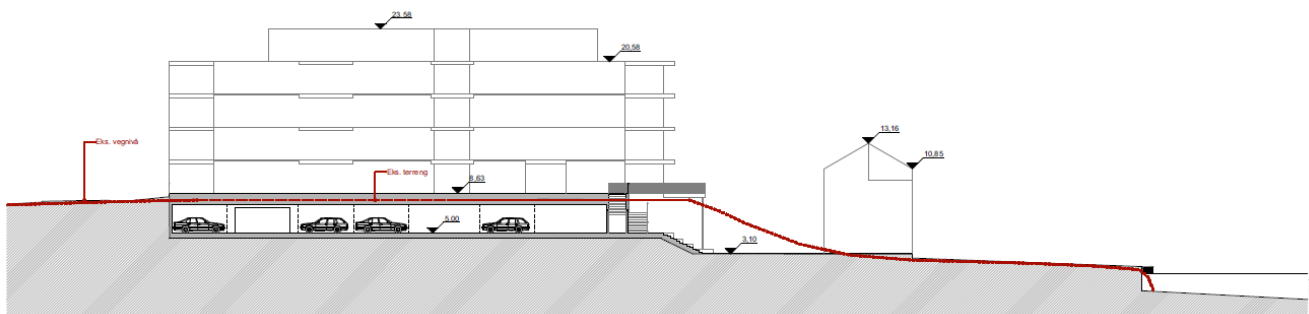
Nybyggene planlegges direktefundamentert under kompenserte forhold. Dette både pga. risiko for setninger, samt for å ivareta stabiliteten ned mot elva. *I elvekanten skal det være en uberørt sone på ca. 20 m der det planlegges park, en kommunal G/S-veg og bryggekonstruksjon mot elva. På figur 2.1 er avgrensning av utbyggingsområdet markert med rød stiplet linje.*

Vi har forstått at terrenget for utomhusarealer enten skal senkes eller beholdes i nivå med dagens terreng. Dvs. det planlegges ingen terrengheving innenfor planområdet.

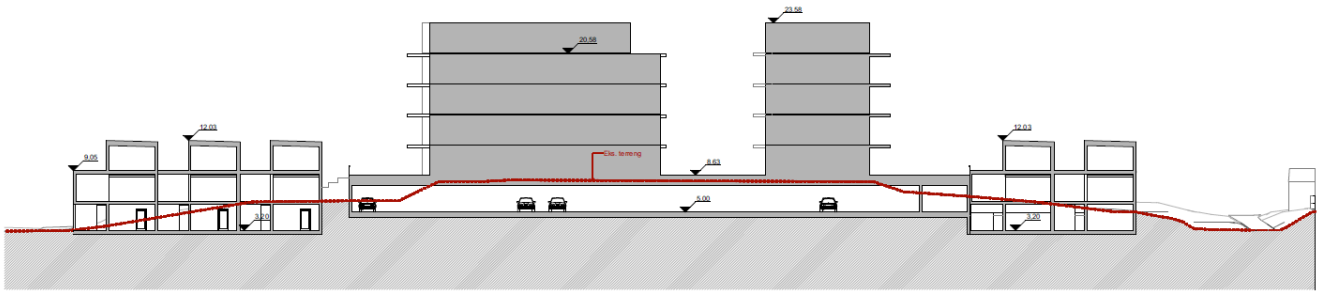
Langs elva planlegges en bryggeløsning med flytebrygger ut i elva, som skal forankres til betonglodder plassert på elvebunnen.



Figur 2.1. Plantegning, utarbeidet av Feste Sør AS, utsnitt av vedlegg 1.



Figur 2.2. Snittegning snitt 1.1 (retning øst-vest), utsnitt av vedlegg 1.



Figur 2.3. Snittegning snitt 1.2 (retning nord-sør), utsnitt av vedlegg 1.



Figur 2.4. Perspektivtegning, utsnitt av vedlegg 1.

3 Grunnforhold

3.1 Grunnforhold og utførte grunnundersøkelser

Tegning -502 t.o.m. -504 viser sammenstilling av utførte grunnundersøkelser i området, der det også er gitt en beskrivelse av kartlagte lag med sprøbruddmaterialer/kvikkleire fra utførte prøveserier langs elva.

Grunnforhold innenfor utbyggingsområdet

Det er utført grunnundersøkelser innenfor *utbyggingsområdet* i flere omganger, først i september 2016 og supplerende undersøkelser i mai 2022. Nærmere beskrivelse og opptegning at utførte grunnundersøkelser fremgår av geoteknisk datarapport [3].

Grunnundersøkelsene innenfor *utbyggingsområdet* viser dybder til antatt berg varierende mellom ca. 17 – 26 m. De supplerende boringene innenfor fundamenteringsarealene til planlagte nybygg er utført med ca. 2 m innboring i antatt berg, mens de øvrige boringene i hovedsak er utført til stopp mot antatt berg med enkelte boringer utført til stopp i løsmasser.

Løsmassene består øverst av fyllmasser/sand/silt med ned til dybder varierende mellom ca. 2 – 4 m. Derunder er det generelt et lag bestående av antatt bløt til middels fast leire ned til dybder varierende mellom ca. 13 – 20 m. Leirlaget har varierende innhold og sjikt/lag av sand/silt.

Innenfor den midtre og vestre delen av *utbyggingsområdet* er leirlaget tolket som sprøbruddmaterialer/kvikkleire. Undersøkelsene i elvekanten indikerer mer siltige masser og flere innskutte sand/siltlag med antatt sprøbruddmaterialer/kvikkleire i tynnere lag/partier. Videre i dybden viser de fleste boringene overgang til fastere og antatt mer siltige/sandige masser over antatt berg.

Elektriske piezometere er installert på hhv. 6 og 13 m dybde i to borpunkter. De dypeste piezometerne viser artesiske poretrykksforhold tilsvarende stighøyde over terrengnivå, mens de grunneste piezometerne viser poretrykk tilsvarende stighøyde under terrengnivå. Vannstrøm fra artesisk poretrykk ble videre registrert i 4 borpunkter. Borhullene ble tettet med trestaur og bentonitt. Det registrerte artesiske trykket er antatt å komme fra det dypereliggende sand-/siltlaget.

Grunnforhold sør for utbyggingsområdet

Sør for *utbyggingsområdet* har vi tidligere utført grunnundersøkelser ved barnehagen på plassen 8 [5]. Multiconsult AS har videre utført grunnundersøkelser langs elva [6] og lengere oppe mot Vestheimvegen [15]. Disse grunnundersøkelsene har ikke påvist kvikkleire/sprøbruddmaterialer, men det er ved barnehagen registrert tilsvarende artesisk overtrykk, som registrert på Elvegata.

Grunnforhold nord for utbyggingsområdet

Nord for *utbyggingsområdet* har Statens vegvesen utført grunnundersøkelser ifm. vurdering av brukryssing over elva [16].

Scandiaconsult har videre utført grunnundersøkelser langs Skienselva, både nord og sør for *utbyggingsområdet* [11].

Ved Pors Stadion har NGI utført grunnundersøkelser [18].

Grunnundersøkelser utført av tidligere Noteby AS nord for Pors Stadion er videre presentert i NGI rapport [12].

Nord for *utbyggingsområdet* består grunnforholdene langs elva generelt av et topplag av sand/silt over antatt siltig leire (stedvis klassifisert som sprøbruddmateriale/kvikkleire) med varierende innhold og lag av sand. Prøveserier langs elva viser i al hovedsak sprøbruddmaterialer/kvikkleire med varierende mektighet og sensitivitet. Videre i dybden er det et antatt sandlag.

3.2 Kartlegging av elvebunnen i 2002, 2006 og 2022.

I 2002 ble det ifm. grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger langs Skienselva [11] og [12] utført kartlegging av elvebunnen [13]. Dette avdekket pågående erosjon langs kvikkleiresonene «Tollnes» og nordre del av «Stadion», nærmere beskrevet i NGI rapport [12].

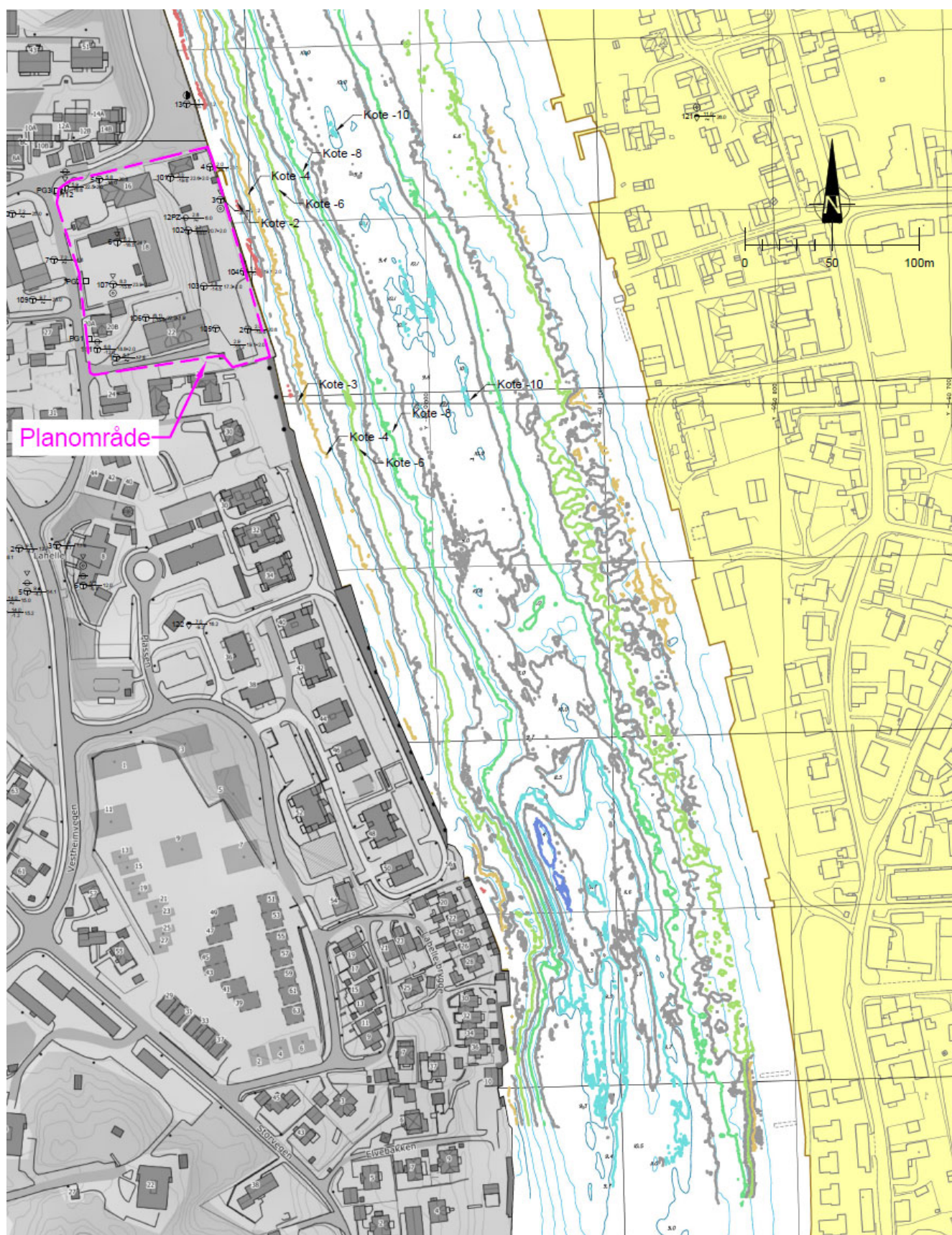
I 2006 ble det etter utførelse av motfylling/erosjonssikring i elva utført en ny dybdekartlegging [14].

I august 2022 er det ifm. pågående oppdrag utført ny kartlegging av elvebunnen i en strekning ca. 500 oppstrøms *utbyggingsområdet* og ned til ca. 500 m nedstrøms *utbyggingsområdet*. Kartlegging av utført av Telemark SeaWorx.

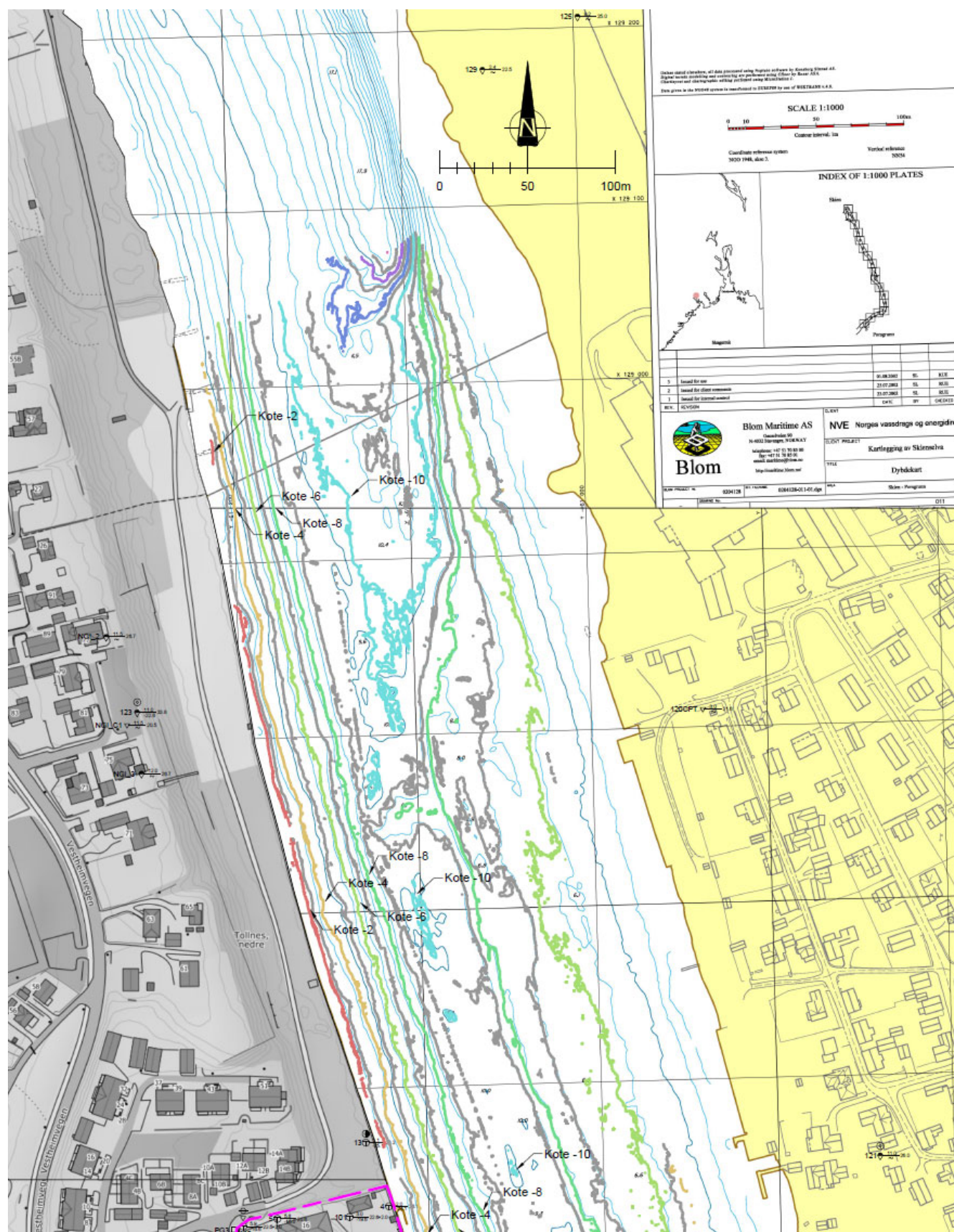
Figur 3.1 og 3.2 viser sammenstilling av tidligere og ny kartlegging av elvebunnen. Nye dybdekoter er vist med tykke streker, påtegnet tidligere kartlegging fra 2002. Det bemerkes at nye koter fra 2022 er innmålt i høydesystem NN2000, mens tidligere koter fra 2002 er innmålt i høydesystem NN54.

Ut fra vår vurdering er det ikke indikasjon av pågående erosjon i elva. Dette bekreftes av utførte befaringer i områder i perioder 2016 – 2022.

