

# Rapport

Oppdrag: **Områdereguleringsplan Kilen**

Emne: **Kvikkleirekartlegging og stabilitet**

Rapport: **Geoteknisk rapport**

Oppdragsgiver: **Tønsberg kommune**

Dato: **15. desember 2010**

Oppdrag- / Rapportnr. **812481 / 2**

Tilgjengelighet **Begrenset**

Utarbeidet av:	<b>Sivert Johansen</b>	Fag/Fagområde:	<b>Geoteknikk</b>
Kontrollert av:	<b>Geir Solheim</b>	Ansvarlig enhet:	<b>1262</b>
Godkjent av:	<b>Geir Solheim</b>	Emneord:	

**Sammendrag:**

Tønsberg kommune v/ Kari Therese Svinø har engasjert Multiconsult AS til å foreta en kartlegging av fareområder for kvikkleire og stabilitetsvurderinger i forbindelse med reguleringsplanarbeid på Kilen. Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten en generell beskrivelse av topografi og grunnforhold, resultater fra utførte stabilitetsberegninger av områdestabilitet og generelle råd vedr. utnyttelse av området.

Grunnundersøkelsene utført på Kilen har påvist en sammenhengende kvikkleireforekomst langs østre del av reguleringsområdet mot Presterødåsen og i sørvest. De avmerkede sonene i reguleringsområdet skal derfor vurderes iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag".

Kvikkleirsonene innenfor reguleringsområdet er kategorisert med "lav" faregrad, konsekvensklasse "Alvorlig" til "Meget alvorlig" og risikoklasse 2.

Stabilitetsberegninger for dagens situasjon i mest utsatt område innenfor reguleringsplanen viser tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning. Lokalstabiliteten må ivaretas i forbindelse med fyllings-/gravearbeider innenfor reguleringsområdet.

Evt. tiltak i eller inntil kvikkleiresonene må tilfredsstillende tabell 7.1 i rapporten "Krav til sikkerhetsnivå i områder med fare for skred i sprøbruddmateriale" ref /1/. Nye prosjekter i området må ikke svekke stabiliteten i anleggsfase eller i permanent tilstand utover foreliggende krav,  $\gamma_m \geq 1,4$ . Hvert enkelt prosjekt må vurderes spesielt av geoteknisk sakkyndig.

	15.12.2010		16	ssj	GES	GES
<b>Utg.</b>	<b>Dato</b>	<b>Tekst</b>	<b>Ant.sider</b>	<b>Utarb.av</b>	<b>Kontr.av</b>	<b>Godkj.av</b>

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	3
2.	Grunnlag.....	3
3.	Topografi og grunnforhold.....	4
4.	Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering.....	6
4.1	Faregradsevaluering.....	6
4.2	Skadekonsekvensevaluering.....	7
4.3	Bestemmelse av risikoindikator.....	8
4.4	Konklusjon.....	9
5.	Områdestabilitet.....	9
5.1	Totalspenningsanalyse (ADP).....	9
5.2	Effektivspenningsanalyse (a-φ).....	10
6.	Lokalstabilitet.....	11
7.	Sluttkommentar og krav til sikkerhet.....	11
8.	Referanser.....	12

## Tegninger

812481 – 1revA	Borplan
812481 – 2	Kvikkleirsone kart
– 100	Terrengprofiler
811579 – 3revA	Oversiktsplan over grunnundersøkelser på Kilen

## 1. Innledning

Tønsberg kommune v/ Kari Therese Svinø engasjert Multiconsult AS til å foreta en kartlegging av fareområder for kvikkleire og stabilitetsvurderinger i forbindelse med reguleringsplanarbeid på Kilen.

Kartlegging av fareområder er utført med bakgrunn i nye og tidligere utførte grunnundersøkelser på Kilen. Innledende kartlegging medførte supplerende grunnundersøkelser og utredning av stabilitetsforholdene i boligområdet sør for Presterødbakken, sørøst i reguleringsområdet.

Da det er påtruffet kvikkleire i området må faren for skred utredes iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 ”*Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag*”.

Utredning av skredfaren utføres stegvis iht. følgende punkter:

1. **Faregrad-, skadekonsekvens- og risikoevaluering**  
Faregradsevaluering omfatter å identifisere fareutsatt areal (utstrekning av faresone) samt å vurdere sannsynlighet for skred. Skadekonsekvensevalueringen gir en indikasjon om skadeomfanget ved et evt. skred. Risikoevalueringen er et produkt av faregrad- og skadekonsekvensevalueringen.
2. **Stabilitetsanalyser**  
Beregning av sikkerheten mot utglidning for dagens situasjon.

Foreliggende rapport inneholder faregradsevaluering av området iht. NVEs retningslinjer. Videre inneholder rapporten resultater fra utførte stabilitetsberegninger for vurdering av områdestabilitet og generelle geotekniske råd vedr. utnyttelse av området.

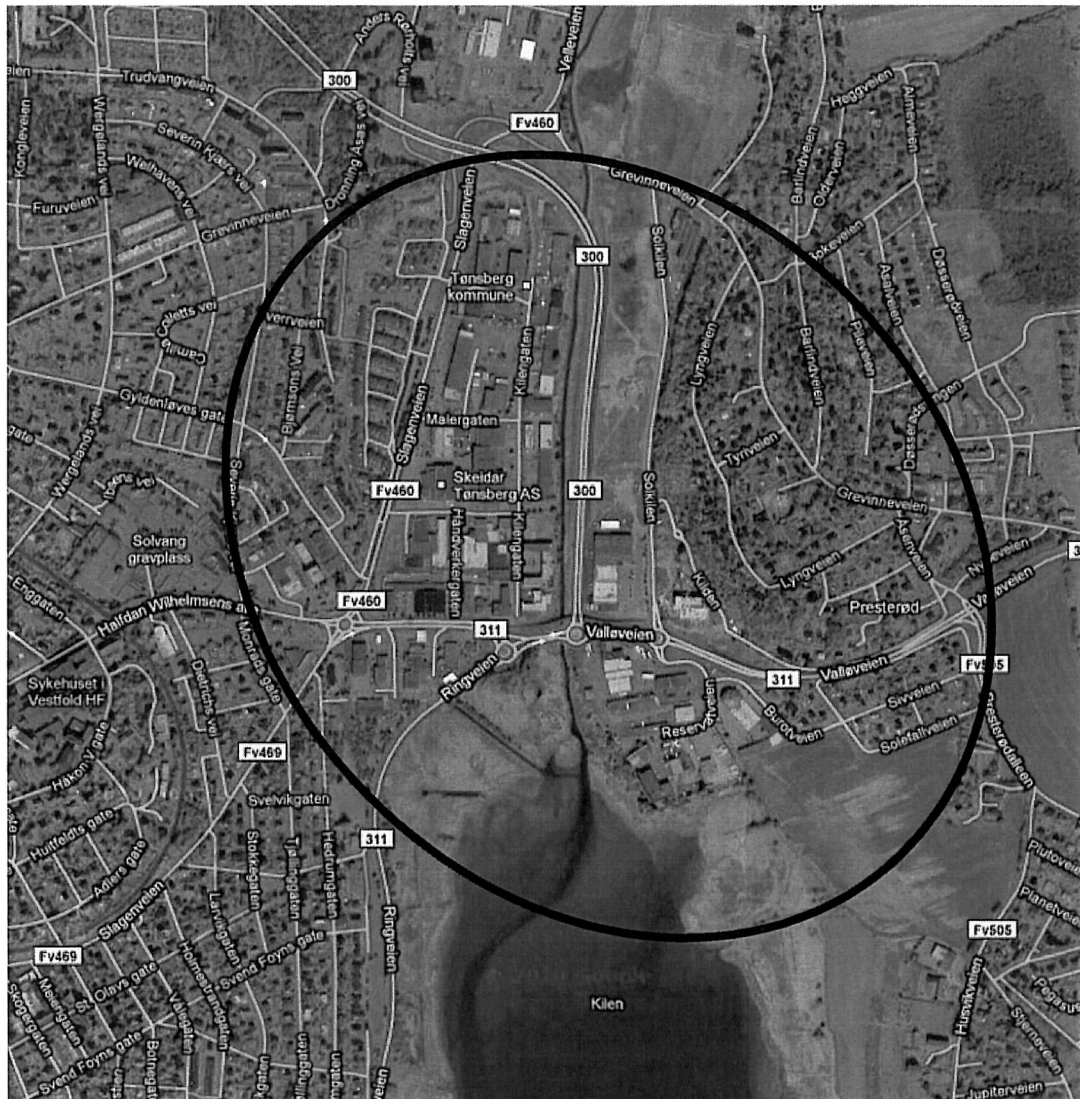
## 2. Grunnlag

Det er tidligere utført en rekke grunnundersøkelser innenfor reguleringsområdet. Tidligere geotekniske undersøkelser fremgår av følgende rapporter;