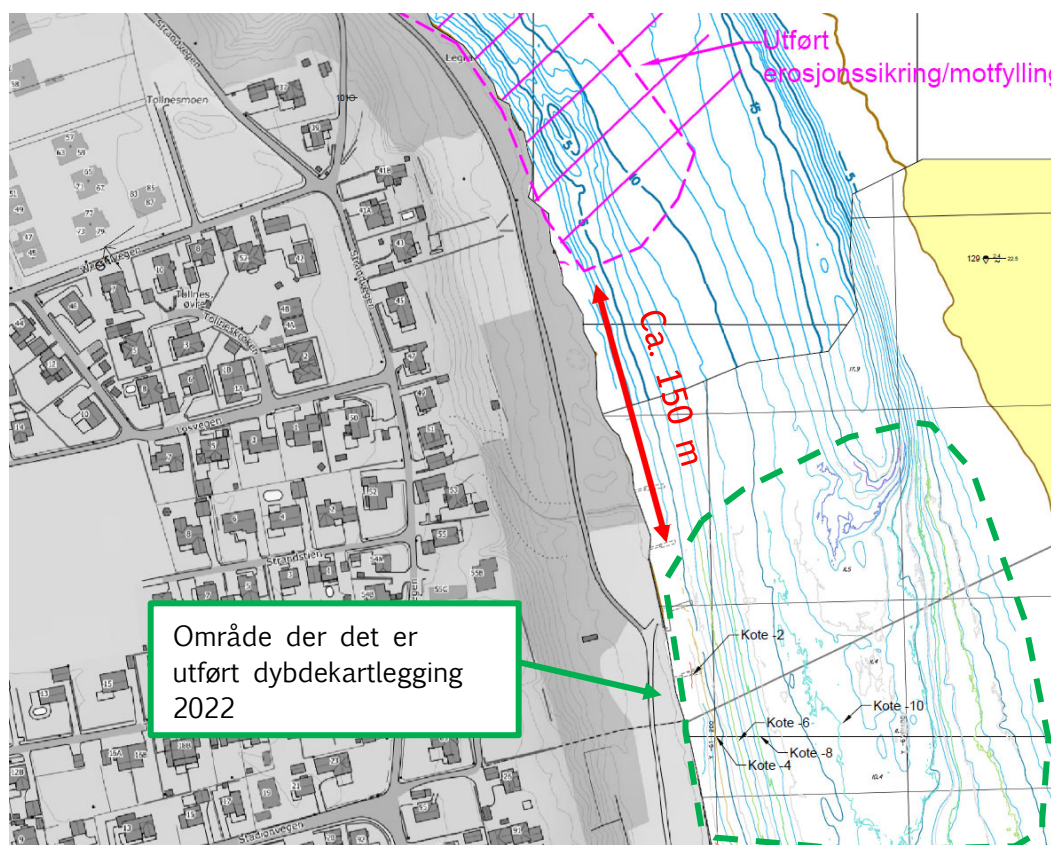
Figur 3.3 viser videre kart for området i nord, der det er en strekning på ca. 150 m fra området det ble utført dybdekartlegging i 2022 og frem til start av erosjonssikring/motfylling lenger oppstrøms. Det er ikke noe som tyder på pågående erosjon langs denne strekningen. Det er videre grunn vanndybde i elvekanten og slak helning utover i elva. Utførte stabilitetsberegninger viser god stabilitet i dette området med $F > 1,4$. Evt. pågående erosjon for denne strekningen vurderes dermed ikke å kunne medføre fare for områdeskred.



Figur 3.1. Sammenstilling tidligere og ny kartlegging av elvebunnen, søndre del (utsnitt av tegning -500).



Figur 3.2. Sammenstilling tidligere og ny kartlegging av elvebunnen, nordre del (utsnitt av tegning -501).



Figur 3.3. Område oppstrøms dybdekartlegging 2022 og nedstrøms erosjonssikring.

4 Utredning områdestabilitet

Områdestabiliteten er utredet iht. NVE veileder 1/2019 [2]. Denne oppfylder krav om sikker byggegrunn iht. områdestabilitet (skredfare) i plan- og bygningsloven (PBL) og forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17).

Tabell 1 oppsummerer utført utredning med utgangspunkt i prosedyre angitt i NVE veileder 1/2019. Utfyllende forklaring for aktuelle punkter er gitt i avsnittene nedenfor tabellen.

Tabell 1. Utredning av områdestabiliteten med utgangspunkt i prosedyre i NVE veileder 1/2019.

	Steg	Overskrift i NVE veileder 1/2019	Vurdering
Del 1:	1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området.	Utbyggingsområdet ligger innenfor den kartlagt kvikkleiresonen «Elvegata» med sone nr. 2037. Denne sonen ble klassifisert i faregradsklasse «middels» og konsekvensklasse «meget alvorlig» og er kartlagt i forbindelse med vår utredning av områdestabiliteten i 2017 [1]. Kart fra NVE atlas med kartlagte kvikkleiresoner i området er vist i avsnitt 4.1 nedenfor tabellen.

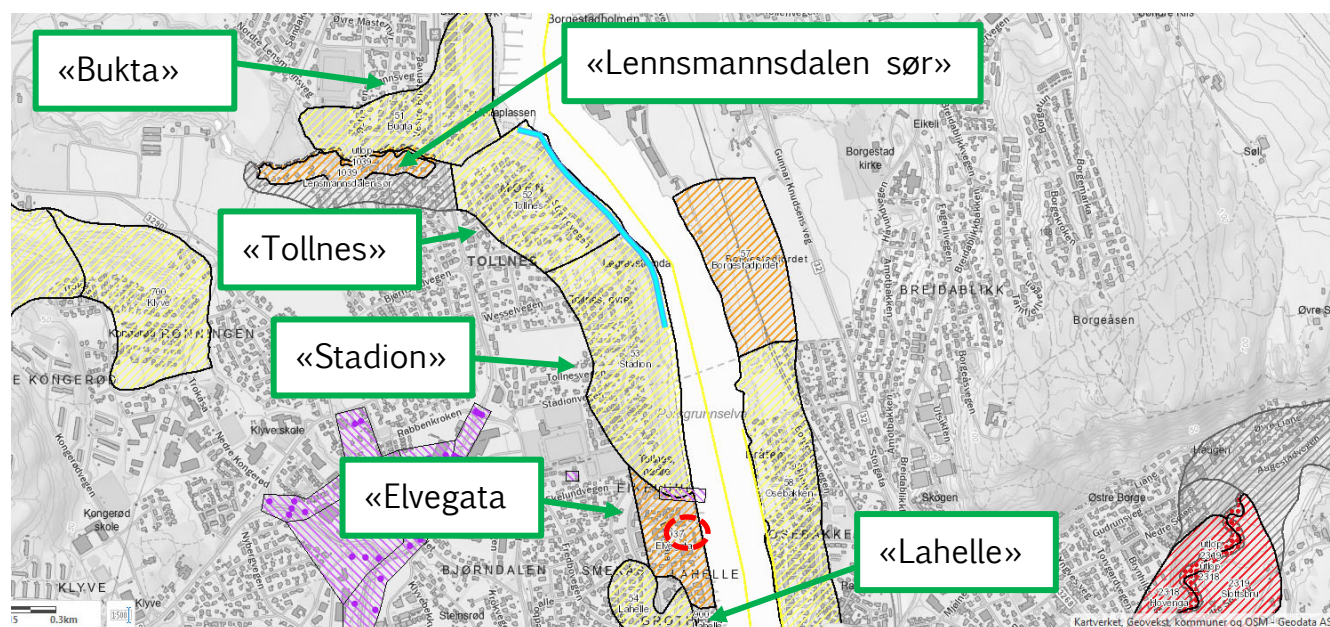
	<i>Steg</i>	<i>Overskrift i NVE veileder 1/2019</i>	<i>Vurdering</i>
<i>Del 2: Utredning av faresoner</i>	2	<i>Avgrens områder med mulig marin leire.</i>	Ikke vurdert - området ligger allerede innenfor en kartlagt kvikkleiresone.
	3	<i>Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.</i>	Ikke vurdert - området ligger allerede innenfor en kartlagt kvikkleiresone.
	4	<i>Bestem tiltakskategori.</i>	Det planlegges å oppføre leilighetsbygg i flere etasjer med tilhørende parkeringskjeller og rekkehus. Tiltaket plasseres i tiltakskategori K4 iht. NVE veileder 1/2019.
	5	<i>Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger, samt mulige løsne- og utløpsområder.</i>	Grunnundersøkelsene viser forekomst av kvikkleire/sprøbruddmaterialer i et sammenhengende lag innenfor <i>utbyggingsområdet</i> og langs elva med antatt utstrekning både nord og sør for <i>utbyggingsområdet</i>. Basert på grunnundersøkelsene kan det ikke utelukkes at et evt. områdeskred nord eller sør for <i>utbyggingsområdet</i> langs elva kan påvirke <i>utbyggingsområdet</i>. Aktuelle løsneområder langs elva som kan påvirke <i>utbyggingsområdet</i> vurderes å være omfattet av de kartlagt kvikkleiresonene «Elvegata», «Stadion» og «Lahelle». Nærmere vurdering av dette gis i de etterfølgende punktene. Den øverste delen av kvikkleiresonen «Lahelle» ligger i det stigende terrenget sørvest for <i>utbyggingsområdet</i>, og sonen har derfor utløpsområde i retning mot <i>utbyggingsområdet</i>. Dette er vurdert nærmere under punkt 8. Ut fra topografien ligger ikke <i>utbyggingsområdet</i> innenfor andre potensielle utløpsområder til skred som måtte utløses høyere i terrenget.
	6	<i>Befaring.</i>	Den 06.07.2022 ble det utført befaring i området med formål å vurdere aktuelle vanndybder og erosjonsforhold i elvekanten. Bilder fra befaringen er vist i vedlegg 4. Det ble ikke registrert pågående erosjon langs elvekanten eller indikasjon av noen utvikling sammenlignet med registrerte forhold fra 2016-2017. Dette bekreftes videre av ny dybdekartlegging utført av Telemark SeaWorx i 2022 (figur 3.1 og 3.2 i kap. 3), som ikke indikerer noen endringer ift. tidligere utført dybdekartlegging fra 2002.
	7	<i>Gjennomfør grunnundersøkelser.</i>	Resultatene fra grunnundersøkelsene er oppsummert i kap. 3.

	<i>Steg</i>	<i>Overskrift i NVE veileder 1/2019</i>	<i>Vurdering</i>
	8	<i>Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løсне- og utløpsområder.</i>	Sonegrensene mellom eksisterende soner «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes» er gjennomgått. De tre sonene er nå slått sammen til en stor sone, navngitt «Tollnes», som denne sonen opprinnelig het. Den sammenslåtte sonen er i det følgende referert til som nye «Tollnes». Sonen nye «Tollnes» vurderes å omfatte hele det løснеområdet, der et mulig områdeskred kan påvirke <i>utbyggingsområdet</i> på Elvegata. Nærmere gjennomgang knyttet til avgrensning av løśnieområdet for nye «Tollnes» er gitt i delkapittel 4.2 nedenfor. Ved et mulig områdeskred i kvikkleiresonen nye «Tollnes» vil skredmasser kunne ha utløp i Skienselva. Da massene er lett eroderbare (høyt innhold av sand/silt), vil de bli transportert med elvevannet slik at det ikke er fare for oppdemming av elva. Dette er i samsvar med et historisk stort ras i «Raset» industriområde i Skien på 1880 tallet. Alle rasmasser ble fortløpende transportert bort av strømmende vann under skredaktivitet som varte over flere uker. Avgrensning av utløpsområder langs vassdrag er forbundet med stor usikkerhet og det er derfor ikke tegnet opp et utløpsområde. Den nordre delen av kvikkleiresonen «Lahelle» har utløpsområde i retning mot <i>utbyggingsområdet</i>. Basert på utførte grunnundersøkelser i [5] vurderes det som lite sannsynlig at et potensielt skred i den nordre delen av sonen kan påvirke <i>utbyggingsområdet</i>, da utførte grunnundersøkelser bare viser tynne sjikt med sprøbruddmaterialer. Det er videre utført stabilitetsberegninger, som viser tilfredsstillende stabilitet i den aktuelle skråningen. Se nærmere gjennomgang i delkapittel 4.2.3.
	9	<i>Klassifiser faresoner.</i>	Det er gjort en revidert klassifisering av kvikkleiresonen nye «Tollnes» i totalt tre utvalgte kritiske profiler innenfor sonen. <i>Profil A-A gjennom utbyggingsområdet er for dagens situasjon klassifisert i «middels» faregradsklasse, mens profil G-G og G1-G1 lenger oppstrøms er klassifisert i «lav» faregradsklasse.</i>

	<i>Steg</i>	<i>Overskrift i NVE veileder 1/2019</i>	<i>Vurdering</i>
			<i>For dagens situasjon må høyeste fragradsklasse legges til grunn for sonen nye «Tollnes», dvs. sonen må klassifiseres i «middels» faregradsklasse. Når planlagte sikringstiltak er utført kan sonen klassifiseres i «lav» faregradsklasse. Dette krever dokumentasjon av utførte tiltak innenfor utbyggingsområdet.</i> Nærmere gjennomgang fremgår av delkapittel 4.3 nedenfor.
	10	<i>Dokumenter tilfredsstillende sikkerhet.</i>	Gjennomgang av stabilitetsforholdene langs elva innenfor kvikkleiresonen nye «Tollnes» er oppsummert i delkapittel 4.4 nedenfor. Tidligere og nye utførte stabilitetsberegninger innenfor <i>utbyggingsområdet</i> viser tilfredsstillende sikkerhet for lange glideflater gjennom <i>utbyggingsområdet</i> og ned mot elva. For å ivareta områdestabiliteten for <i>utbyggingsområdet</i> må lokalstabiliteten sikres i elvekanten nedenfor <i>utbyggingsområdet</i>, eksempelvis med avlasting kombinert med erosjonssikret motfylling i elvekanten. Nord for <i>utbyggingsområdet</i> viser utførte stabilitetsberegninger $F > 1,2$ for utførte totalspenningsanalyser og $F > 1,25$ for utførte effektivspenningsanalyser. Da <i>utbyggingsområdet</i> ligger utenfor influensområdet til disse skråningene er dette tilfredsstillende sikkerhet. Utførte stabilitetsberegninger sør for <i>utbyggingsområdet</i> viser tilfredsstillende stabilitet i elvekanten $F > 1,2$ for utførte totalspenningsanalyser og $F > 1,25$ for utførte effektivspenningsanalyser. Oppsummert er det behov for stabiliserende tiltak i elvekanten nedenfor <i>utbyggingsområdet</i> og ellers tilfredsstillende sikkerhet innenfor sonen nye «Tollnes» for aktuelt prosjekt.
	11	<i>Meld inn faresoner og grunnundersøkelser.</i>	I tråd med anbefaling i NVE veileder 1/2019 anbefaler vi at sonen nye «Tollnes» meldes inn til NVE som en del av oppdraget. Nye utførte grunnundersøkelser anbefaler vi meldes inn til NADAG.

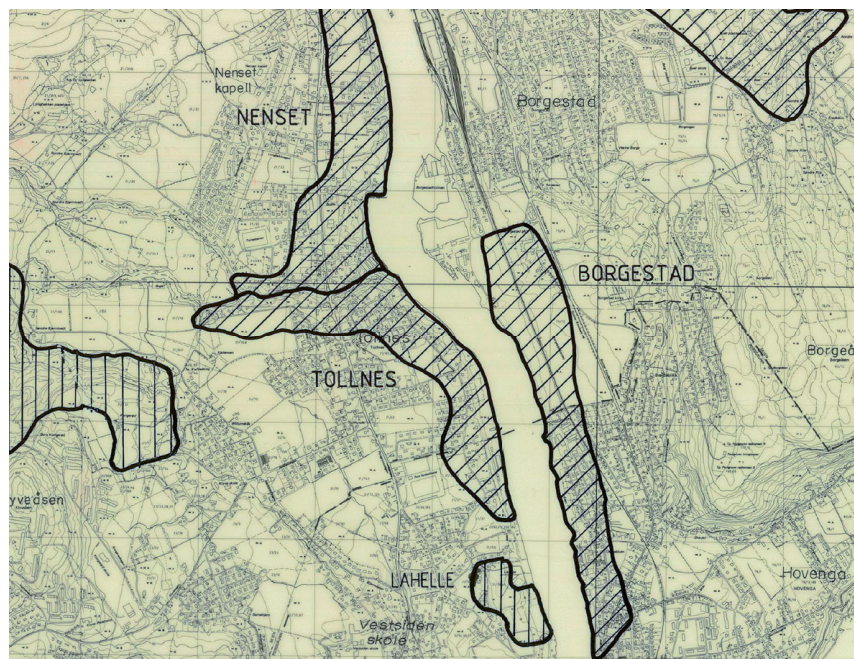
4.1 Punkt 1 – undersøk om det finnes registrerte kvikkleiresoner i området

Figur 4.1 nedenfor viser utsnitt fra NVE atlas med registrerte kvikkleiresoner i området, der *utbyggingsområdet* er markert omtrentlig med rød stiplet sirkel.



Figur 4.1. Utsnitt av NVE Atlas med kartlagte kvikkleiresoner i området <https://atlas.nve.no>.

Figur 4.2 nedenfor viser tidligere faresonekart fra 1996. Eksisterende soner «Stadion», «Tollnes» og «Lennsmannsdalen sør» var da en stor sone, navngitt «Tollnes».



Figur 4.2. Kart fra 1996 at tidligere kartlagte kvikkleiresoner i området [20].

Utbyggingsområdet ligger innenfor kvikkleiresonen «Elvegata» med sone nr. 2037. Sonen er klassifisert i faregradsklasse «middels» og konsekvensklasse «meget alvorlig» og er kartlagt i forbindelse med vår

utredning av områdestabiliteten i 2017 [1]. Sonen har etterfølgende blitt redusert mot sør på bakgrunn av tidligere utførte grunnundersøkelser i dette området [6].

Nord for *utbyggingsområdet* ligger det langs elva følgende registrerte kvikkleiresoner, som grenser til hverandre og «Elvegata» i sør:

- Kvikkleiresonen «Stadion» (nord for «Elvegata») med sone nr. 53, faregradsklasse «lav»
- Kvikkleiresonen «Tollnes» (nord for «Stadion») med sone nr. 52, faregradsklasse «lav»
- Kvikkleiresonen «Bukta» (nord for «Tollnes») med sone nr. 41, faregradsklasse «lav»

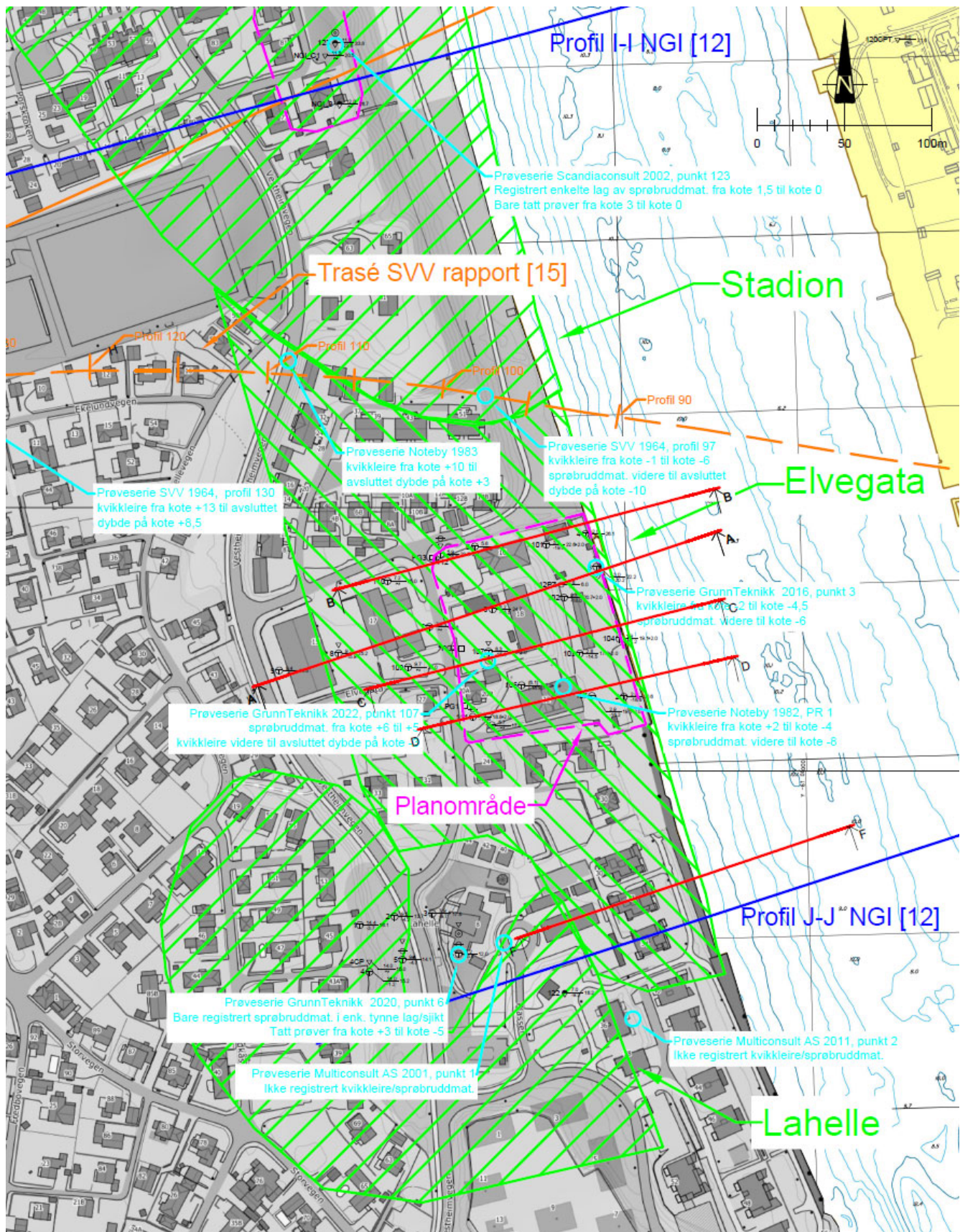
I sørvest grenser sonen «Elvegata» videre delvis til sonen «Lahelle» med sone nr. 54, klassifisert i faregradsklasse «lav». Tidligere lå sonen «Lahelle» helt ned mot elva. Denne delen av sonen har nå blitt fjernet pga. tidligere utførte grunnundersøkelser [6] og [15].

4.2 Punkt 8 – Avgrens løsne- og utløpsområder

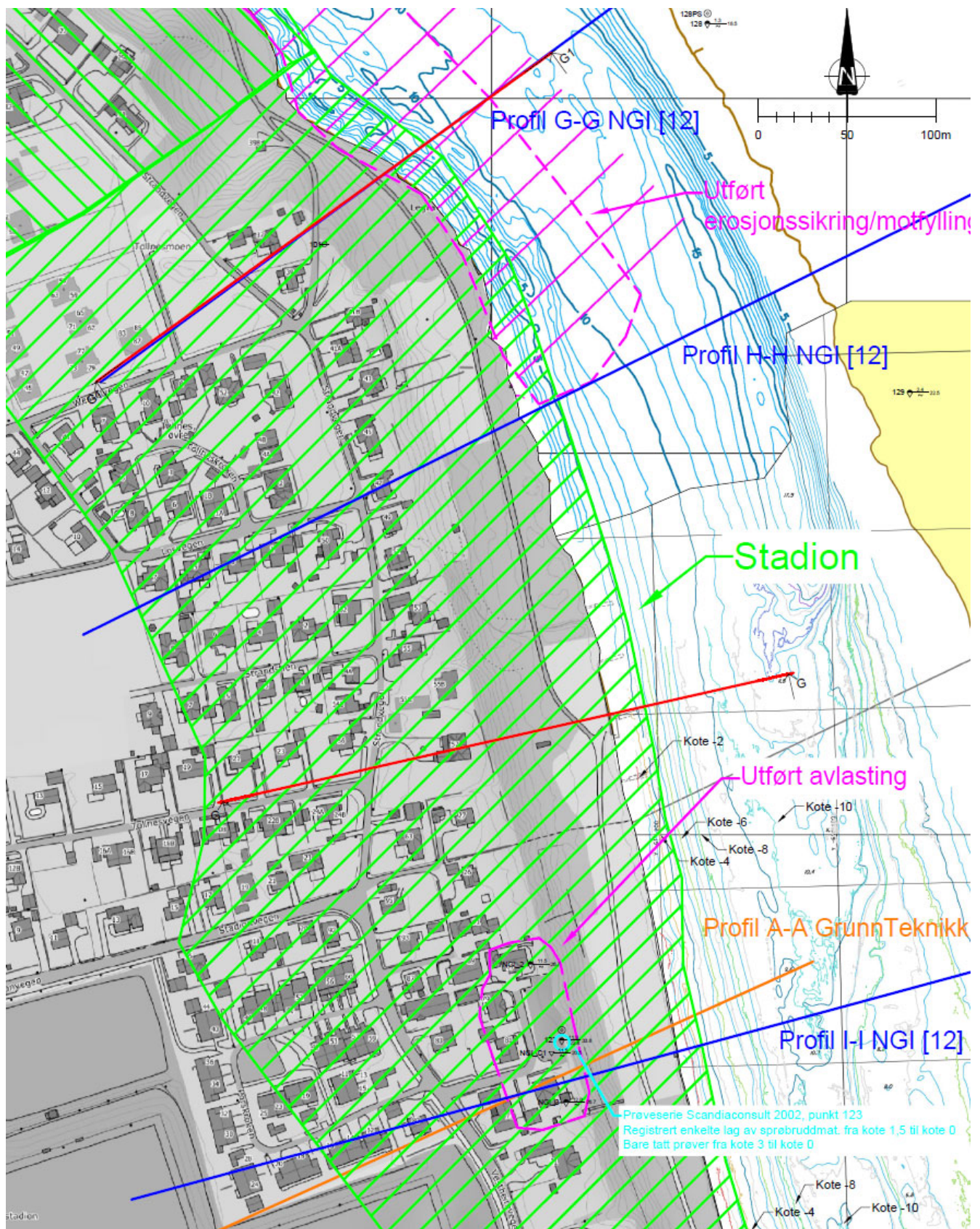
4.2.1 Gjennomgang av kvikkleiresoner langs elva

På figur 4.3 t.o.m. 4.5 nedenfor (utsnitt av tegning -502 t.o.m. -503) er det gitt en sammenstilling av følgende:

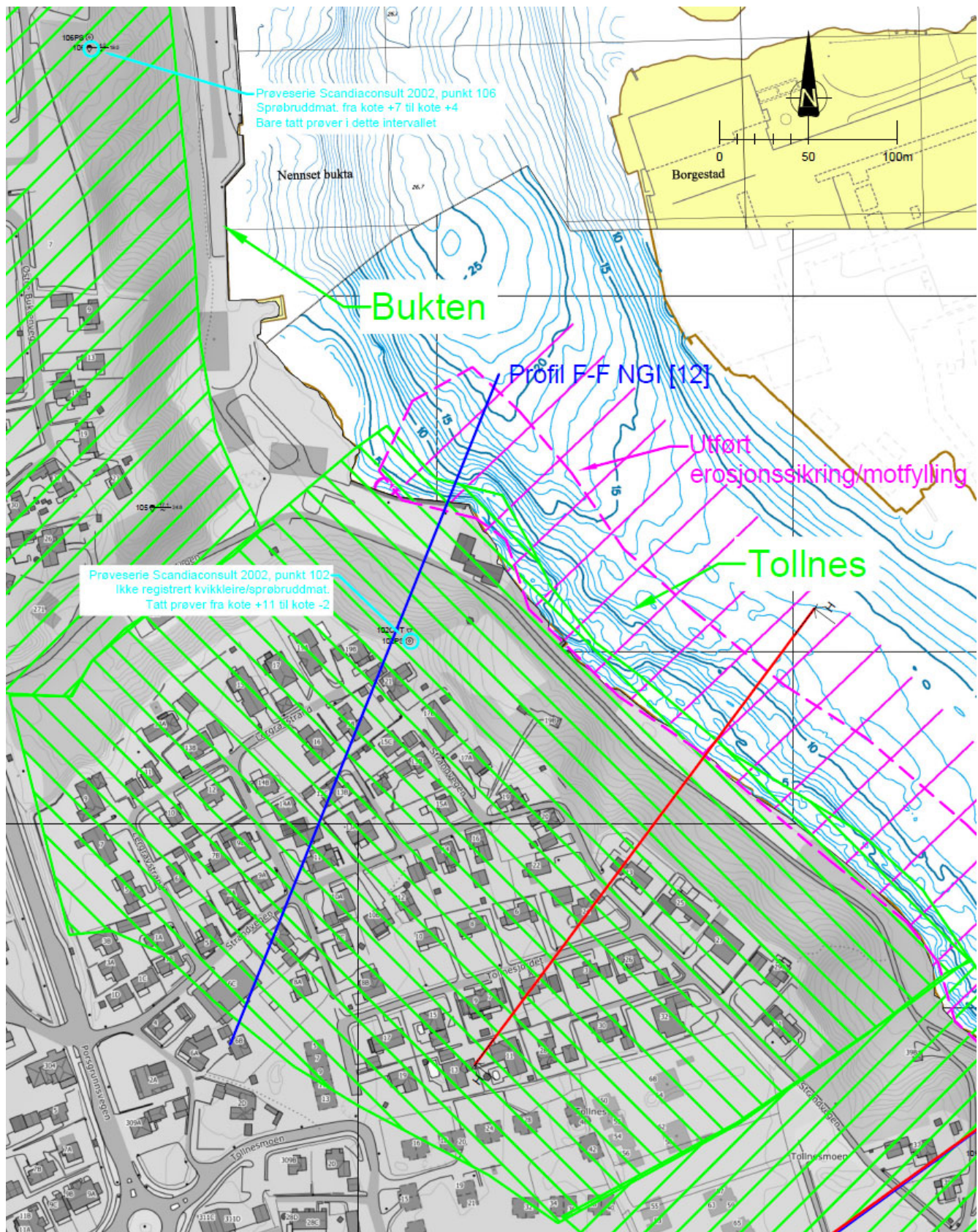
- Kvikkleiresonene «Lahelle», «Elvegata», «Tollnes» og «Bukta» i det aktuelle området (markert med grønt).
- Utførte grunnundersøkelser i området, der prøveserier innenfor kvikkleiresonene langs elva er markert og beskrevet (turkis sirkler).
- *Utbyggingsområdet* på Elvegata (markert med lilla omriss på figur 4.3).
- Tidligere undersøkt trasé fra Statens vegvesen rapport [16] (markert med oransje på figur 4.3).
- Følgende profiler er videre markert
 - Våre undersøkte profiler innenfor, nord og sør for *utbyggingsområdet* (markert med rødt på figurene)
 - Profiler fra NGI rapport [12] (markert med blått)
 - Beregningsprofil med Pors Stadion fra [7] (markert med oransje på figur 4.4)
- Utført avlasting ved Pors Stadion, nærmere beskrevet i [7] (markert med lilla på figur 4.4)
- Utført erosjonssikring og motfylling langs sonene «Stadion» og «Tollnes» (markert med lilla på figur 4.4 og 4.5).



Figur 4.3. Kvikkleiresoner langs elva, søndre del (utsnitt av tegning -502).



Figur 4.4. Kvikkleiresoner langs elva, søndre del (utsnitt av tegning -503).



Figur 4.5. Kvikkleiresoner langs elva, søndre del (utsnitt av tegning -504).

I det følgende er det gitt en gjennomgang av eksisterende sonegrenser langs elva for å vurdere mulig sideveis skredutbredelse på tvers av eksisterende sonegrenser.

Søndre og sørvestre sonegrense for «Elvegata»

Grensen i sør og sørvest er basert på tidligere utført grunnundersøkelser fra [6] og [15]. Undersøkelsene dokumenterer at det ikke er kvikkleire/sprøbruddmaterialer i dette området og vurderes som tilstrekkelig grunnlag for å opprettholde sonegrensen i sør og sørvest.

Lahelle sonen var også tidligere tegnet helt ned til elva, men er nå også fjernet pga. undersøkelsene i disse området ikke viser kvikkleire.

Sonegrense mellom «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes» sonene

I sonegrensen mellom «Elvegata» og «Stadion» er det et lavereliggende platå, som gjør det lite sannsynlig at et mulig skred lenger oppstrøms eller nedstrøms kan spre seg sideveis over dette området. Dette er også nevnt som grunnen til at den opprinnelige «Tollnes» sonen (nåværende «Stadion») ble avgrenset mot sør her [20].

Etter detaljert gjennomgang med uavhengig kontroller har vi ikke funnet dokumentasjon som kan utelukke at et mulig skred kan forplante noe over dette området og har derfor valgt ikke å opprettholde sonegrensen her.

Eksisterende sonegrense mellom «Stadion» og «Tollnes» ligger i en gammel rasgrop, hvilket virker som en naturlig grense. Vi har ikke grunnundersøkelser som bekrefter at dette ikke er kvikkleire under rasgropen og har derfor valgt ikke å opprettholde sonegrensen her.

Sonegrense mellom «Tollnes» og «Bukta».

Langs med sonegrensen mellom de to sonene ligger terrenget betydelig lavere i en ravine langs vegen, som dermed skiller løsneområdet mellom sonene fra hverandre. Basert på topografien vurderes et mulig område skred i «Bukta» ikke å kunne påvirke «Tollnes» sonen eller sonene lenger nedstrøms.