- Geoteknisk datarapport nr. 811579 – 1 av juni 2008 utarbeidet av Multiconsult AS. Rapporten er utarbeidet for Tønsberg kommune og viser en oversikt over kjente grunnundersøkelser i området per juni 2008, hvor Kilen er ett av tre kartlagte områder omkring Tønsberg sentrum. Tegning nr. 811579 – 3 i rapporten viser plassering av grunnundersøkelsene og gir en kort beskrivelse av grunnforhold.
- Geoteknisk datarapport nr. 812481 – 1 av desember 2010 utarbeidet av Multiconsult AS gir en beskrivelse av grunnforholdene i boligområdet sør for Presterødbakken.
- Geoteknisk datarapport nr. 811653 – 2 av november 2010 viser grunnundersøkelser utført av Multiconsult AS i forbindelse med utvikling av ”Kilen Handelpark”, sydøst i reguleringsområdet.

### 3. Topografi og grunnforhold

Utførte grunnundersøkelser i området er vist på vedlagt tegning nr. 811579 – 3 rev A.



Figur 1.1: Flyfoto, Kilen (Kilde:www.google.com)

Kilen er generelt et flatt område innerst/nord i Presterød Kilen. Reguleringsområdet strekker seg helt opp til tunnelpåhugget til Frodeåstunnelen, og avgrenses av Presterødåsen i øst og Trudvanglia /Slagenveien i vest. Vellebekken renner i nord – syd retning langs Ringveien gjennom senter av Kilen og munner ut innerst i Presterød Kilen. Presterød Kilen er et langgrunt våtmarksområde - fredet RAMSAR.

Terrenget faller generelt svakt mot Vellebekken fra bratt fjell i Presterødåsen på østsiden. Videre er terrenget vest for Vellebekken tilnærmet flatt og ligger mellom kote +2 til +3.

Sørøstre del av reguleringsområdet strekker seg opp Presterødbakken til Presterødkrysset. Terrenget stiger fra Kilen og opp til Presterødkrysset, som ligger på ca kote +20.

Industri/næringsområdet vest for Vellebekken og nord for Halvfdan Wilhelmsens allè samt området syd for Valløveien ned mot Presterød Kilen, er tidligere kommunalt avfallsdeponi (1945 – 1968). De øverste 3 – 5 m er oppfylt med husholdnings- og industriavfall, samt forskjellige overskuddsmasser. Området sør for Halvfdan Wilhelmsens allè og vest for

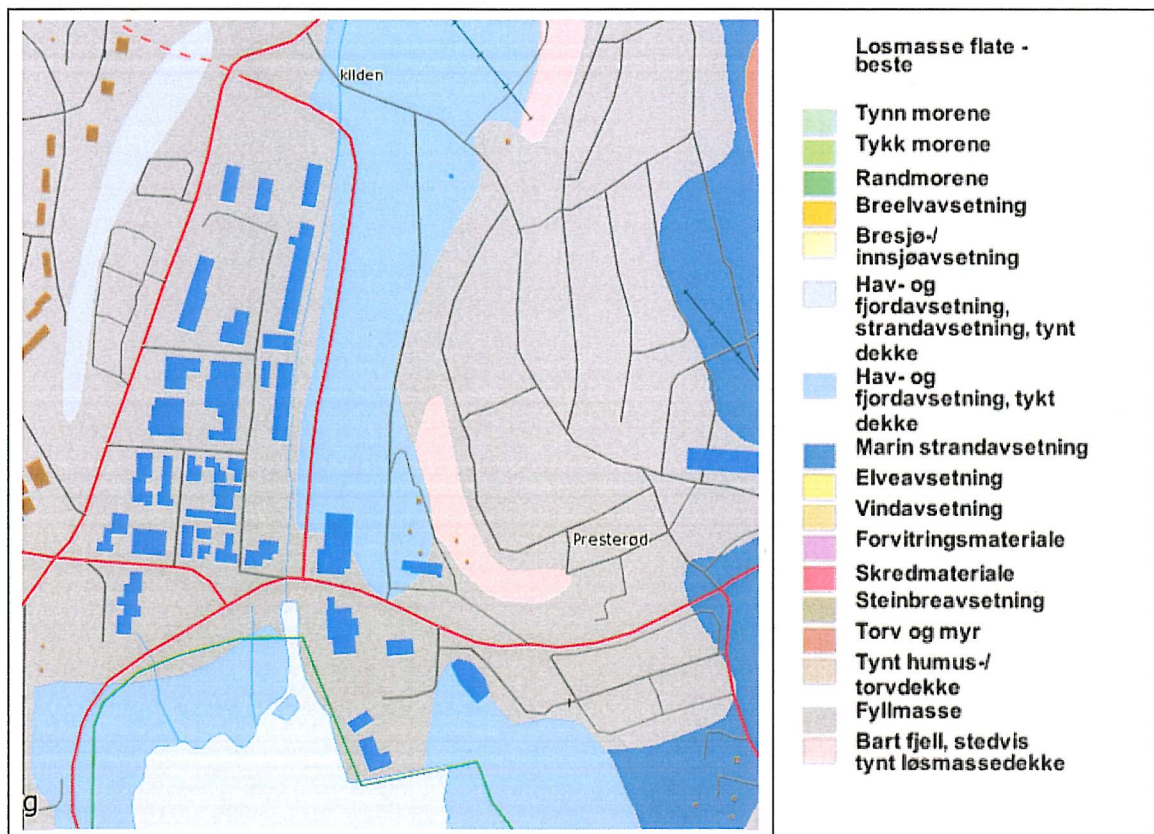
Ringveien er også tidligere oppfylt og planert med diverse fyllmasser, men grunnundersøkelsene har ikke påvist avfallsmasser i dette området.

Opprinnelig grunn nede på industriområdet/Kilen består generelt av et topplag av uren silt og stedvis gytjig, bløt og kompressibel leire over meget bløt leire til store dyp. Det er stedvis registrert kvikkleire innenfor reguleringsområdet. Det er påvist en ant. sammenhengende kvikkleiresone inn mot fjellet/Presterødåsen i øst samt i sørvestre del av reguleringsområdet. Nordvest i reguleringsområdet er det også påvist kvikkleire, men kvikkleira er kun i dypere lag. Forøvrig varierer mektigheten av den bløte leira over området og er stedvis over 40 m. Over ant. fjell er det et fastere lag av sandig, grusig og steinet morene. Dybden til fjell varierer betydelig, og det er stedvis påvist bratt fjell. Fjelldybden er registrert til over 80 m i krysområdet langs Vellebekken.

Det nylig undersøkte boligområdet ligger i den vestvendte skråningen på sørsiden av Presterødbakken/Valøveien i Tønsberg. Boligområdet grenser til Presterødalléen i øst, som ligger på toppen av skråningen. Sør for Solfallveien og Burotveien er det dyrket mark.

Grunnundersøkelsene i boligområdet sør for Presterødbakken viser generelt noe fastere grunnforhold opp mot Presterød krysset og Presterødalléen enn ned mot Kilen. Det er registrert ant. middels fast til bløt leire, men mektigheten er beskjedne. Mektigheten av bløt leire øker imidlertid mot vest og sørvest ned mot Kilen. Det er registrert kvikkleire i nedre del av boligområdet. Det er imidlertid ikke kvikkleire nærmere Vellebekken nede på Kilen. Grunnundersøkelsene er presentert i detalj i rapport nr. 812481 – 1.

Iht. kvartærgeologisk kart fra NGU er løsmassene i området definert som dels fyllmasse over et tykt dekke av Hav- og fjordavsetning. Det er marin strandavsetning i sørøst.