I profil F-F fra [12] lengst sør i «Tollnes» er det videre utført prøveserie og CPTU, som ikke viser forekomst av kvikkleire på toppen av skråningen. Dette bekrefter også at sideveis skredutbredelse mellom «Bukta» og «Tollnes» er lite sannsynlig.

Utførte grunnundersøkelser innenfor «Bukta» viser videre at laget med sprøbruddmaterialer ligger over elvespeilet. Et mulig ras langs elva vurderes dermed heller ikke å kunne påvirke sonene lenger nedstrøms.

Sideveis skredutbredelse ift. utbyggingsområdet på Elvegata

Vi har forstått at «Stadion» tidligere ble avgrenset mot sør på bakgrunn av det lavereliggende platået i dette området. I en sone på ca. 80 m nord for *utbyggingsområdet* ligger terrenget med topp skråning på ca. kote +7 (sammenlignet med kote +8 innenfor *utbyggingsområdet* og kote ca. +12 lenger nord). Høydeforskjellen i elvekanten nord for *utbyggingsområdet* er videre ca. 1-2 m.

Ut fra en helhetsvurdering av topografien, registrerte grunnforhold og tidligere utførte stabilitetsberegninger i området, vurderes det som lite sannsynlig at et mulig skred nord for Pors Stadion (plassert ca. 300 m nord for *utbyggingsområdet*) kan påvirke *utbyggingsområdet* på Elvegata.

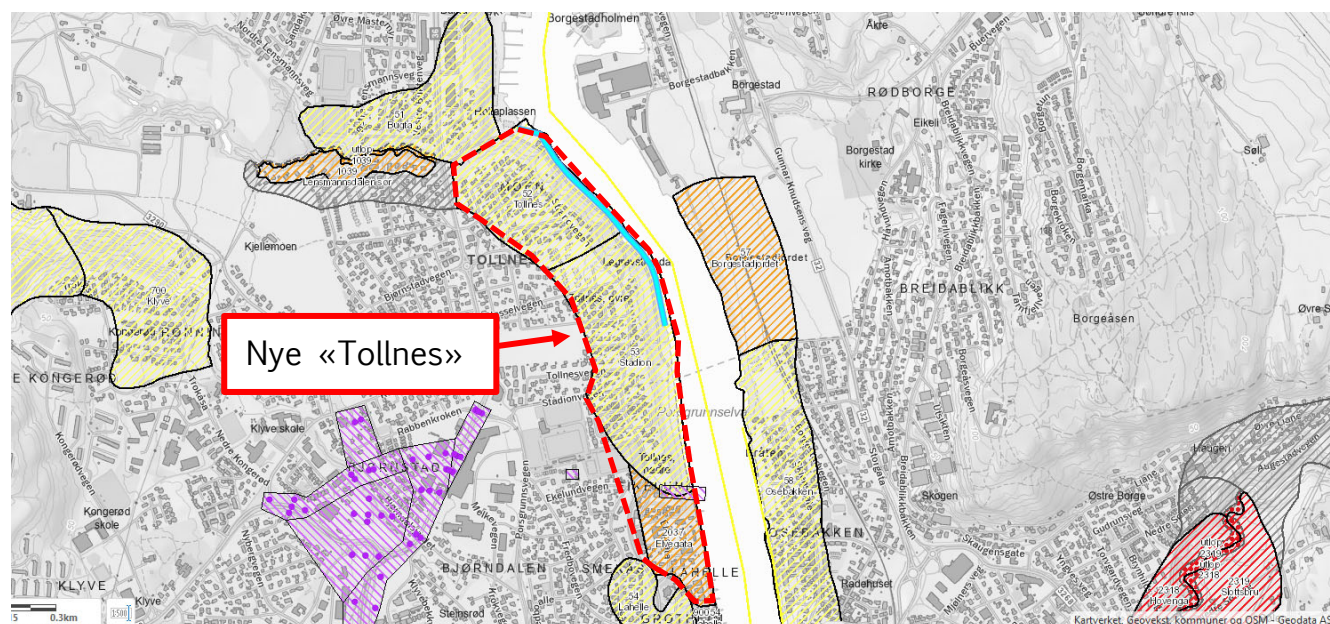
Det er allikevel gjort en vurdering av stabilitetsforholdene helt oppstrøms til nordre del av «Tollnes», nærmere oppsummert i delkapittel 4.4 (punkt 10).

4.2.2 Ny avgrensning av sonene «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes»

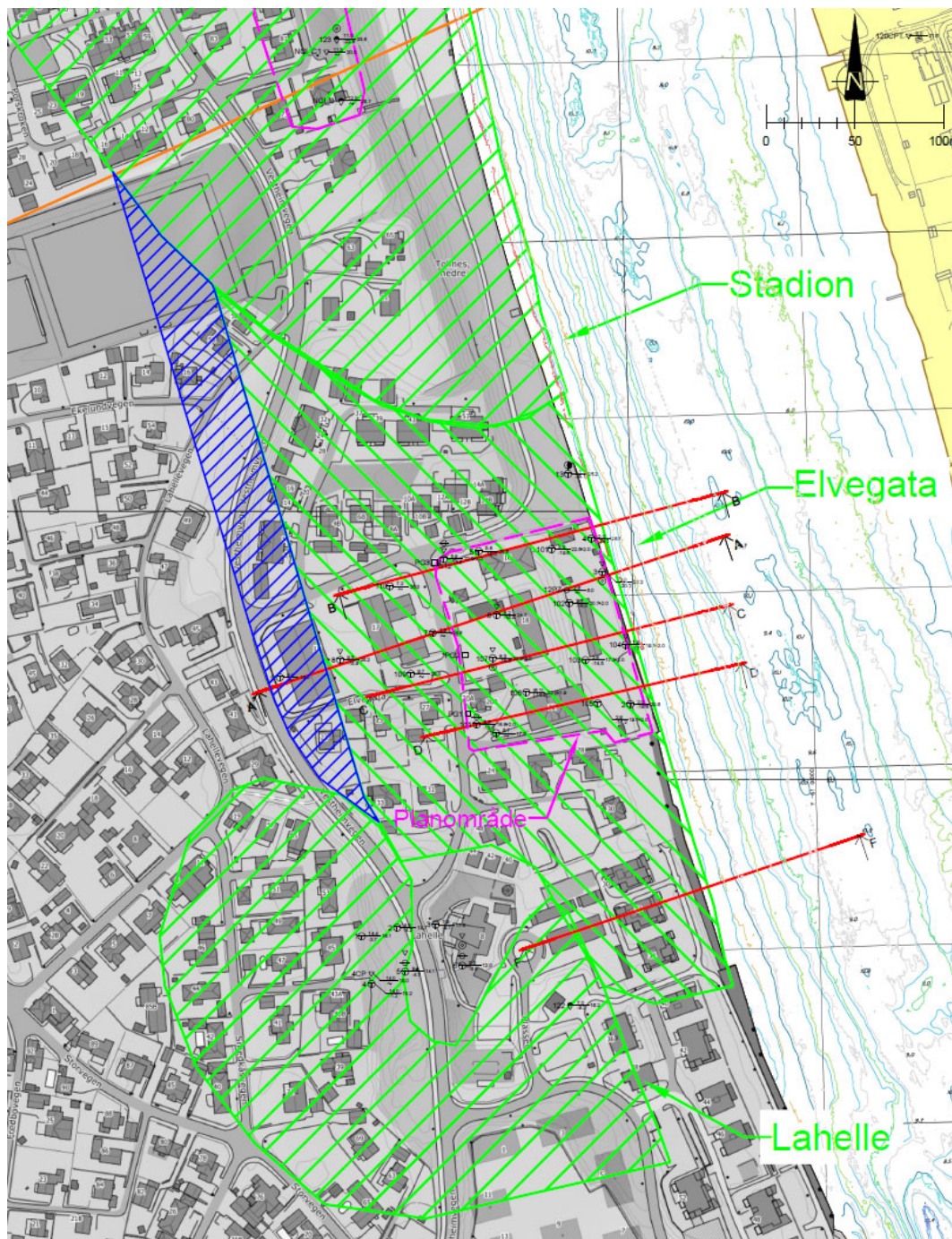
Ut fra vår gjennomgang av sonene «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes» anbefaler vi at de tre sonene slås sammen til en stor sone, markert med rød stiplet linje på figur 4.6 nedenfor. Vi anbefaler at sonen som tidligere i [20] navngis «Tollnes» på NVE atlas (betegnet som nye «Tollnes» i det følgende).

Vestre sonegrense langs eksisterende sone «Elvegata» er vurdert på nytt i tråd med merknad fra NGL kontrollnotat [21]. Dette er gjort iht. «NGL metoden», nærmere beskrevet i delkapittel 4.5.2 i NVE veileder 1/2019 [2]. Dette gir litt større sone ved Elvegata, som markert med blå stiplet omriss på figur 4.7.

Soneavgrensning mot vest er ikke vurdert på nytt for den øvrige delen av sonen, da det ikke har noe å si for byggeprosjektet på Elvegata.



Figur 4.6. Utsnitt av NVE Atlas med kartlagte kvikkleiresoner i området <https://atlas.nve.no>.



Figur 4.7. Utvidelse av sonen mot vest ved Elvegata.

4.2.3 Utløpsområde for kvikkleiresonen «Lahelle»

Slik kvikkleiresonen «Lahelle» er tegnet opp i dag, har sonen mulig utløpsområde i retning mot *utbyggingsområdet*. Opptegnet utløpsområde er illustrert med rødt på figur 4.8 nedenfor. Lengde av utløpsområdet er bestemt ut fra skredmekaniske «rotasjonsskred», vurdert ut fra aktuelle grunnforhold i området som beskrevet nedenfor.



Figur 4.8. Mulig utløpsområde for kvikkleiresonen «Lahelle».

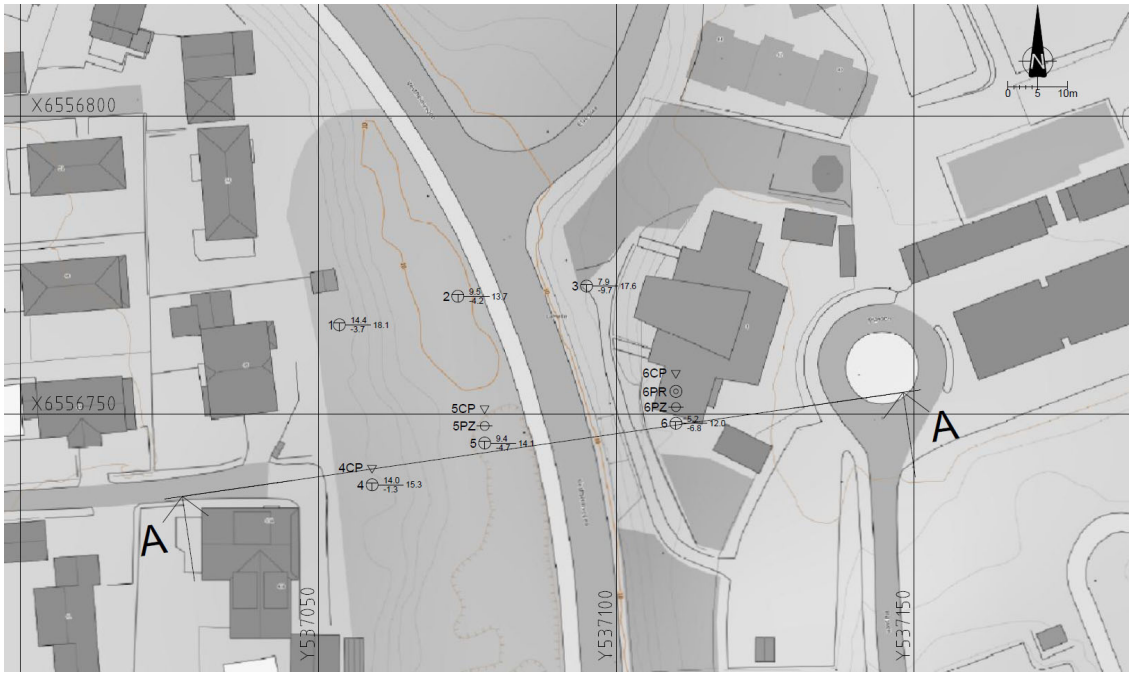
Det er tidligere utført grunnundersøkelser ifm. stabilitetsvurdering for barnehagen på Plassen 8 nærmere gjennomgått i [5]. Utførte grunnundersøkelser er vist på figur 4.8, samt på borplanen på figur 4.9 på neste side.

Grunnundersøkelsene viser et topplag av antatt sandige masser/fyllmasser med mektighet inntil 3,5 m. Derunder er det registrert antatt bløt til middels fast leirig silt/siltig leire med sandlag til 9 – 14 m dybde. Videre i dybden er det antatt sand til stopp mot antatt berg. Det er registrert dybde til antatt berg varierende mellom 12 – 18,1 m.

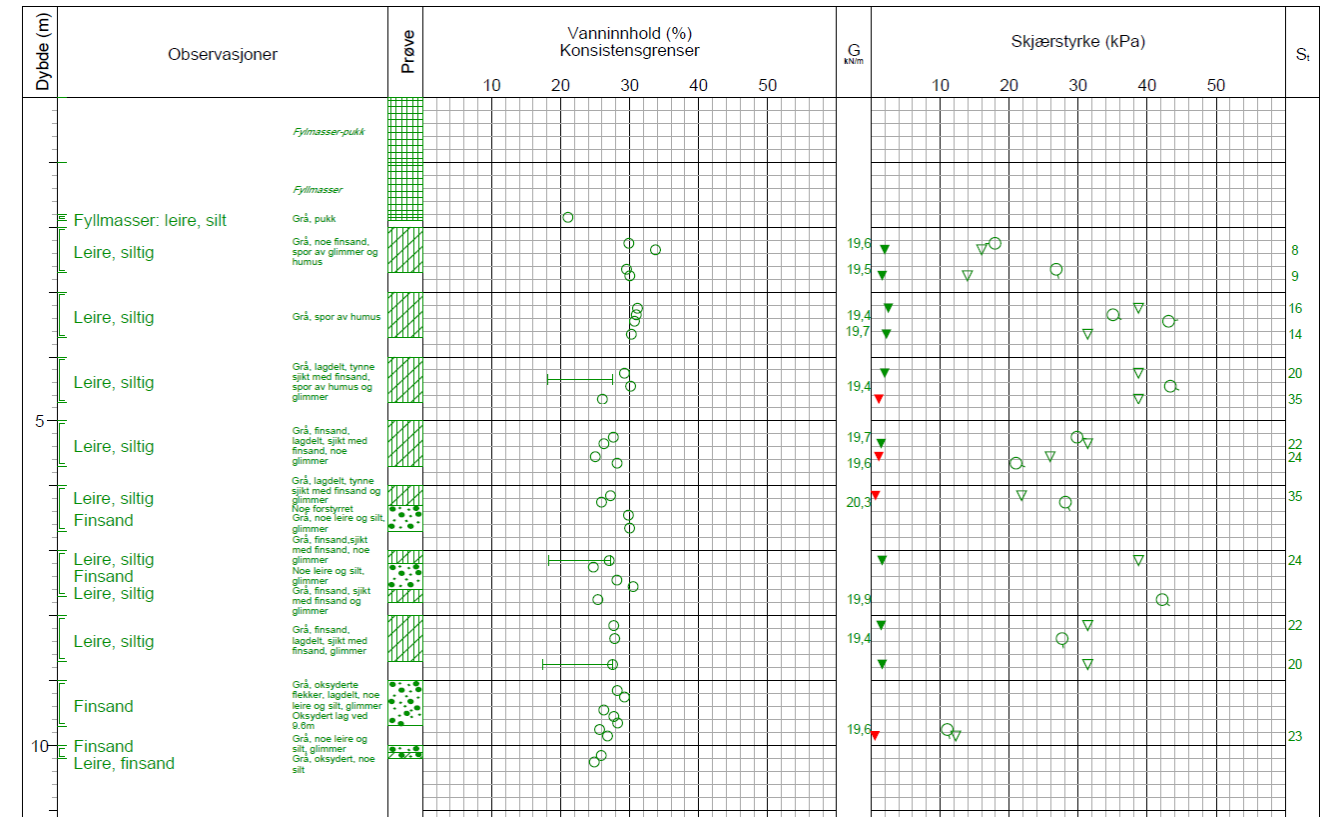
Figur 4.10 på neste side viser resultater fra utført prøveserie i borpunkt 6. Prøveserien viser kun sprøbruddmaterialer i tynne lag/sjikt og det er dermed ikke registrert noen sammenhengende lag med sprøbruddmaterialer/kvikkleire.

Basert på registrerte grunnforhold vurderes skredmekanisme som «rotasjonsskred». Det er dermed lite sannsynlig at et skred i den nordre delen av kvikkleiresonen «Lahelle» kan påvirke *utbyggingsområdet*.

Som en ekstra sikkerhet er det på de etterfølgende sidene gjort en vurdering av stabiliteten i kritisk profil for den nordre delen av «Lahelle» sonen.

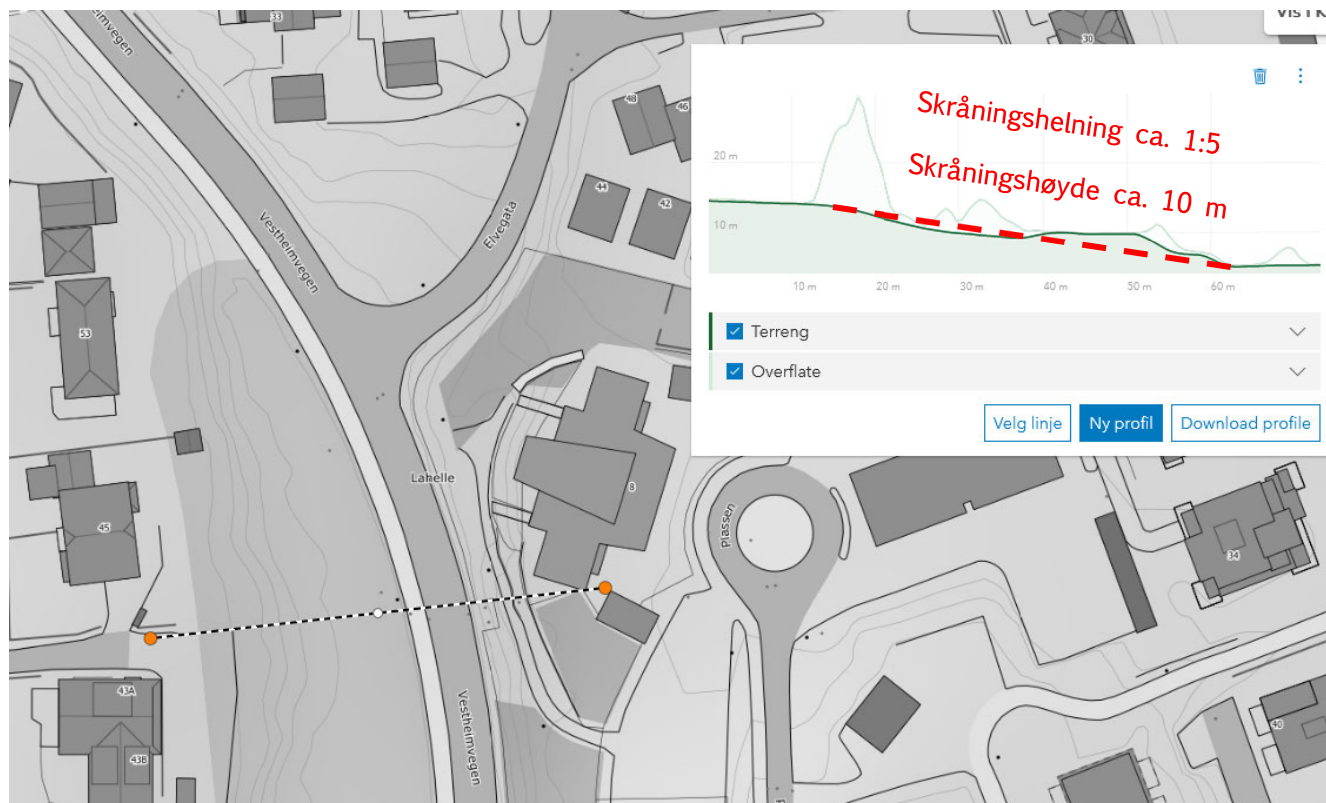


Figur 4.9. Utsnitt av borplan med utførte grunnundersøkelser ovenfor barnehagen [5].

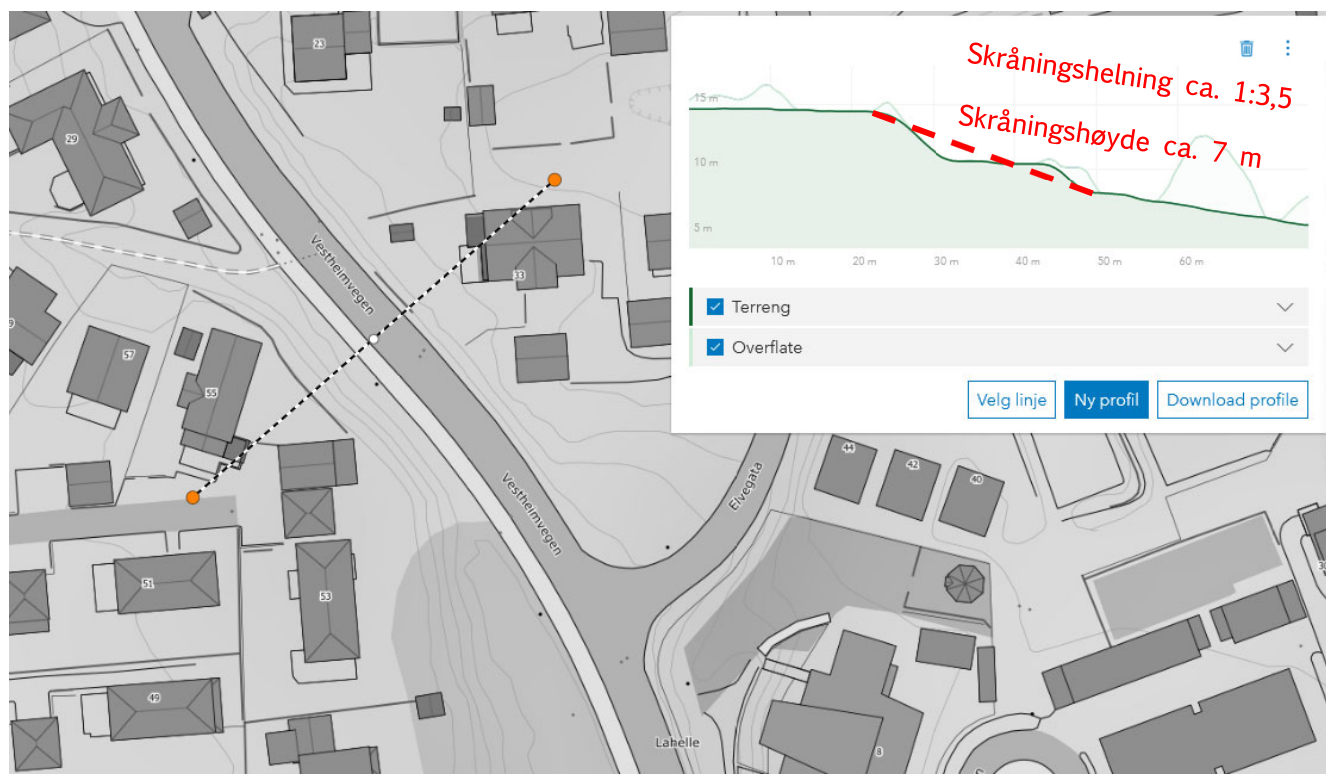


Figur 4.10. Utsnitt av prøveserie i borpunkt 6 [5].

Figur 4.11 og 4.12 nedenfor viser sammenstilling av terrengsnitt fra høydedata.



Figur 4.11. Profil fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/> tilsvarende profil A-A fra [5].



Figur 4.12. Profil fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/> kritisk profil nordre delen av «Lahelle» sonen.

Snittet vist på figur 4.11 samsvarer med profil A-A fra [5], mens snittet vist på figur 4.12 viser kritisk profil for nordre delen av «Lahelle» sonen.

Skråning ved barnehagen (figur 4.11) ligger med gjennomsnittlig helning ca. 1:5 og høyde ca. 10 m, mens skråningen for den nordre delen av «Lahelle» sonen (figur 4.12) ligger med gjennomsnittlig helning ca. 1:3,5 og høyde ca. 7 m.

Tidligere utførte stabilitetsberegninger for profil A-A (snitt på figur 4.11) viser god sikkerhet på ca. $F=1,5$. Kontrollberegning med Janbu direktemetoden, vist i vedlegg 3, viser enda bedre stabilitet for kritisk profil i nordre del av «Lahelle» sonen (snitt på figur 4.12) med sikkerhet på $F=1,7$.

Stabiliteten vurderes dermed som tilfredsstillende for kritisk profil i den nordre delen av «Lahelle» sonen, som har potensielt utløp i retning mot *utbyggingsområdet*.

4.3 Punkt 9 – klassifiser sonene

Det er gjort en ny klassifisering av kvikkleiresonen nye «Tollnes» med utgangspunkt i følgende valgte kritiske profiler:

- Profil A-A gjennom *utbyggingsområdet*, vist på tegning -502.
- Profil G-G plassert litt nord for Pors Stadion, vist på tegning -503. Dette profilet er representativt for området der det ikke er utført sikringstiltak hverken på land eller i elva.
- Profil G1-G1 plassert lenger nord for Pors Stadion (samsvarer med profil G-G i NGI rapport [13]), vist på tegning -504. Dette profilet er representativt for området i nord, der det er utført erosjonssikring/motfylling i elva.

Klassifisering av sonen er utført iht. [8]. Detaljer for klassifisering av de ulike tre profilene fremgår av vedlegg 2.

Siden tidligere klassifisering av sonen «Elvegata» (rev. 1 av notatet) er det nå gjort en grundig tolkning av CPTU sonderinger basert på gjeldende og oppdaterte korrelasjoner for bestemmelse og overkonsolideringsforhold (OCR), vist i beregningshefte [19]. Det er videre gjort mer detaljert vurdering av flere ulike punkter i klassifiseringen ift. tidligere.

Profil A-A gjennom utbyggingsområdet er for dagens situasjon klassifisert i «middels» faregradsklasse, mens profil G-G og G1-G1 lenger oppstrøms er klassifisert i «lav» faregradsklasse.

Dette samsvarer med tidligere faregradsklasse for de tre sonene «Elvegata», «Stadion» og «Tollnes».

Det er videre gjort en klassifisering i profil A-A for situasjon etter planlagt avlasting innenfor utbyggingsområdet, samt utførelse av sikringstiltak i elvefronten. For situasjon etter utførelse av sikringstiltakene fås faregradsklasse «lav».

For dagens situasjon faregradsklasse i mest kritisk snitt legges til grunn for sonen nye «Tollnes», dvs. «middels» faregradsklasse. Når planlagte sikringstiltak er utført innenfor utbyggingsområdet på Elvegata, kan sonen imidlertid klassifiseres i «lav» faregradsklasse. Dette vil kreve dokumentasjon av utførte tiltak.

4.4 Punkt 10 – dokumenter tilfredsstillende stabilitet

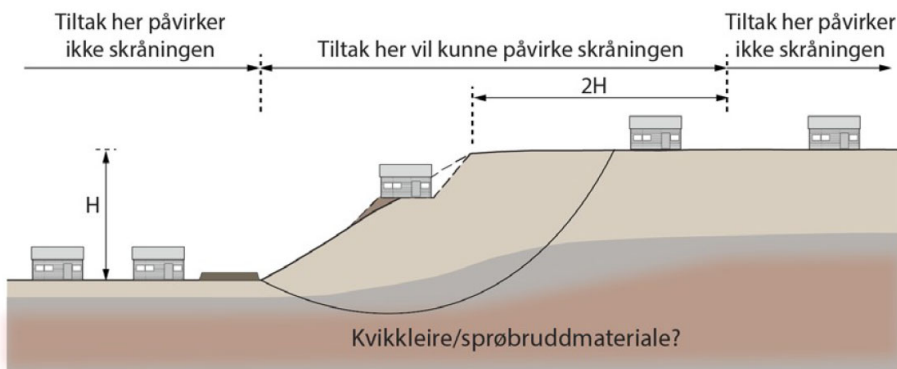
4.4.1 Krav til sikkerhet

Krav til sikkerhet innenfor kvikkleiresonen nye «Tollnes» er bestemt iht. NVE veileder 1/2019 [2].

Utbyggingsområdet på Elvegata er plassert under tiltakskategori K4 iht. veilederen. Dette medfører følgende krav til sikkerhetsfaktor:

- Tiltak som forverrer stabiliteten iht. dagens situasjon: $F=1,6$ for totalspenningsanalyser eller $F=1,25$ for effektivspenningsanalyser.
- Innenfor influensområdet for aktuelle skråninger gjelder:
 - Tiltak som ikke forverrer stabiliteten iht. dagens situasjon: $F=1,4$ for totalspenningsanalyser eller $F=1,25$ for effektivspenningsanalyser. Hvis krav til absolutt sikkerhetsfaktor ikke kan oppfylles åpnes det for bruk av prosentvis forbedring iht. veilederen.
- Utenfor influensområdet for aktuelle skråninger gjelder:
 - $F=1,2$ for totalspenningsanalyser og $F=1,25$ for effektivspenningsanalyser. Hvis krav til absolutt sikkerhetsfaktor ikke kan oppfylles åpnes det for bruk av prosentvis forbedring iht. veilederen.

Influensområdet er definert som 2 ganger skråningshøyden av aktuell skråning, som vist på figur 4.13.



Figur 4.13. Definisjon av influensområde, utsnitt av figur fra NVE veileder 1/2019.

Krav til prosentvis forbedring for sonen er fastsatt ut fra kurven «Forbedring» vist på figur 3.3 i veilederen (pga. faregradsklasse).

4.4.2 Stabilitetsforhold innenfor utbyggingsområdet

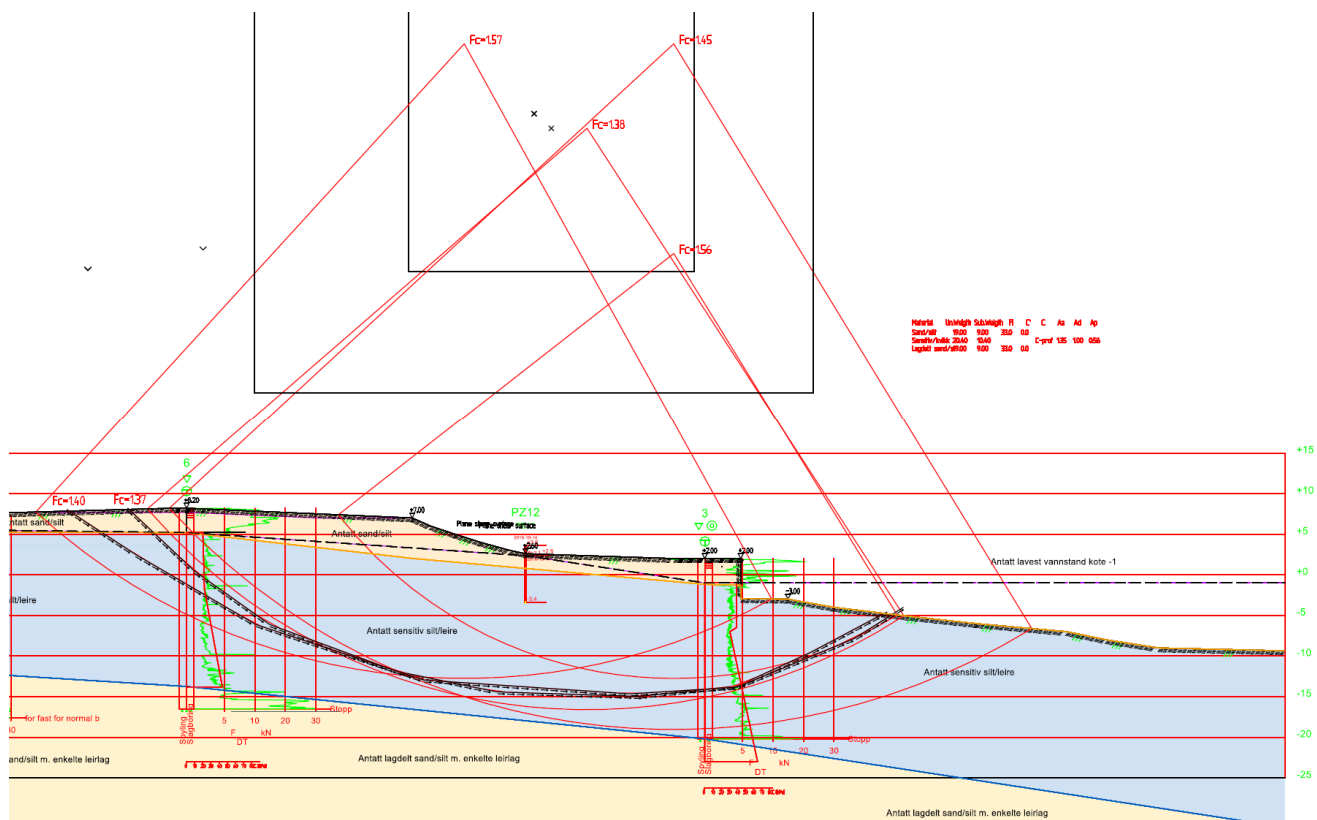
Ifm. tidligere utredning av områdestabiliteten [1] ble det utført stabilitetsberegninger i profil A-A, som er vurdert å være kritisk terrengprofil ned mot elva innenfor *utbyggingsområdet*. Plassering av profil A-A er vist på tegning -502.