## 4. Faregrad-, skadekonsekvens og risikoevaluering

### 4.1 Faregradsevaluering

Området er ikke angitt som fareområde for kvikkleireskred iht. NVEs karttjeneste (www.skrednett.no), men på grunn av påvist kvikkleire kreves det i NVEs retningslinjer nr. (1/2008, vedlegg 1 Teknisk veiledning, kapittel 3) at det bl.a. skal foretas faregradsevaluering.

Basert på utførte grunnundersøkelser, registrert fjell i dagen og topografiske forhold, er det gjort en vurdering av kvikkleiras utbredelse. Forslaget til kvikkleireavgrensning er vist på tegning nr. -2. Følgende vurderinger ligger til grunn for grenselinjene:

- Alle kjente grunnundersøkelser i området er tatt med i vurderingen.
- Sonen er trukket ut i fra de registrerte boringene med kvikkleire/sprøbruddegenskaper.
- Videre er sonen avgrenset mot områder med oppstikkende fjell

Faregradsevalueringen er utført iht. retningslinjer i NGI-rapport 20001008-2, rev. 3 datert 08.10.2008 "Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire".

Tabell 4.1 Faregradsklassene er inndelt tre faresoner iht. /2/ og /4/.

Faregradsklasse	Lav	Middels	Høy
Faregradsindikator, $F_i$	0 - 17	18 - 25	26 - 51
Relativ sannsynlighet for skred	Lav	Middels	Høy
Erosjon	Ingen/lite	Noe	Aktiv
Terrengingrep	Ingen/forbedring	Noe stabilitetsforverring	Stabilitetsforverring

Evalueringen er utført iht. tabell 4.2 og 4.3 for den antatt mest ugunstige delen av sonen, som er i den vestvendte skråningen sør for Presterødbakken.

Tabell 4.2 Grunnlag for evaluering av faregrad iht. /2/ og /4/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Tidl. skredaktivitet	1	Høy	Noe	Lav	Ingen
Skråningshøyde, meter	2	> 30	20 - 30	15 - 20	< 15
Tidligere/ nåværende terrengnivå (OCR)	2	1,0 - 1,2	1,2 - 1,5	1,5 - 2,0	> 2,0
Poretrykk					
Overtrykk, kPa	+3	> + 30	10 - 30	0 - 10	Hydrostatisk
Undertrykk, kPa	-3	> -50	-(20 - 50)	-(0 - 20)	
Kvikkleiremektighet	2	> H/2	H/2 - H/4	< H/4	Tynt lag
Sensitivitet	1	> 100	30 - 100	20 - 30	< 20
Erosjon	3	Aktiv/ glidning	Noe	Lite	Ingen
Inngrep					
Forverring	+3	Stor	Noe	Liten	Ingen
Forbedring	-3	Stor	Noe	Liten	
<b>Sum poeng</b>		<b>51</b>	<b>34</b>	<b>16</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Tabell 4.3 Faregradsevaluering av antatt mest kritisk del av faresonen sør for Presterødbakken, iht. /2/ og /4/.

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Tidl. skredaktivitet	1	0	0	Vi er ikke kjent med at det har vært skredaktivitet i området. Videre viser kvartærgeologisk kart og www.skrednett.no ingen skredgroper eller skredhendelser i nærheten.
Skråningshøyde	2	0	0	Høydeforskjellen i den vestvendte skråningen er 10 - 12 m fra Presterødalléen og ned til et slakere parti på jordet ned mot Kilen.
OCR	2	3	6	Vi antar at leira i skråningen er normalkonsolidert.
Poretrykk	3/-3	0	0	Poretrykksmålinger viser ikke poreovertrykk. Grunnvannstanden er målt til 1,5 - 2 m under terreng i borhull i øvre delen av skråningen. Konfr. Rapport nr. 812481 - 1.
Kvikkleiremektighet	2	3	6	Kvikkleiremektigheten er ant ca 10 - 12 m i borpunkt 10 og 11 i Presterødbakken, ref. goeteknisk datarapport nr. 812481 - 1.
Sensitivitet	1	3	3	Ref. Pr11 i rapport nr 812481 - 1
Erosjon	3	0	0	Det er langgrunt ut i sjøen og det er forøvrig ingen tegn til erosjon i området.
Inngrep	3/-3	0	0	
<b>Poengverdi (Faregradsindikator, F<sub>i</sub>)</b>			<b>15</b>	<b>Gir faregradsklasse "Lav"</b>

Faregradsevalueringen gir en poengverdi på 15 og medfører at sonen plasseres i faregradsklasse "lav" som omfatter soner med poengverdi fra 0 til 17 poeng jfr. /2/. På grunnlag av de oppsatte kriteriene vil det derfor være liten sannsynlighet for at skred inntreffer.

## 4.2 Skadekonsekvensevaluering

Tabell 4.4 Skadekonsekvensklassene er inndelt tre klasser iht. /4/.

Skadekonsekvensklasse	Mindre alvorlig	Alvorlig	Meget Alvorlig
Skadekonsekvensindikator, S <sub>i</sub>	0 - 6	7 - 22	23 - 45
Skade/tap av liv	Liten fare	Fare	Stor fare
Økonomiske tap	Moderat	Betydelig	Meget store

Tabell 4.5 Grunnlag for skadekonsekvens evaluering iht. /4/.

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Boligheter, antall	4	Tett > 5	Spredt > 5	Spredt < 5	Ingen
Næringsbygg, personer	3	>50	10 - 50	< 10	Ingen
Annen bebyggelse, verdi	1	Stor	Betydelig	Begrenset	Ingen
Vei, ÅDT	2	>5000	1001 - 5000	100 - 1000	<100

Faktorer	Vekt-tall	Faregrad, score			
		3	2	1	0
Toglinje, baneprioritet	2	1 - 2	3 - 4	5	Ingen
Kraftnett	1	Sentralt	Regionalt	Distribusjon	Lokal
Oppdemming/flom	2	Alvorlig	Middels	Liten	Ingen
<b>Sum poeng</b>		<b>45</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>0</b>
<b>% av maksimal poengsum</b>		<b>100 %</b>	<b>67 %</b>	<b>33 %</b>	<b>0 %</b>

Tabell 4.6 Skadekonsekvensevaluering utført iht. /4/ for boligfelt sør for Presterødbakken

Faktorer	Vekttall	Score	Produkt	Merknad/vurdering
Boligenheter, antall	4	3	12	Det er et boligfelt sør for Presterødbakken
Næringsbygg, personer	3	2	6	Det er næringsbygg (12 – kanten) ned mot Kilen
Annen bebyggelse, verdi	1	0	0	Ingen
Vei, ÅDT	2	3	6	Statens vegvesen, Nasjonal veidatabank viser at Ringveien har trafikkmengde mellom 21000 i Presterødbakken og ned på Kilen
Toglinje	2	0	0	Ingen
Kraftnett	1	0	0	Ant. kun lokalt
Oppdemming	2	0	0	Ingen
<b>Poengverdi</b>			<b>24</b>	<b>Skadekonsekvensklasse "Meget alvorlig"</b>

Evalueringen gir en poengverdi på 24, noe som medfører at skadekonsekvensen av et evt. skred kategoriseres som "meget alvorlig". Kosekvensen av et evt. skred medfører stor fare for tap av liv og meget stort økonomisk tap.

#### 4.3 Bestemmelse av risikoindikator

Risikoindikatoren  $R_i = \text{Skadekonsekvensindikator } S_i * \text{Faregradsindikator } F_i$ . Produktet rangeres i risikoklasse fra 1 – 5.

Tabell 4.7 Risikoklasse iht. /4/.

Risikoklasse	1	2	3	4	5
Risikoindikator, $R_i$	< 170	171- 630	631 - 1900	1901 – 3200	>3200
Videre aktiviteter	ingen	ingen	Vurdere grunnundersøkelse og stabilitet	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og evt. tiltak	Grunnundersøkelse, stabilitetsanalyser og tiltak

Videre aktiviteter for sikring av skredfarlig område vurderes iht. hvilke risikoklasse det vurderte området havner i. For boligfelt i Presterødåsen blir  $R_i = 15 * 24 = 360$ , noe som indikerer at området slik det fremstår i dag ikke trenger noen videre tiltak/sikring.



#### 4.4 Konklusjon

Evaluering av den mest ugunstige delen av Kilen området, som er den vestvendte skråningen, boligfeltet sør for Presterødbakken:

Faregrad: Lav

Konsekvens: Meget alvorlig

Risiko: Klasse 2, Slik området fremstår i dag kreves det ingen spesielle tiltak mht. risiko for skred.