Figur 4.14 viser resultater fra tidligere utført totalspenningsanalyse for dagens situasjon, fra beregningshefte [9]. Beregninger viser $F=1,38$ for kritisk glidesirkel. Beregningen er utført med reduksjon av styrkene i aktiv sone med 15% iht. tidligere gjeldende NVE veileder 7/2014.

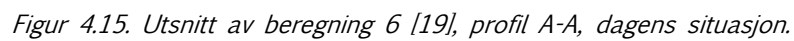
Iht. ny gjeldende NVE veileder 1/2019 [2] skal styrken i aktiv sone ikke lenger reduseres. Supplerende beregning uten reduksjon av styrkene i aktiv sone fra [19] er vist på figur 4.15, der kritisk glidesirkel nå viser tilfredsstillende sikkerhet på $F=1,46$ (tidligere $F=1,38$). Beregningen er stort sett utført med samme beregningsforutsetninger som figur 4.14, bortsett fra anisotropifaktor i aktiv sone, som nå ikke lenger er redusert med 15%.

Figur 4.15 viser også resultater utført effektivspenningsanalyse. Beregningen viser for lav beregningsmessig sikkerhet på ca. $F=1,12$ for grunne glidesirkler i elvekanten. Det må derfor utføres sikringstiltak for å ivareta lokalstabiliteten i elvekanten nedenfor *utbyggingsområdet*. Det bemerkes at beregningen er utført med hydrostatisk poretrykksfordeling, selv om det er registrert artesisk overtrykk i området. Artesisk poretrykk må ivaretas ved dimensjonering av sikringstiltak i detaljprosjekteringsfasen.

Det kan bli aktuelt med avlasting i kombinasjon med motfylling/erosjonssikring i elvekanten. Det må i så fall først avlastes lenger inne på *utbyggingsområdet* for å sikre at stabiliteten ikke forverres under noen faser av arbeidene.



Figur 4.14. Dagens situasjon [9], totalspenningsanalyse for lange glidesirkler.

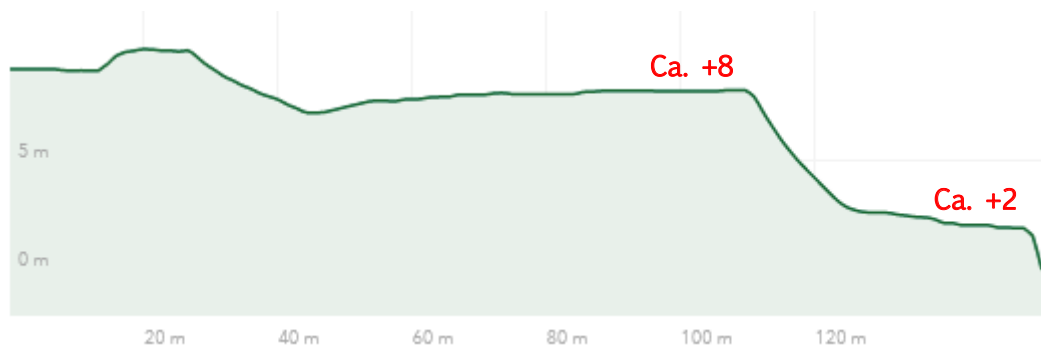


Figur 4.16 t.o.m. 4.19 nedenfor viser sammenstilling av kritisk profil gjennom *utbyggingsområdet* (profil A-A) med et to representativt profiler for terrenget mot elva sør for området (profil E-E og F-F).

Som illustrert på figurene er topografien i profil E-E og F-F noe mer gunstig enn kritisk profil gjennom *utbyggingsområdet*.



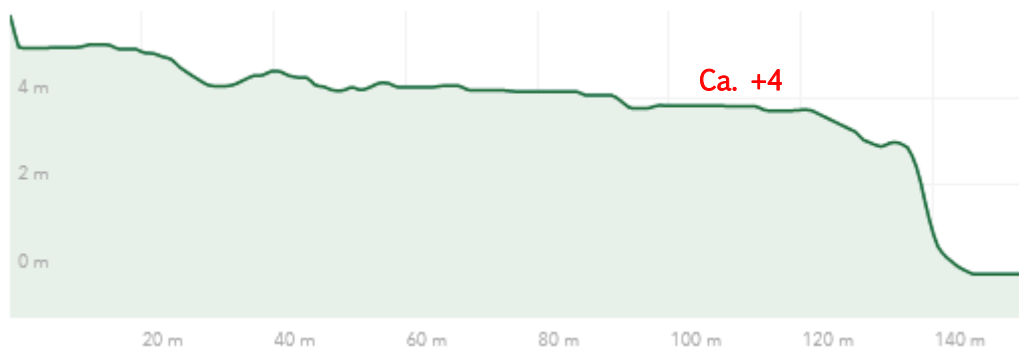
Figur 4.16. Plassering av terrengprofil fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



Figur 4.17. Terrengprofil A-A fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



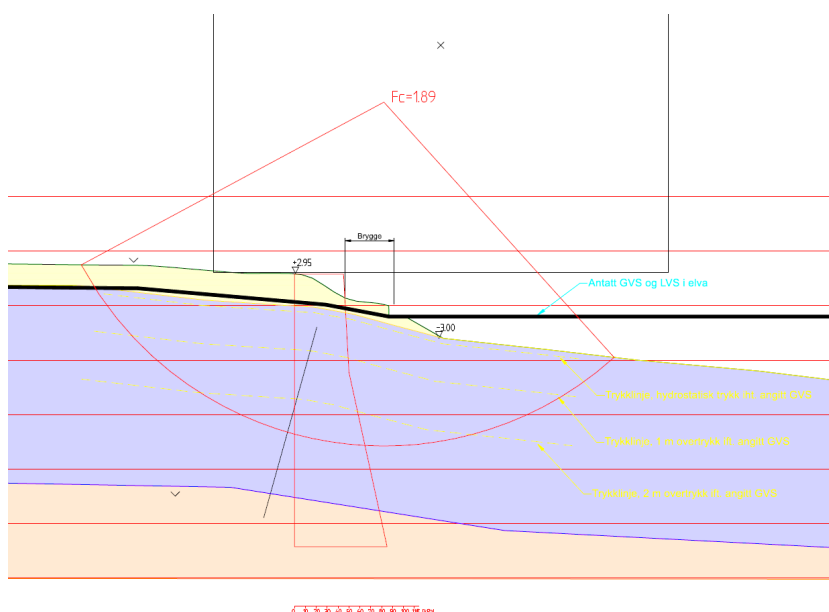
Figur 4.18. Terrengprofil E-E fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



Figur 4.19. Terrengprofil F-F fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.

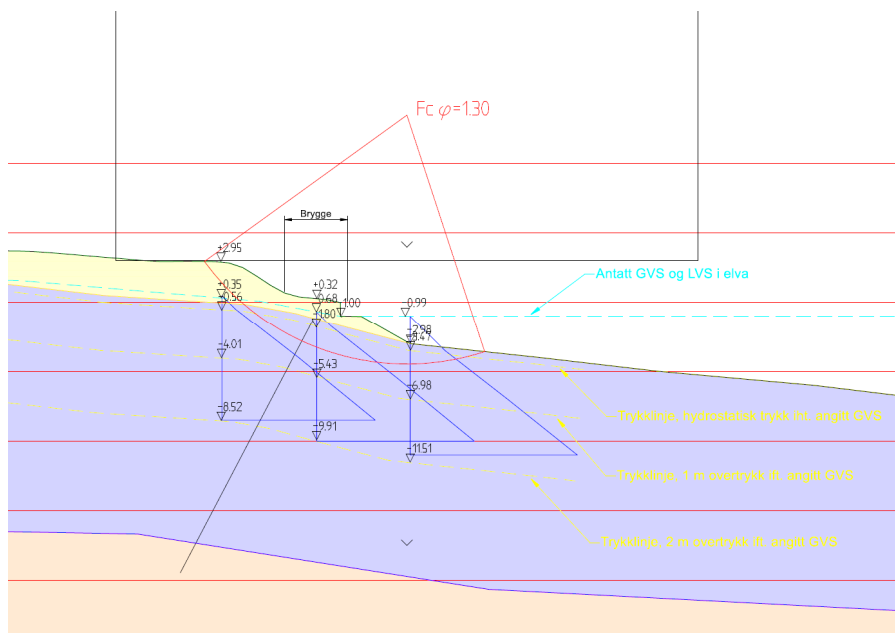
Det er utført en stabilitetsberegning i profil F-F for å vurdere lokalstabiliteten i profil F-F, vurdert som kritisk profil sør for *utbyggingsområdet*. Resultatene for hhv. totalspenningsanalyse og effektivspenningsanalyse er vist på figur 4.20 og 4.21 nedenfor.

For nærmere gjennomgang av beregningsforutsetninger vises til beregningshefte [19]. Topografi og lagdeling er basert på tidligere grunnundersøkelser i området [6] og utførte befaringer i områder (se evt. bilder i vedlegg 4).



Figur 4.20. Utsnitt av beregning 7 [19], profil F-F, dagens situasjon.

Totalspenningsberegning viser tilfredsstillende sikker i elvekanten med $F > 1,4$.



Figur 4.21. Utsnitt av beregning 10 [19], profil F-F, dagens situasjon, modellert poreovertrykk i dybden.

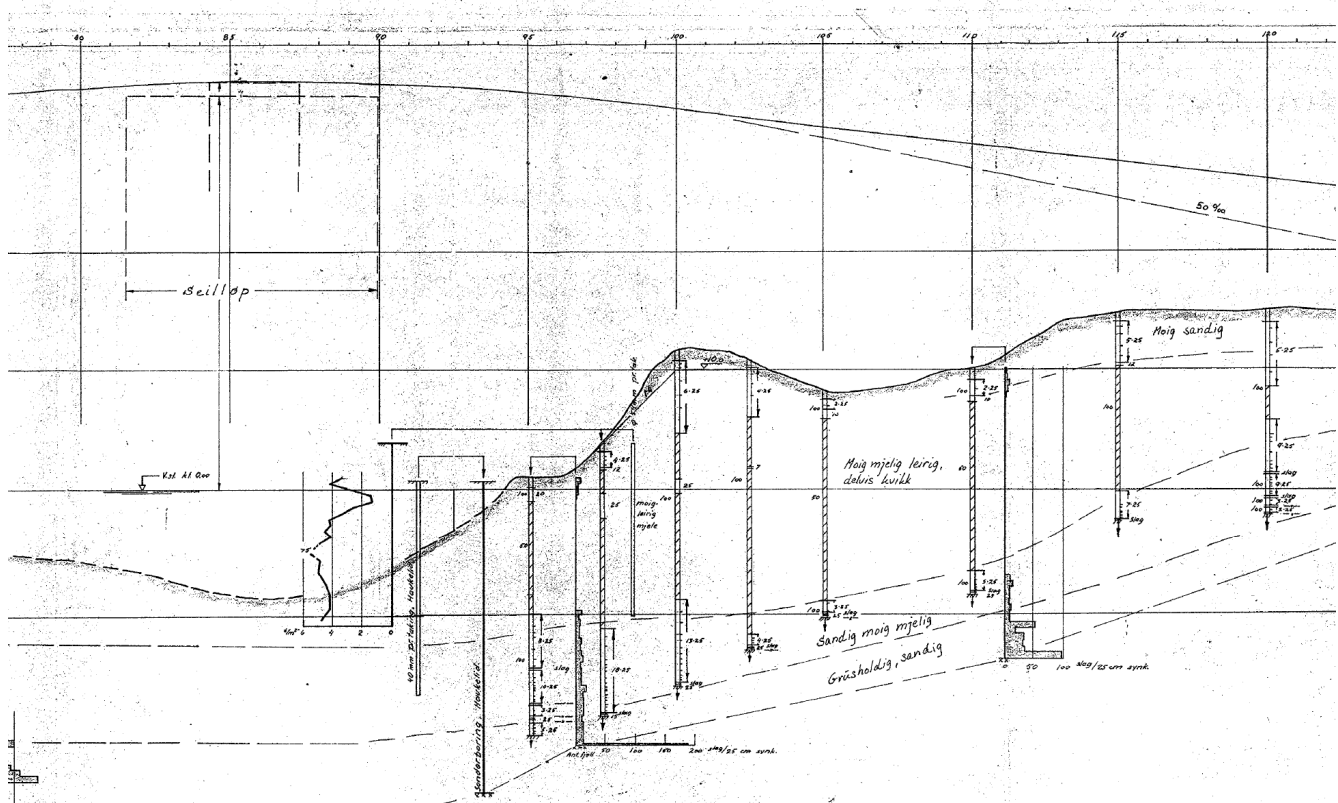
Effektivspenningsanalyse viser også tilfredsstillende sikkerhet i elvekanten med $F > 1,25$. Dette medtatt modellert artesisk trykk i leirlaget, som vurderes å være noe kritisk modellert for dette området.

Oppsummert er sør for *utbyggingsområdet* tilfredsstillende sikkerhet med $F > 1,4$ for totalspenningsanalyser og $F > 1,25$ for effektivspenningsanalyser.

4.4.4 Stabilitetsforhold nord for utbyggingsområdet

Tegning -502 viser undersøkt trasé fra Statens vegvesen rapport [16] (oransje farge), som ligger omtrentlig langs eksisterende sonегrense mellom «Elvegata» og «Stadion».

Figur 4.22 viser utsnitt av lengdeprofil fra [16] for partiet langs vestre elveskråning.



Figur 4.22. Utsnitt av lengdeprofiltegning, SVV rapport [16].

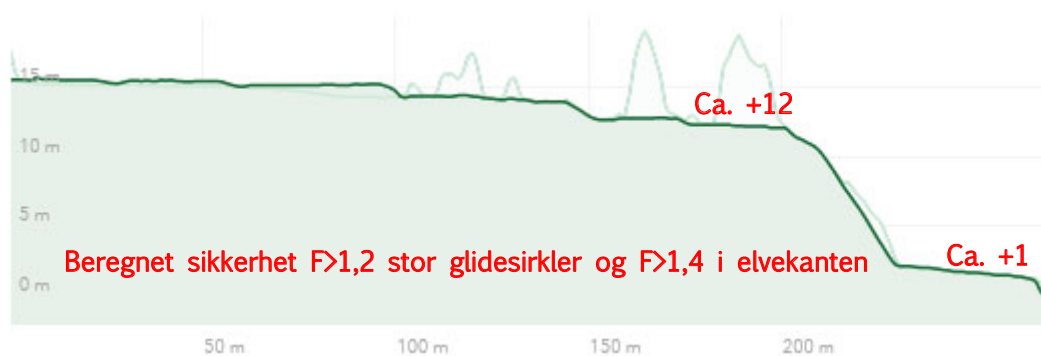
I rapport [16] er massene ved vestre elveskråningen tolket som sprøbruddmaterialer/kvikkleire fra ca. kote 0 og ned til kote -10. Det er videre gitt en oppsummering av resultater fra utførte stabilitetsberegninger (su-analyser basert på resultater fra vingeboringer, samt enaks- og konusforsøk), der store glideflater ned til bunnen av elva viser sikkerhet $F=2,0$, mens glideflater i øvre del av skråningen viser sikkerhet $F=1,35$.

Sør for beregningsprofil/undersøkt trasé i SVV rapport [16] og nærmere *utbyggingsområdet* er det et lavereliggende platå på ca. 80 m bredde, der terrenget ligger på kote ca. +7 og lavere. Figur 4.23 t.o.m. 4.26 nedenfor viser sammenstilling av terrengprofiler i dette området. Profil B1-B1 er et representativt profil for det lavereliggende platået nord for *utbyggingsområdet*. Profil A1-A1 tilsvarer beregningsprofil ved Pors Stadion (Profil A-A markert med oransje på tegning -503). Profil C1-C1 tilsvarer kritisk profil innenfor *utbyggingsområdet* (profil A-A markert med rødt på tegning -502).