Området forøvrig har kvikkleiresoner hvor terrenget er tilnærmet flatt og uten tett boligbebyggelse. Dette medfører mest sannsynlig redusert skadekonsekvens til "Alvorlig" og derfor lavere risikoindikator  $R_i$ . Den reduserte  $R_i$  gir sannsynligvis ingen endring av Risikoklasse.

#### 5. Områdestabilitet

Det er utført stabilitetsberegninger i profil B - B i boligområdet sør for Presterødbakken.

Plasseringen av opptegnede profiler i området er vist på vedlagt borplan 812112 - 1A.

Profilene er vist på tegning nr. -100.

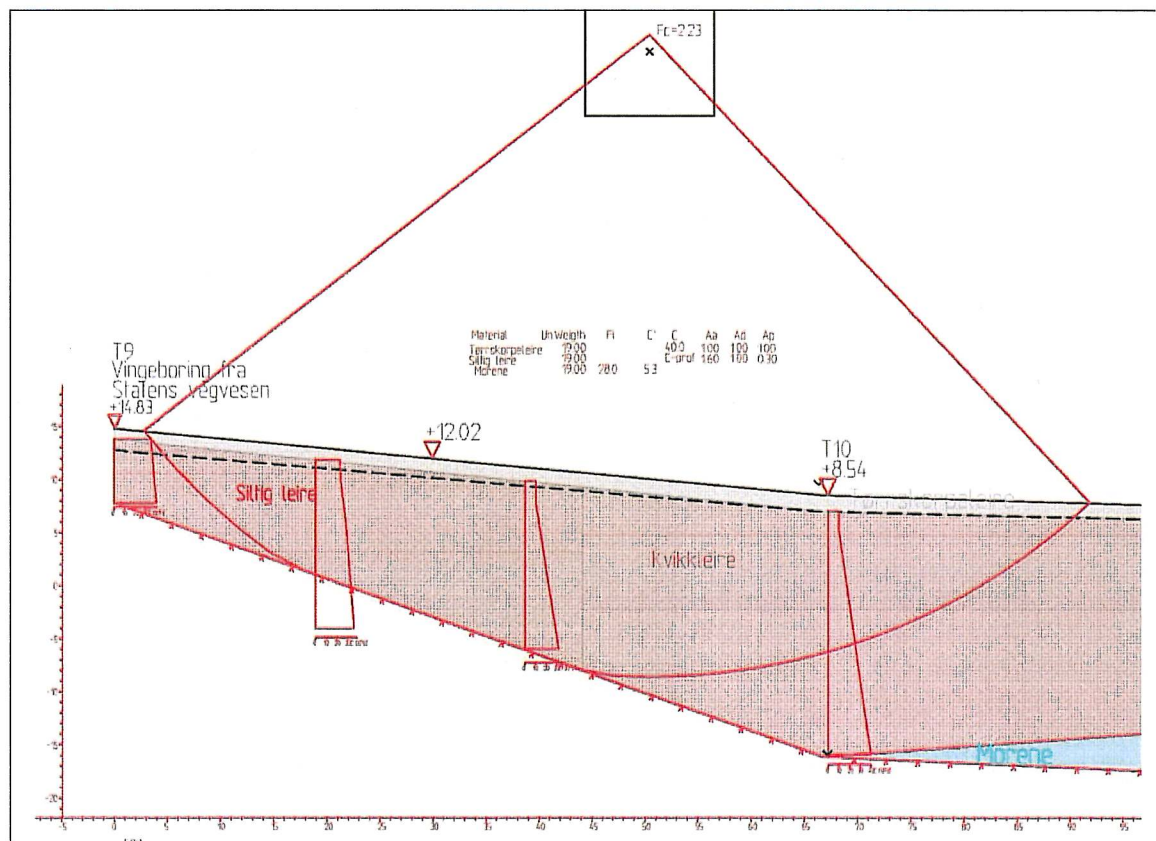
Stabilitetsberegningene er utført med beregningsprogrammet "GeoSuite Stability".

Det er utført totalspenningsanalyse med ADP-parametere og effektivspenningsanalyse med  $a-\phi$  parametere tolket fra utførte treaksialforsøk på opptatte prøveserier i de utvalgte profilene.

#### 5.1 Totalspenningsanalyse (ADP)

Beregningen for en normaltilstand viser tilfredsstillende sikkerhet med  $\gamma_m = 2,2$  for mest kritisk glidesirkel.

Figur 5.1 Kritisk glideflate i profil B - B, ADP analyse



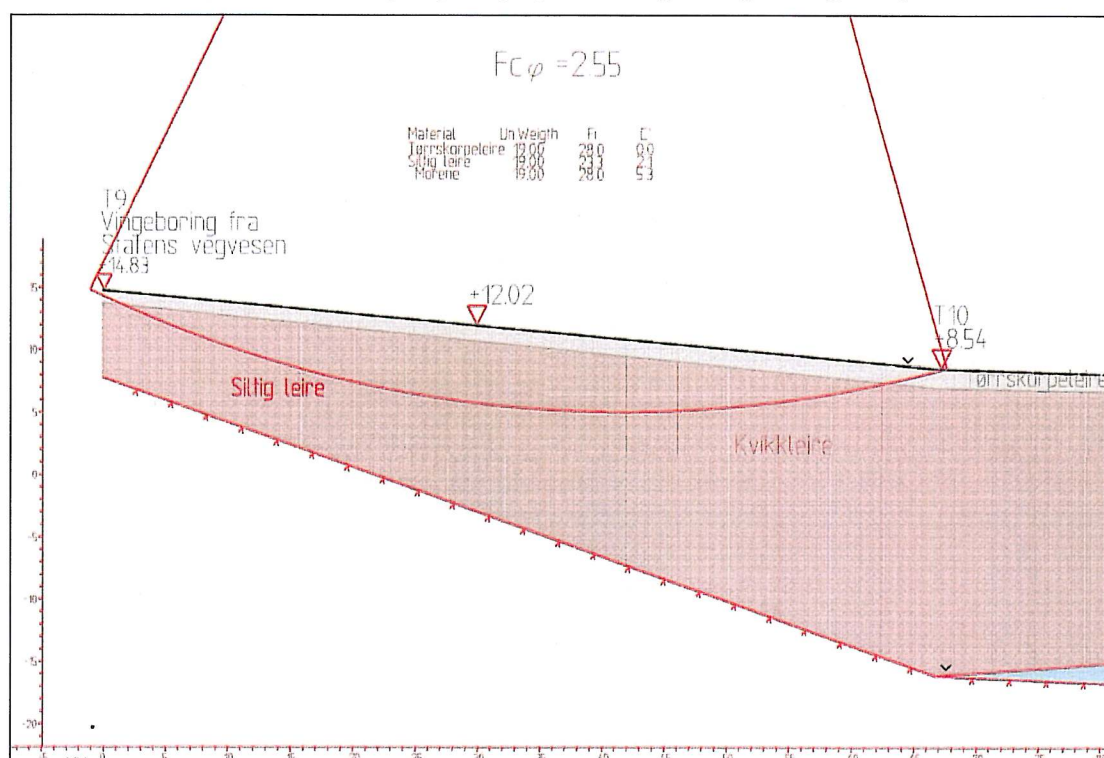
**Valgte materialparametere for beregningen er:**

- Øverst ca 1 m tykt topplag av tørrskorpeleire og stedvis fyllmasser:  
 $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$  og  $s_u = 40 \text{ kPa}$
- Under er det siltig leire øverst i skråningen og kvikkleire ned mot Kilen.  
Det er registrert ca 6 m siltig leire ved totalsondering 9. Vingeboring utført av Statens vegvesen i nærheten av borpunktet viser  $s_u = 35 - 40 \text{ kPa}$  og  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ .  
Det er videre registrert meget bløt kvikkleire i Prøveserie ved totalsondering 11 nederst i boligområdet. Grunnforholdene er tilsvarende ved totalsondering 10, midt i terrengprofilen.  
Materialparametere lagt inn ved totalsondering 10:  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ , ADP parametere:  
 $s_{u_a}=0,32p_0'$ ,  $s_{u_d}=0,20p_0'$ ,  $s_{u_p}=0,06p_0'$   
Parametervalget er basert på plastisitetsindeks  $I_p$  og flytegrense  $w_l$  fra prøveserie PRv/T11. Anisotropiforhold for udrenert skjærstyrke er valgt ut fra databasen ESPAR som inneholder erfaringstall fra firmaets tidligere erfaringer og litteratur.  
Overgangen mellom den middels faste leira øverst i skråningen og den bløte kvikkleira ligger ant. 20 – 30 m vest for totalsondering 9.
- Lengst ned mot Kilen viser totalsondering 11 fastere lag av morene i dypere lag. Det er her ant. parametere:  $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\tan\phi = 0,55$  og  $a=10 \text{ kPa}$
- Grunnvannstanden er lagt ca 2 m under terreng, øverst i skråningen, og 1 m under terreng ved totalsondering 11.

**5.2 Effektivspenningsanalyse (a- $\phi$ )**

Stabilitetsberegninger på effektivspenningsbasis (a- $\phi$ ) for dagens terreng viser tilfredsstillende beregningsmessig sikkerhet med  $\gamma_m = 2,55$ . Grunnvannstanden er da konservativt lagt i terreng.

Figur 5.2 Kritisk glideflate profil B - B, effektivspenningsanalyse



**Valgte materialparametere for beregningen er:**

- Øverst ca 1 m tykt topplag av tørrskorpeleire og stedvis fyllmasser:  
 $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\tan\phi= 0,55$  og  $a=5 \text{ kPa}$
- Den bløte kvikkleira fra 2 – 12 m i totalsondering 11 har ved tolkning av treaksialforsøk på utvalgte prøver fra Prøveserie v/T11:  
 $\gamma=19 \text{ kN/m}^3$ ,  $\tan\phi= 0,43$  og  $a=5 \text{ kPa}$ .

Det er noe konservativt å velge denne styrken i hele profilet da leira blir noe fastere opp mot Presterødalléen.

## 6. Lokalstabilitet

Det er generelt bløt leire og stedvis kvikkleire i grunnen innenfor reguleringsområdet. I områder hvor det er påvist kvikkleire i grunnen er det viktig at lokalstabiliteten ved grave- og fyllingsarbeider kontrolleres i hvert enkelt tilfelle.

Evt. gravearbeider i foten av boligområdet ved Presterødbakken (ved "Tolvkanten") må kontrolleres spesielt.

Lokale brudd i kvikkleireområder kan medføre større skredutvikling.

## 7. Sluttkommentar og krav til sikkerhet

Grunnundersøkelsene utført i Kilen området har påvist en sammenhengende kvikkleireforekomst langs østre del av reguleringsområdet og i sørvest. De avmerkede sonene i reguleringsområdet skal derfor vurderes iht. NVEs Retningslinjer nr. 1/2008 "Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag".

Kvikkleirsonene innenfor reguleringsområdet er kategorisert med "lav" faregrad, dvs. lite sannsynlighet for et evt. skred og våre stabilitetberegninger i det mest utsatte området viser tilfredsstillende sikkerhet mot utglidning for dagens situasjon.

Evt. tiltak som planlegges i nærheten av kvikkleiresonene må imidlertid tilfredsstillende tabell 6.1. Nye prosjekter må ikke svekke stabiliteten i området i anleggsfase eller i permanent tilstand utover foreliggende krav,  $\gamma_m \geq 1,4$ . Hvert enkelt prosjekt må vurderes spesielt av geoteknisk sakkyndig.

Krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroll er avhengig av tiltak/planlagt prosjekt (tiltakskategori K1 til K3) sett i forhold til faregradsklasse "lav", ref. Tabell 7.1.

Det foreligger lite erfaringsmateriale og beregningsmodeller for å vurdere utbredelse av kvikkleireskred. Basert på topografi og grunnforhold antar vi at mest sannsynlig skredtype er et retrogressivt skred. Et retrogressivt skred karakteriseres ved serie av hurtig bakovergripende skred (progressiv skredutvikling). Det vil si at raset forplanter seg bakover gradvis med påfølgende delras. Retrogressive skred blir ofte utløst ved et monolistisk initialskred (rotasjonsskred). Skred blir enten forårsaket av byggetekniske inngrep eller utløst av naturkrefter.

Prosjekter med evt. dyp utgraving i bløt kvikkleire i foten av skråningen vil kunne kreve omfattende og kostnadskrevenende tiltak.

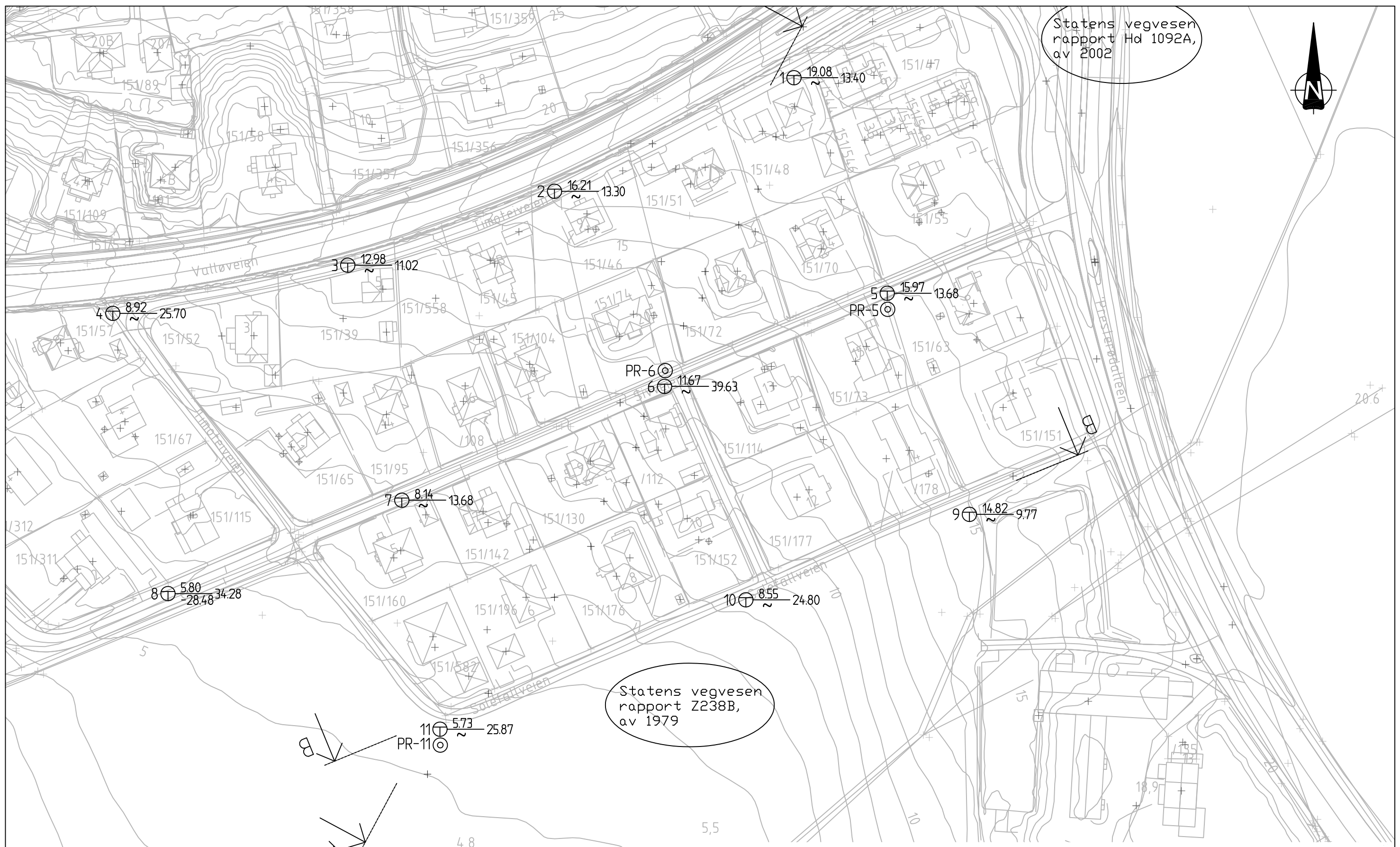
Tabell 7.1: Krav til sikkerhetsnivå i områder med fare for skred i sprøbruddmateriale /1/