Ved sammenligning av profil B1-B1 og profil C1-C1, vurderes stabiliteten for platået nord for *utbyggingsområdet* å være tilfredsstillende med $F>1,4$. Dette da det i profil C1-C1 er utført stabilitetsberegninger som dokumenterer $F>1,4$ og det i profil B1-B1 er noe gunstigere topografi. Videre er høydeforskjellen i elvekanten nord for *utbyggingsområdet* 1-2 m, og det vurderes derfor at evt. svikt av bolverket her ikke vil kunne medføre et områdeskred og dermed ikke påvirke *utbyggingsområdet*.



Figur 4.23. Plassering av terrengprofil fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



Figur 4.24. Terrengprofil A1-A1 fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



Figur 4.25. Terrengprofil B1-B1 fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.



Figur 4.26. Terrengprofil C1-C1 fra <https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>.

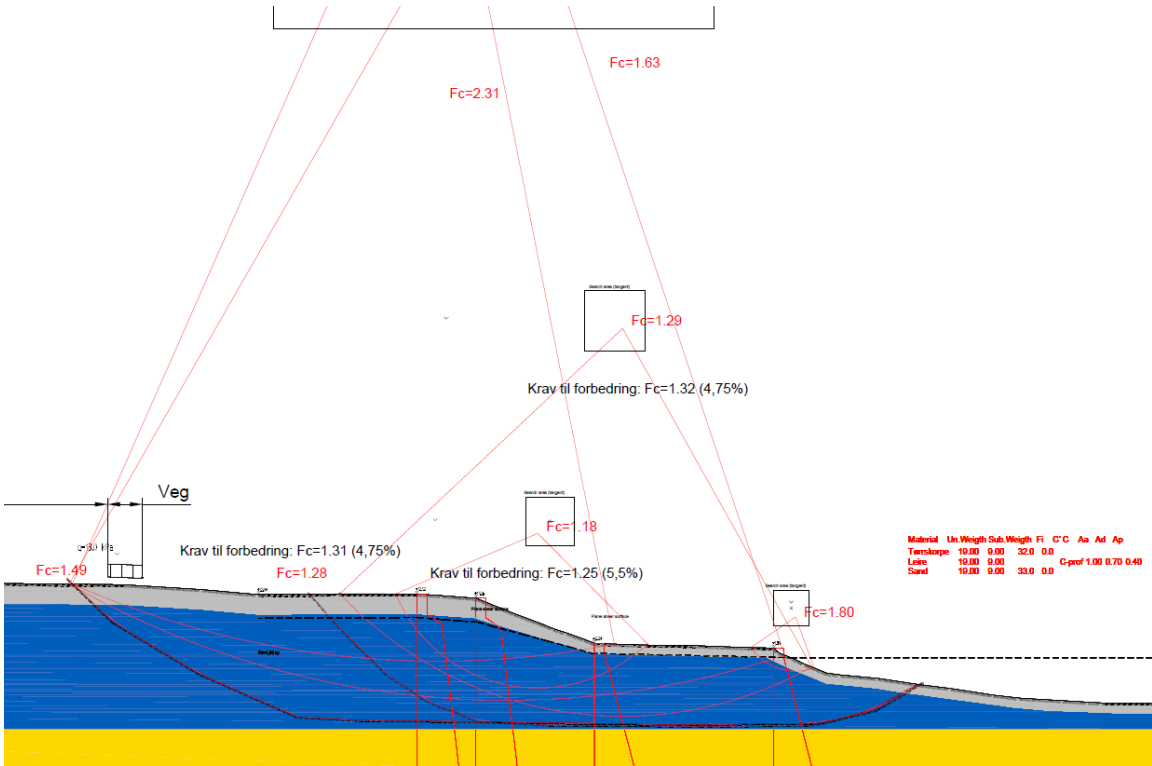
Tegning -503 viser kart for den midtre og nordre delen av stadion sonen, der strekning der det er utført erosjonssikring/motfylling er vist, samt aktuelle beregningsprofiler fra tidligere stabilitetsberegninger.

Vi har tidligere utført stabilitetsberegninger og vurdert stabilitetsforholdene innen «Stadion» sonen ifm. byggeprosjekt ved PORS stadion, nærmere beskrevet i teknisk notat [7]. Våre beregninger er utført i tråd med tidligere stabilitetsberegninger utført av NGI [17]. Aktuelt beregningsprofil er markert med oransje på tegning -503.

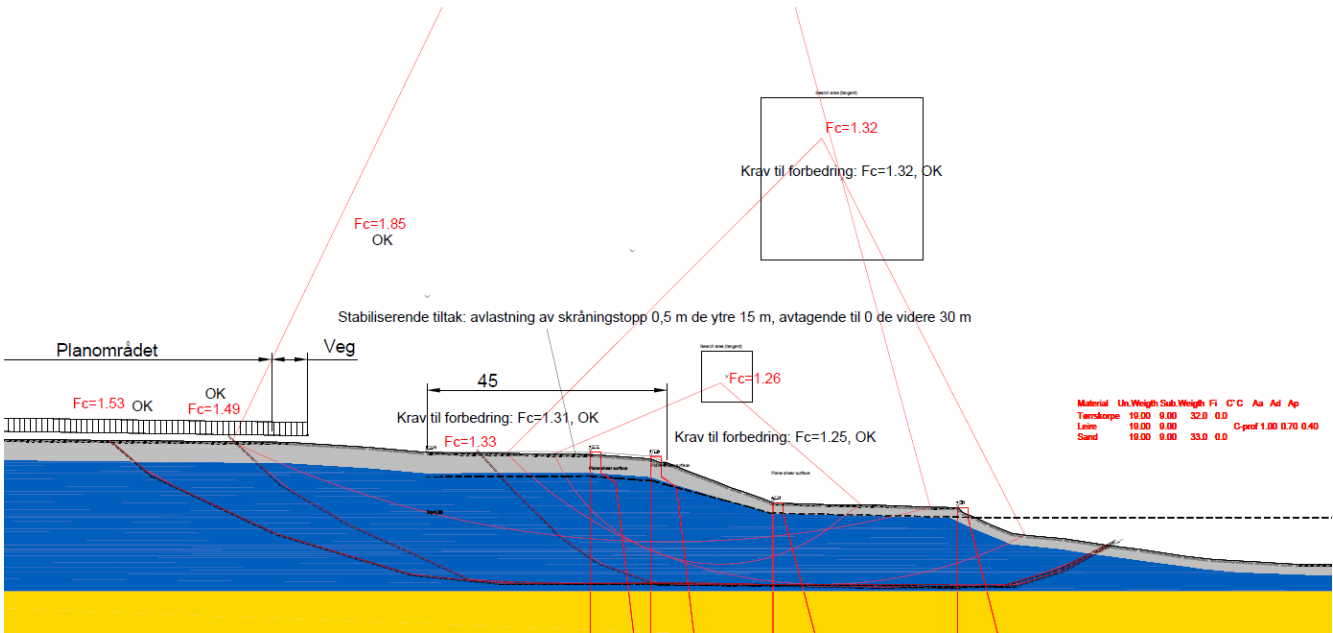
Utførte stabilitetsberegning for hhv. situasjon før- og etter utførelse av stabiliserende tiltak er vist på figur 4.27 og 4.28 nedenfor.

Stabiliserende tiltak bestod i avlasting av topp skråning. Området for utført avlasting er vist med turkis stiplet omriss på tegning -503. På e-post datert 15.02.2016 fra tidligere Telemark Vestfold Utvikling AS v/Morten Borge har vi fått bekreftet at sikringstiltakene er utført som anbefalt i NGI notat ref. [17].

Som det fremgår av figur 4.27 viser stabilitetsberegningene for situasjon før utførelse av avlasting ca. $F=1,2$ for kritisk glidesirkel som går i øvre del av skråningen ned til platået langs elva. på kote ca. 1, samt $F=1,3$ for kritisk glidesirkel som går ut i elva. Beregninger utført av NGI [17] viser samsvarende resultater.

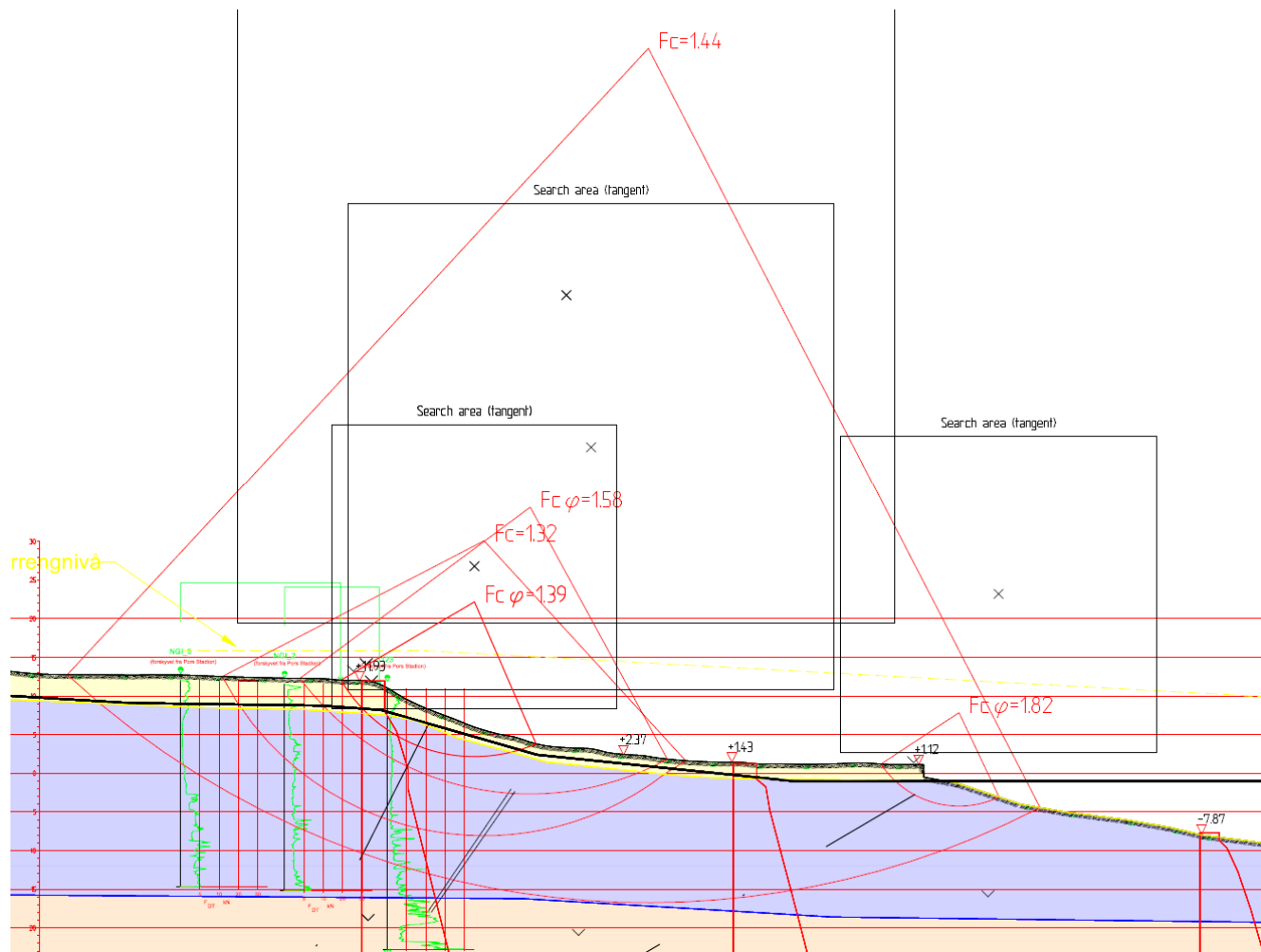


Figur 4.27. Stabilitetsberegning for situasjon innen utført avlasting i GT profil A-A [7].



Figur 4.28. Stabilitetsberegning for situasjon før utført avlastning i GT profil A-A [7].

Det er ifm. med oppdraget utført en supplerende beregninger litt lenger nord i profil G-G (plassert som vist på tegning -503). Figur 4.29 nedenfor viser resultater fra utført total- og effektivspenningsanalyse i profil G-G.



Figur 4.29. Utsnitt av beregning 5 [19], profil G-G, dagens situasjon.

Kritisk sirkel for totalspenningsanalyse viser sikkerhet $F=1,32$, mens kritisk sirkel for effektivspenningsanalyse viser sikkerhet $F=1,39$.

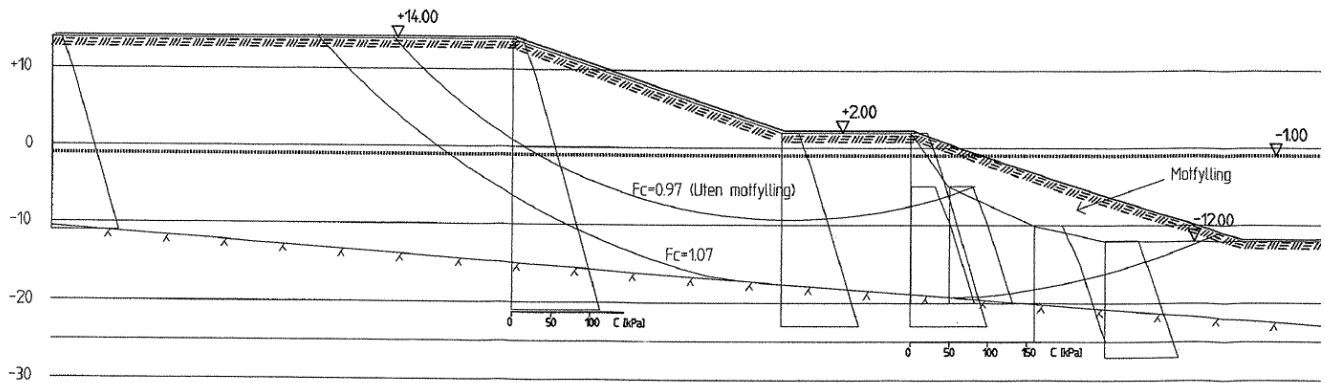
Det er dermed tilfredsstillende sikkerhet for tiltak utenfor influensområdet til øvre del av skråningen i profil G-G.

Sammenlignet med tidligere beregning ved Pors Stadion (figur 4.28), viser ny beregning noe høyere sikkerhet. Dette både pga. litt mer gunstig topografi i profil G-G, samt høyere styrker fra ny tolkning av su-profiler og ADP faktorer.

I NGI rapport [12] er det videre utført stabilitetsberegninger og prosjektert sikringstiltak for nordre del av eksisterende «Stadion» og søndre del av eksisterende «Lahelle».