Tiltakskategori	Faregradsklasse for utbygging		
	Lav	Middels	Høy
<b>K1. Små tiltak uten tilflytting av personer.</b> <b>Ingen negativ påvirkning på stabilitetsforholdene:</b> Garasjer, mindre tilbygg, mindre terrenginngrep o.l.	Krav framgår av Veiledning, ref. /11/	Krav framgår av Veiledning, ref. /11/	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480)
<b>K2. Tiltak av begrenset omfang uten tilflytting av personer.</b> <b>Negativ påvirkning på stabilitetsforholdene:</b> Private og kommunale veier, grøfter, planeringer, oppfyllinger o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)
<b>K3. Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner:</b> Boliger, institusjoner, skoler, næringsbygg, VAR-anlegg, sentralt kraftnett o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)

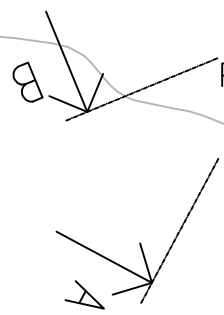
## 8. Referanser

/1/	NVE (2009). <i>Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.</i>
/2/	NGI-rapport 20001008-2 Rev. 3 (2008). <i>Program for økt sikkerhet mot leirskred. Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.</i>
/3/	Karlsrud, K. Aas, G. and Gregersen, O. (1984). <i>Can we predict landslides hazards in soft sensitive clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences.</i> Proceedings of the 4th International Symposium on Landslides, Toronto, Vol I, p. 107-130. Også publisert i NGI publikasjon nr. 158.
/4/	Gregersen, Odd (Geoteknisk fagdag NGI 18.03.2009) <i>Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire</i>

Statens vegvesen  
 rapport Hd 1092A,  
 av 2002



Statens vegvesen  
 rapport Z238B,  
 av 1979

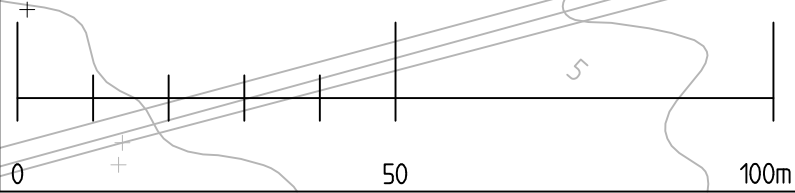



**TEGNFORKLARING:**

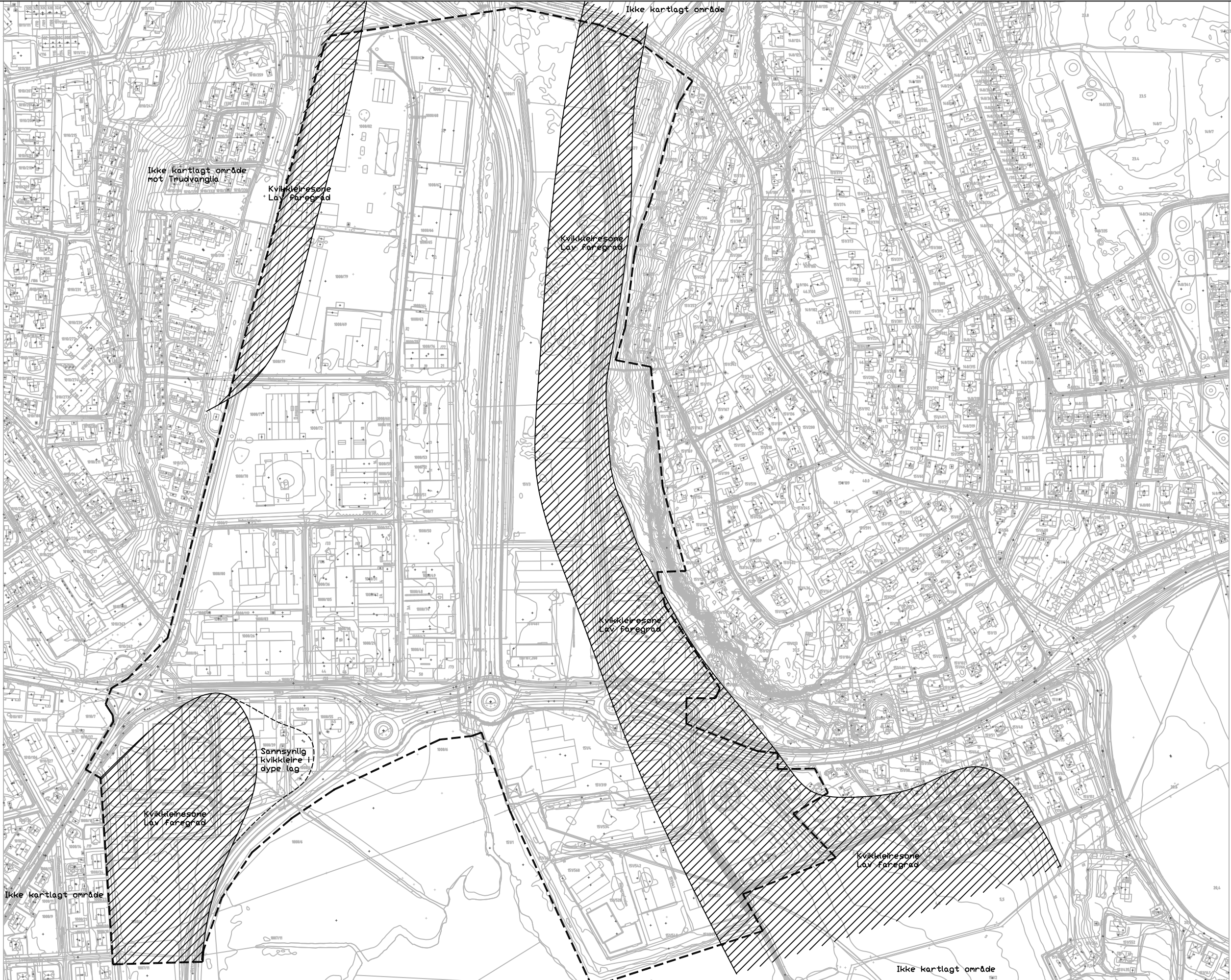
● Dreiesondring	★ Fjellkontrollboring	⊙ Prøveserie	⊖ Poretrykksmåling
○ Enkel sondring	◆ Dreietrykksondring	□ Prøvegrop	⚡ Fjell i dagen
▽ Trykksondring	⊕ Totalsondring	+ Vingeboring	

Borhull nr.  $\frac{\text{Terreng (bunn) kote}}{\text{Antall fjellkote}}$  Boret dybde + (boret i fjell)

Kartgrunnlag: Digitalt kart fra Tønsberg kommune  
 Utgangspunkt for nivålement: Borpunkter er innmålt av Ingeniørservice AS



Borplan		Tegningens filnavn	
Tønsberg kommune		Målestokk M = 1 : 1000	Godkjent ges
Presterødbakken		Fag	Kontrollert ges
 <b>MULTICONSULT</b> Totalleverandør av rådgivningstjenester	Dato 14.12.2010	Original format	Konstr./Tegnet SSJ
	Oppdragsnr. 812481	Tegningsnr. 1	Rev. A



Ikke kartlagt område mot Trudvanglia

Kvikkleiresone Lav faregrad

Kvikkleiresone Lav faregrad

Kvikkleiresone Lav faregrad

Sannsynlig kvikkleire i dype lag


Kvikkleiresone Lav faregrad

Kvikkleiresone Lav faregrad

Ikke kartlagt område

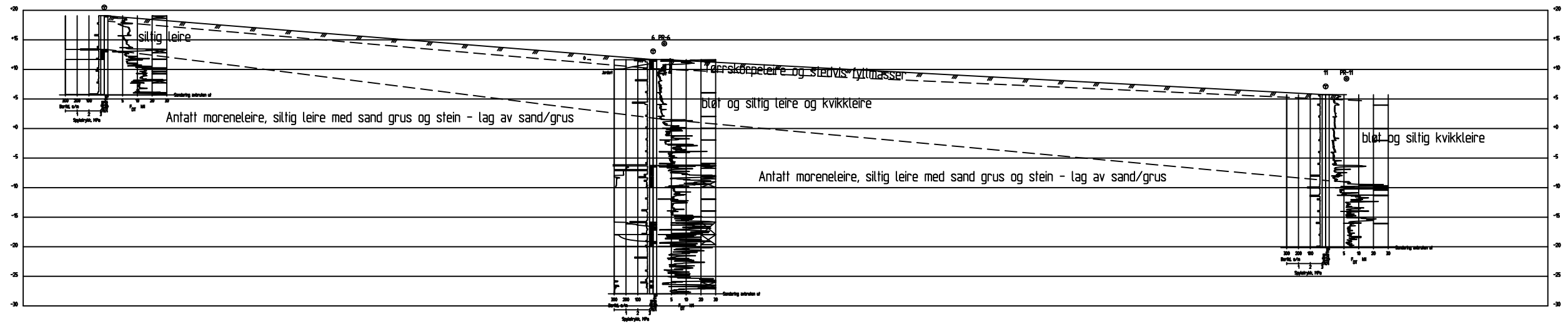
Ikke kartlagt område

Ikke kartlagt område

Kvikkleiresonekart		Tegningens filnavn	
Tønsberg kommune		Målestokk	Godkjent
Områdereguleringsplan, Kilen		M = 1 : 2000	ges
		Fag	Kontrollert
		Geoteknikk	ges
		Original format	Konstr./Tegnet
		A1	læst
		Tegningsnr.	Rev.
		2	
 <b>MULTICONSULT</b> Totalleverandør av rådgivningstjenester		Dato	
		16.12.2010	
		Oppdragsnr.	
		812481	

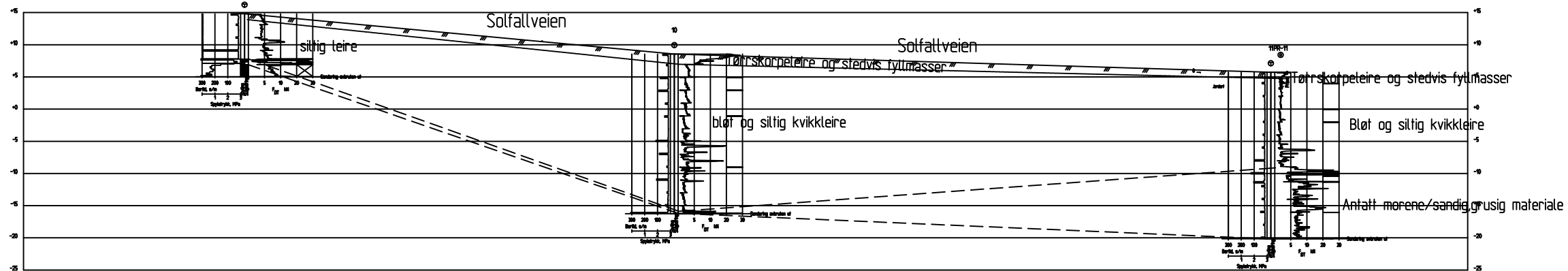
# Profil A-A

1: 400



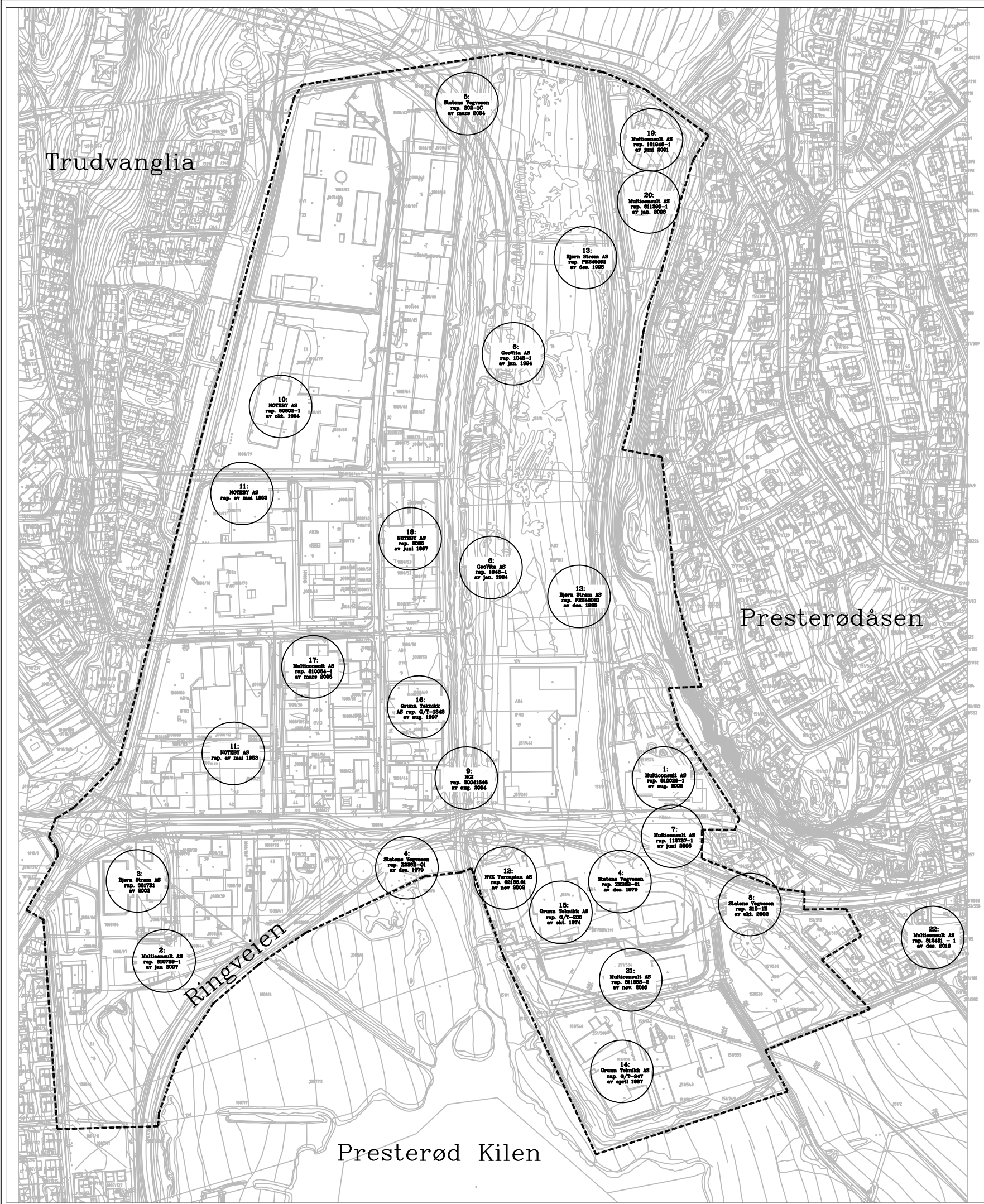
# Profil B-B

1: 400



Terrengprofiler		Tegningens tittel	
Tønsberg kommune		Målestokk	Godkjent
Presterødbakken		M = 1 : 400	ges
		Fog	Kontrollert
			ges
		Dato	Original format
		16.12.2010	A1
		Tegningnr.	Konstr./Tegnet
		812481	ssj
			Rev.





20: Multiconsult AS rap. 811390 - 1 av jan. 2008  
Solklien 2, Gnr:151/Bnr:577  
Generelt består grunnen på tomta av meget bløt og sensitive leire under et tynt tørskeroplag av forvitret leire/silt. Dybdene til ant. fjell varierer fra 2,8 til 12,8 m i de undersøkte punktene. Fjelloverflaten er meget kupert og bratt.

21: Multiconsult AS rap. 811853 - 2 av nov. 2010  
Kilen handelspark, Gnr:151/Bnr:4++  
Topplag av fyllmasser av sand, grus, stein og avfall. Videre er det på vestre delen ant. bløt og siltig leire. På østre delen er det bløt og sensitiv/kvikkleire. Det er lag av moreneleire over fjell. Dybden til fjell varierer fra 22 m til over 60 m i boringene.

22: Multiconsult AS rap. 812481 - 1 av des. 2010  
Presterødbacken, boligfelt  
Generelt faste grunnforhold opp mot Presterødkrysset og Presterødalléen. Det er registrert middels fast til bløt leire i boringene, men mektigheten er beskjeden. Mektigheten av bløt leire øker imidlertid mot vest og sørvest. Det er registrert kvikkleire fra borpunkt 6 ved Sivveien 11 og videre mot sørvest og vest. Undersøkelsen lengst sør i Solfalveien viser bløt kvikkleire fra 2 - 12 m under terrenget.