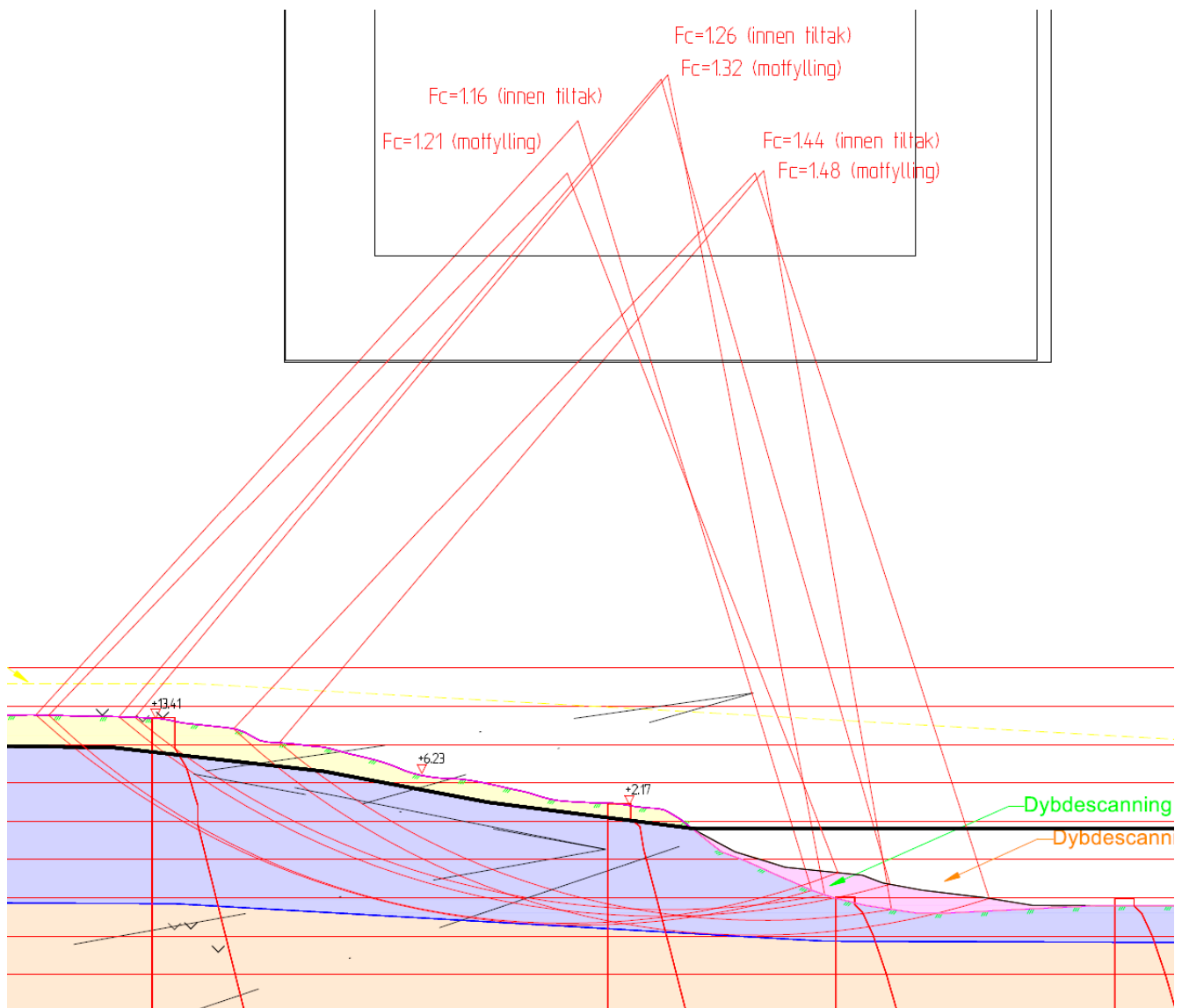
Stabilitetsberegning i profil G1-G1 (beregningsprofil G-G i [12]) er vist på figur 4.30 nedenfor. Stabiliteten for situasjonen før utførelse av sikringstiltak var ca. $F=0,97$ og situasjon etter utførelse av

motfylling i elva var $F=1,07$, dvs. ca. 10% forbedring tilsvarende krav for «lav» og «middels» faregradsklasse i NVE veileder 1/2019.



Figur 4.30. Stabilitetsberegninger profil G-G, NGI rapport [12].

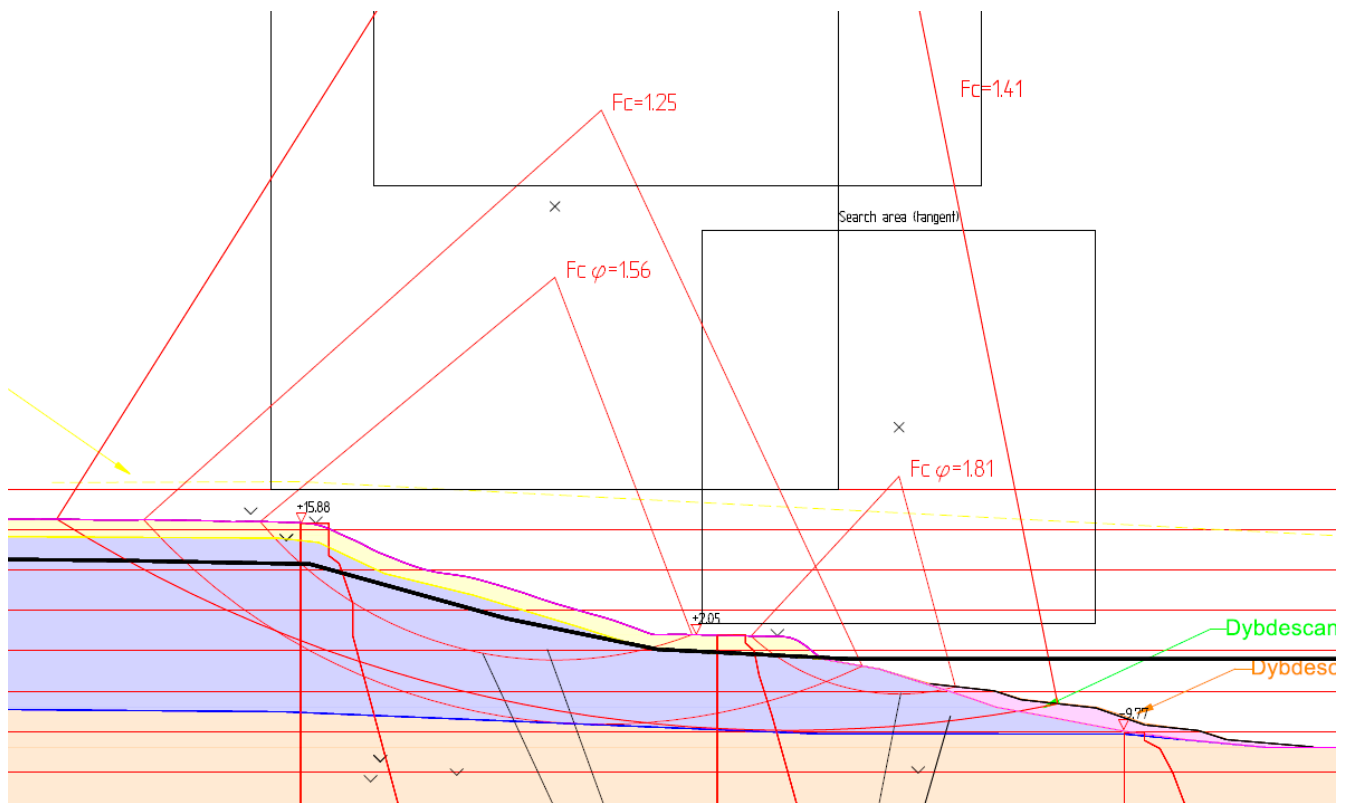
Det er gjort en kontrollberegning i samme beregningsprofil basert på ny tolkning av styrkeprofiler og ADP faktorer, samt dybdekartlegging utført hhv. innen og etter utførelse av motfylling i elva [13] og [14]. Figur 4.31 nedenfor viser resultater fra utført totalspennings i profil G1-G1 for situasjonen hhv. innen og etter etablering av motfylling i elva.



Figur 4.31. Utsnitt av beregning 3 [19], profil G1-G1, situasjon etter etablering av motfylling i elva.

Beregningen viser prosentvis forbedring på 4-5% for samtlige glidesirkler med $F < 1,4$. Selv om dette er noe lavere en prosjektert forbedring på 10% er dette tilfredsstillende iht. krav i NVE veileder 1/2019, da ny beregning viser noe høyere sikkerhet også innen utførelse av tiltakene ($F = 1,16$ eller høyere). Dette pga. ny tolkning av styrkeprofiler iht. dagens tolkningsmetoder. Det er også utført effektivspenningsanalyse i beregningsprofil som viser tilfredsstillende sikkerhet $F > 1,25$. (ikke vist her) Nærmere gjennomgang fremgår av beregningshefte [19].

I nordre del av sonen nye «Lahelle» er det også utført beregning i vurdert kritisk (profil H-H på tegning -504). Figur 4.32 nedenfor viser resultater fra utført total- og effektivspenningsanalyse i profil H-H. Dette for situasjonen etter etablering av motfylling i elva.

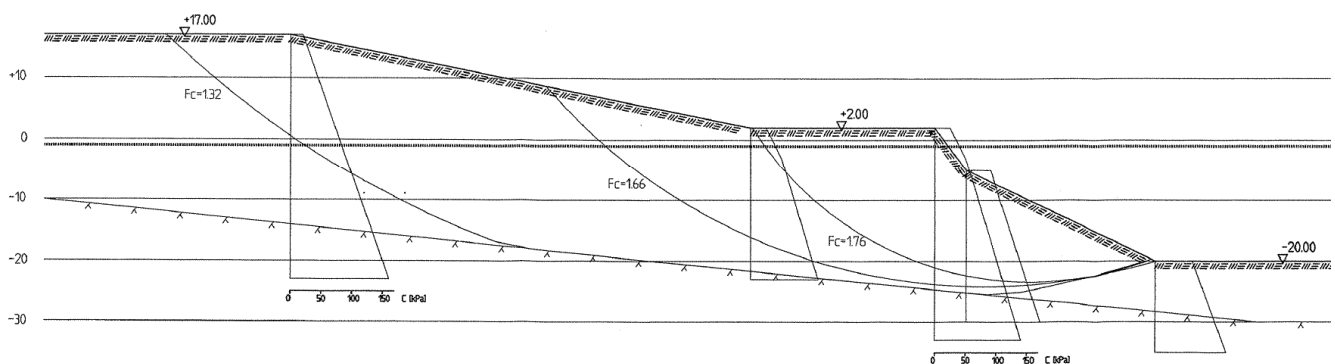


Figur 4.32. Utsnitt av beregning 1 [19], profil H-H, situasjon etter etablering av motfylling i elva.

Kritisk sirkel for totalspenningsanalyse viser sikkerhet $F=1,25$ og går ut i elva ovenfor utført motfylling. Kritisk sirkel for effektivspenningsanalyse viser sikker $F=1,56$.

Det er dermed tilfredsstillende sikkerhet for tiltak utenfor influensområdet til skråningen i profil H-H.

Figur 4.33 nedenfor viser utsnitt av tidligere stabilitetsberegning i profil F-F fra NGI rapport [12], plassert enda lenger nord (som vist på tegning -504). Beregningen viser sikkerhet ca. $F=1,3$ for en lang glidesirkel og ca. $F=1,7$ og $F=1,8$ for to mindre glidesirkler.



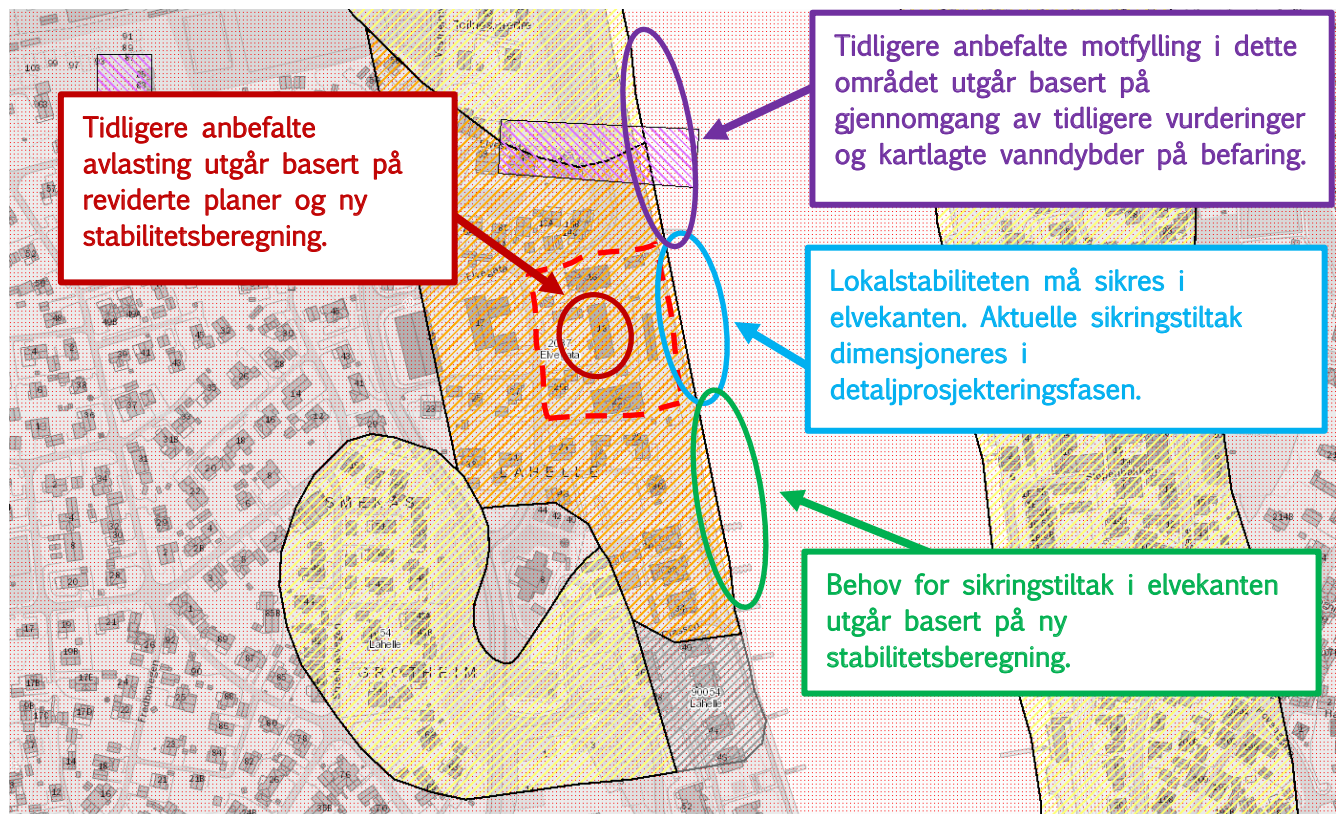
Figur 4.33. Stabilitetsberegninger profil F-F, NGI rapport [12].

Oppsummert er det nord for *utbyggingsområdet* tilfredsstillende sikkerhet for tiltak som ligger utenfor influensområdet til skråningene. Dette gjelder dermed *utbyggingsområdet* på Elvegata.

Videre er det i flere områder utført sikringstiltak som gir tilfredsstillende prosentvis forbedring iht. NVE veileder 1/2019.

4.5 Oppsummering – vurdering av områdestabilitet for utbyggingsområdet

Figur 4.34 nedenfor gir en oppsummering av nødvendige sikringstiltak for å ivareta områdestabiliteten for *utbyggingsområdet*.



Figur 4.34. Utsnitt av NVE Atlas med områder for utførelse av anbefalte tiltak i elva.

Utført befaring viser noe grunnere vanndybder i elvekanten ift. hva som har vært grunnlaget for tidligere vurderinger og beregninger [1]. Dette gjelder både nedenfor *utbyggingsområdet*, samt i elvekanten nord og sør for *utbyggingsområdet*. Det er nå utført en detaljert kartlegging av elvebunnen i elvekanten nedenfor *utbyggingsområdet* med utstrekning både noe nord og sør for *utbyggingsområdet*. Basert på dette og supplerende beregninger er det vurdert at tidligere signaliserte tiltak både nord og sør for *utbyggingsområdet* kan utgå.

Lokalstabiliteten i elvekanten nedenfor *utbyggingsområdet* er for lav i dagens situasjon og må sikres ifm. utvikling av *utbyggingsområdet*. Dette kan eksempelvis gjøres ved etablering av en erosjonssikret motfylling i elvekanten, som tidligere prosjektert i [10], eller ved kombinasjon av avlasting og erosjonssikret motfylling i elvekanten. Ved evt. avlasting i elvekanten, må avlasting lenger inne på *utbyggingsområdet* først utføres, slik stabiliteten ikke forverres under noen faser av arbeidene.

Omfang og utforming av nødvendige sikringstiltak i elvekanten må vurderes i detaljprosjekteringsfasen med utgangspunkt i ny dybdekartlegging og sett i sammenheng med aktuelle planer.

Nybyggene planlegges direktefundamentert under kompenserte forhold, slik at stabilitetsforholdene ned mot elva ikke forverres ift. dagens situasjon.

4.6 Krav til kvalitetssikring

Det er iht. NVE veileder 1/2019 være krav om kvalitetssikring av uavhengig foretak.

Kontrollside

Dokument	
Dokumenttittel: Porsgrunn. Elvegata, leilighetsbygg, Utredning områdestabilitet	Dokument nr: 116514n1 rev. 3
Oppdragsgiver: Trysilhus Trykon AS	Dato: 25.04.2023
Emne/Tema: Områdestabilitet	

Sted		
Land og fylke: Norge, Vestfold og Telemark	Kommune: Porsgrunn	
Sted: Elvegata		
UTM sone: 32V	Nord: 6556900	Øst: 537200

Kvalitetssikring/dokumentkontroll					
Rev	Kontroll	Egenkontroll av		Sidemannskontrav	
		dato	sign	dato	sign
3	Oppsett av dokument/maler	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR
3	Korrekt oppdragsnavn og emne	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR
3	Korrekt oppdragsinformasjon	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR
3	Distribusjon av dokument	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR
3	Laget av, kontrollert av og dato	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR
3	Faglig innhold	25.04.23	JAG	25.04.23	OFR

Godkjenning for utsendelse	
Dato: 25.04.2023	Sign.: 