1: Multiconsult AS rap. 810029-1 av aug. 2006  
Kilden, Gnr:151/Bnr:247  
Grunnen består generelt av organisk og gyttig leire over meget bløt og siltig kvikkleire ned til ant. fjell på ca 20 m dybde. Det er påvist artesisk overtrykk i grunnen.

2: Multiconsult AS rap. 810789-1 av jan.2007  
Kilen sør - vest, Gnr:1008/Bnr:6  
Bjørn Strøm rap. 3817R1 av 2003  
Heimdalsvingen 1, Gnr 1008/Bnr:96  
Undersøkelsen viser generelt et 1-3 m tykt lag av silt/leire, stein, sand og grus over meget bløt og sensitiv kvikkleire til stor dybde. Øst for Heimdalsvingen er det boret til ca 44 m uten å treffe fjell. Vest for Heimdalsvingen varierer fjelldybden fra 25-27 m i borpunktene.

4: Statens Vegvesen rap. Z238B-01 av des. 1979  
Ringvei Nord ved Slagen Kilen, Gnr:1008/Bnr:6 og Gnr:151/Bnr:4 (Flateområdet Nord for Slagenkilen, der Vellebekken renner ut)  
Området er dels oppfylt med søppel og forskjellig overskuddsmasse. Opprinnelig grunn består av bløt og organisk leire over meget bløt og stedvis kvikk leire i dybden. Det er et fastere morenelag på ca 40 m dyb, og ant. fjell ligger 10 - 20 m dypere.

5: Statens Vegvesen rap. 202-1C av mars 2004  
Ringvei Nord, Gnr:1008/Bnr:116  
Fra tunnelpåhugget (Nord) og ned mot Vellebekken øker fjelldybden til over 80m. Grunnen ned mot bekkens utløp består av et topplag av bløt til meget bløt leire til omkring 40 m dybde. Leira har økende sensitivitet og er kvikk i dybden. Videre er det noe mer stein i massene i de neste 20 meterne. Under er det fast morene over ant. fjell

6: GeoVita AS rap. 1048-1 av jan. 1994  
Ringvei Nord langs Vellebekken Gnr:151/Bnr:3  
Langs Vellebekken er det boret dreietrykksmålinger i bløt og siltig leire til over 40 m uten å treffe fjell.

7: Multiconsult AS rap. 112737-1 av juni 2005  
Gnr:151/Bnr:337  
Under et 0,4 til 0,7 m fast topplag er det ant. bløt leire med varierende mektighet fra 14 til 22 m. Stedvis er det stein og grusige sjikt i dybden. Under leirlaget er det et 3-7 m tykt morenelag over ant. fjell. Fjelldybden varierer fra 22,7 til 25 m dybde i borpunktene. Det er påvist artesisk overtrykk i lag over fjell.

8: Statens vegvesen rap. 210-1B av okt. 2002  
Presterødbacken Gnr:9311/Bnr:1  
Grunnundersøkelsen viser middels bløt leire under topplaget i en dybde av 5-9 m. Videre ned mot fjell er det stor mektighet av morenemasser før fjell på ca 30 m dybde. Grunnvannstanden er høy og det er noe artesisk trykk i nordenden av området.

9: NGI rap. 20041546 av aug 2004  
Rundkjøring Ringveien - Valleveien  
En dyp prøveserie viser bløt og siltig leire med udrenert skjærstyrke fra 10-20 kN/m2. Leira er lite til middels sensitiv.

10: NOTEBY AS rap. 50802-1 av okt. 1994  
Slagenveien 67, Gnr:1008/Bnr:79  
Generelt består løsmassene i området av 2 - 3 m fyllmasse over bløt leire til stor dybde. Fyllmassenes kvalitet er meget varierende, og kan bestå av alt fra søppel, papir, trebiter og lignende til steinblokker og rivingsmasser.

11: NOTEBY AS rap. av mai 1953  
Kilen området, vest for Vellebekken  
Grunnundersøkelser spredt over "hele" Kilen-området viser stor mektighet av bløt og sensitiv leire og stedvis kvikkleire i dybden. Boringene indikerer overgang til fastere masser av ant. stein, grus/morene i ca 30 m dybde.

12: NVK Terraplan AS rap. 02136.01 av nov 2002  
Pumpestasjon, Gnr 151/Bnr:4  
Grunnen består av et øvre lag av fyllmasser over en bløt/middelsfast leire. På omlag 17 m dyp er det en gradvis overgang til fastere, mer siltig/sandig/grusig leire. Det er ikke truffet fast grunn/fjell.

13: Bjørn Strøm AS rap. PR2450R1 av des. 1995  
Langs Solklien, Gnr151/Bnr:3  
Boringene er stoppet på stein/ant. fjell i dybder som varierer fra 4,2 til 45 m. Løsmassene over fjell består av ant. bløt og siltig leire.

14: Grunn Teknikk AS rap. G/T-947 av april 1987  
Reservatveien 8, Gnr:151/Bnr:528  
Grunnundersøkelsen viser 4-5 m tykk søppelfylling med et dekklag av sand og grus over opprinnelig grunn. Opprinnelig grunn består av meget kompressibel gyttelag over meget bløt og leire. Dybden til fast grunn/ant. fjell varierer fra 16,5 til mer enn 30,5 m.

15: Grunn Teknikk AS rap. G/T-200 av okt. 1974  
Valleveien 3, Gnr 151/Bnr:4  
Grunnundersøkelsen viser ca 2 m tykt fyllmasselag på tomta. Videre ned til avsluttet boring i 10 m dybde består grunnen av gyttig og meget bløt leire med innhold av sand og grus. Leira blir mer siltig under 6 m dybde.

16: Grunn Teknikk AS rap. G/T-1342 av aug. 1997  
Kilengaten 3, Gnr:1008/Bnr: 47,48 og 74  
Grunnundersøkelsen viser et ca 3 m tykt topplag av fyllmasser og regulær søppel, tildekt med grusig og leirig jord/leire. Videre er det et 3 til 4 m tykt mellomlag av bløt og meget kompressibel gyttelag, og videre er det et mektig, bløtt og kompressibelt leirlag til over 30 m dyp.

17: Multiconsult AS rap. 810034 - 1 av mars 2005  
Håndverkeren 3 - 5, Gnr:1008/Bnr: 33, 36, 105 og 108  
Grunnen i området består av et 2 - 3 m tykt lag med fyllmasser/avfall over bløt leire til stor dybde. Boringene er avsluttet i løsmasser av ant. moreneleire/morene i 48 - 57m dybde.

18: NOTEBY AS rap 6085 av juni 1967  
Kilengaten 9 - 13, Gnr:1008/Bnr:51 - 53  
Undersøkelsen viser ca 2 m fyllmasser av varierende kvalitet over bløt og siltig leire til stor dybde. Boringene er avsluttet i leire i ca 30 m dybde.

19: Multiconsult AS rap. 101946 - 1 av juni 2001  
Solklien 2, Gnr:151/Bnr:577  
Grunnen består generelt av et ca 1 m tykt lag av noe uren silt, over meget bløt, gyttig leire som er kvikk fra 2 - 2,5 m. Massene er meget kompressible. Det er registrert stor variasjon i dybden til fjell, noe som indikerer meget bratt fjell. Registrerte fjelldybder i borpunktene varierer fra 0,2 til 27,8 m.

A Inntegnet rapport nr 21 og 22 15.12.10 ssj ges ges

Rev.	Beskrivelse	Endring	Dato	Oppf. Fønst	Tegn.	Kontroll.	Godkj.
	KOMMUNEDELPLAN			A1	SSJ		
	TØNSBERG KOMMUNE			Tegningsfilnavn KOMPLANDWG			
	KILEN			Hilsestokk			
	TIDLIGERE GRUNNUNDERSØKELSER		1:2000				
	MULTICONSULT AS		Dato 15.05.08	Konstr./Fønst ERD	Kontrollert SSJ	Godkjent SSJ	
	Strømme Torg 9 3044 Drammen		Oppdragsnr. 811579	Tegningsnr.	03	Rev.	A
	Tlf: 31 30 24 00 - Fax: 31 30 24 01						